CLATPU XXIII 2026
CONGRESO LATINOAMERICANO DE TRANSPORTE PÚBLICO Y URBANO
MONTERREY, MÉXICO

ALATPU

Tecnológico de Monterrey

ACTAS

XXIII CONGRESO LATINOAMERICANO DE TRANSPORTE PÚBLICO Y URBANO

El transporte público como articulador estratégico de la movilidad urbana sostenible

02 al 06 de Marzo de 2026
Monterrey, México

Compiladores:

Brennan, P., Ocaña, R.V, Contreras, C. (2026)

Libro de Actas "XXIII Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano"
CLATPU 2026

Edición digital: Marzo 2026.

Compiladores: Brennan, Patricia; Ocaña, Rosa Virginia; Contreras, Carlos.
Editor: Grupo Elis.
Diseño: Nadia Terkiel.

ISBN: 978-9974-8654-2-6

AUTORIDADES

Comité Organizador

- **Eduardo Aguilar**
  Centro para el futuro de las ciudades del TEC Monterrey
- **Patricia Brennan**
  ALATPU
- **Carlos Contreras Montoya**
  ALATPU
- **Elizabeth Garza**
  Colegio de Ingenieros Civiles de Nuevo León
- **Rosa Virginia Ocaña Ortíz**
  ALATPU
- **Carlos Jesús Orozco y Orozco**
  Tecnológico de Monterrey
- **Jesús Ramón Uzcátegui**
  CTI
- **José Agustín Vallejo Borda**
  Tecnológico de Monterrey
- **Abraham Vargas Molina**
  STC Metrorrey

Comité Técnico Internacional

- **Mónica Alvarado**
  Argentina
- **Patricia Brennan**
  Argentina
- **Leonardo Herszon Meira**
  Brasil
- **Orlando Strambi**
  Brasil
- **Oscar Figueroa**
  Chile
- **William Castro**
  Colombia
- **Juan Gonzalo Jaramillo**
  Colombia
- **Carlos Contreras Montoya**
  Costa Rica
- **Olman Vargas**
  Costa Rica
- **Guadalupe Rodríguez**
  Cuba
- **César Arias**
  Ecuador
- **Jorge Crespo**
  Ecuador

- **Bernardo Navarro**
  México
- **Julio César Chávez**
  Perú
- **Juan Tapia**
  Perú
- **Yindhira Taveras**
  República Dominicana
- **Rosa Virginia Ocaña**
  Venezuela
- **Jesús Uzcategui Miranda**
  Venezuela

Comité de Selección

- **Mónica Alvarado**
- **Patricia Brennan**
- **William Castro**
- **Carlos Contreras Montoya**
- **Oscar Figueroa**
- **Gleisson Mañon**
- **Bernardo Navarro**
- **Orlando Strambi**
- **Rosa Virginia Ocaña**
- **Jesús Uzcategui Miranda**
- **José Agustín Vallejo**

ÍNDICE

AUTORIDADES **3**

PRESENTACIÓN **10**
Transporte Urbano y Movilidad en América Latina: Hitos **11**

PONENCIAS **19**

Transporte público **19**
¿Pueden los cables aéreos impulsar el desarrollo orientado al transporte (TOD) de las ciudades? el caso del transmicable en Bogotá 20
¿Qué tan regulares son los conductores de bus al conducir? 31
Análise de política pública de mobilidade sobre a demanda de passageiros: subsídio tarifário ao sistema de catamarãs – Niterói/RJ, Brasil 41
Construcción y validación de matrices urbanas de viaje con big data y encuestas origen-destino: el caso de Nayarit, México 51
Del efectivo al ecosistema interoperable: el sistema central de recaudo (SCR) como articulador de la movilidad sostenible en RD 58
Eficiencia y sostenibilidad en la movilidad urbana: uso de carriles exclusivos para transporte público en el centro 3 histórico de cuenca 68
El trambus y su articulación en el sistema integrado de la transporte de la Ciudad Autónoma De Buenos Aires 78
Evaluación integral de la satisfacción de los usuarios en un sistema de transporte público tipo BRT en Cartagena de Indias 89
Factores clave en la evolución de la demanda de transporte público en España 100
Marketing y comunicación en el transporte público 107
Pasado, presente y futuro del transporte público de la ciudad de Bogotá y su región metropolitana 115
Percepción de ansiedad en el transporte público Transcaribe con enfoque de género 125
Política de gratuidade no transporte público: análise do caso de São Paulo no contexto pós-pandemia 135
Rediseño de la red de transporte público del Valle Imperial de California. Una oportunidad para estrechar lazos entre MÉXICO y EE. UU. 144

Planeamiento, economía y modelación **152**
Aplicación de microsimulación para evaluación de tiempos de viaje en infraestructuras de micromovilidad; caso Banda Ciclopreferencial, Avenida Santander, Manizales 153
Compreendendo a cultura da mobilidade urbana pelas lentes da etnografia 162
Desempenho do transporte coletivo de Manaus no pós-pandemia (2020–2025): oferta, demanda e tarifa à luz do planmob 171
El desafío de la sostenibilidad del transporte público urbano en la era postpandemia: un nuevo pacto para la movilidad 182
Optimización del ruteo de líneas alimentadoras del metro en la zona metropolitana de Monterrey mediante algoritmos genéticos y aprendizaje de máquina 193
Tarifación por congestión: modelación con preferencias declaradas de la disposición a pagar por ingresar al área central de Córdoba, Argentina 202

Financiamiento de transporte y participación pública y privada 213
Efectos de las medidas de incentivo al transporte público a clientes de servicios de movilidad. La experiencia Española 214
Financiamento de modernização de sistemas sobre trilho com base na engenharia territorial: estudo de caso da ferrovia urbana de João Pessoa (Paraíba, Brasil) 224
Financiando rodovias de contorno metropolitanas com base na engenharia territorial: estudo do caso do Arco Metropolitano do Recife 233
Los proyectos de transporte: factores críticos para su planeación y desarrollo 244
uma régua para medir a tarifa zero: mapeando as tipologias dos arranjos de subsídio no transporte coletivo no Brasil 255
Un nuevo modelo tarifario para el transporte público captura de valor del suelo y equidad en el Sur Global (tarifa general para el pago del transporte público) 266

Gobernanza en el transporte y movilidad: políticas públicas, marco regulatorio y el papel de las autoridades 277
Actores y patrones de la gobernanza del transporte público en autobuses en el Gobierno Subnacional de México. Caso Sinaloa 278
Del manual técnico a la acción ciudadana: empoderando a la sociedad civil venezolana para la co-creación y fiscalización de infraestructura ciclista segura 289
Descentralização do transporte interestadual semiurbano de passageiros como meio de aumento da eficiência 299
Entre inovação e governança: o papel do cade nas plataformas digitais 306
Estructuras de gobierno y estrategias para consolidar una mejor coordinación del transporte público regional en áreas urbanas de California 313
Governança colaborativa de bicicletas públicas compartilhadas: um modelo de quádrupla hélice para articular a mobilidade urbana sustentável - caso BIKE PE 322
Impacto de los vehículos eléctricos en la ciudad de Medellín en el marco de la transición energética 333
Integración estratégica para la descarbonización: sinergia entre el plan de electromovilidad y el proyecto centro histórico bajo en emisiones en Cuenca, Ecuador 337
Gobernanza en el transporte y movilidad: políticas públicas, marco regulatorio y el papel de las autoridades 337
La reestructuración del sistema de autobús de Miami 347
La regularización del transporte público: una vía para el impulso económico 357
Modelos concesionales frente a liberalización en el transporte público. ventajas e inconvenientes. ¿Cuál elegimos? 367
Parcerias sociais para provisão do transporte cicloviário como um comum urbano: o caso do marco regulatório das organizações da sociedade civil 375
Participação de atores sociais na discussão de megaprojetos de transportes 386
Participación ciudadana como variable necesaria en la planeación del transporte público urbano 396
Políticas de transporte metropolitano en la zona metropolitana de la Ciudad de México en la actualidad 406
Políticas de transporte público en seis ciudades latinoamericanas: un análisis comparativo para la planificación metropolitana 414
Programa para el desarrollo resiliente y bajo en carbono del transporte en Cuba 423
Un plan de ordenamiento territorial para un transporte público integrado, equitativo y con perspectiva de género en La Plata 430

Transporte Ferroviario 442
Desarrollo de un microsimulador del flujo de pasajeros en ambientes del transporte público 443
Sinistros na zona leste de Manaus (AM), Brasil: mapeamento e padrões espaço-temporais 452

Seguridad vial e Ingeniería de tránsito 464
Abrangência da legislação de trânsito brasileira em relação aos fatores de risco na condução de veículos: revisão 1998 a 2024 465
Alianza de velocidades seguras: un modelo de gobernanza multinivel para la implementación de políticas de seguridad vial a nivel local 475
Capacidad y nivel de servicio en carreteras de dos carriles por sentido, ¿aplica el HCM para México? 487
Crecimiento de la accidentabilidad por moto en Costa Rica 498
Estudo de medidas de gestão de velocidades a partir de dados na-turalísticos de direção 508
Evaluación del impacto de cámaras de fotodetección e infraestructura de pacificación de tráfico en la gestión de la velocidad para la disminución de la siniestralidad en Bogotá 518
Factores asociados con la conducción riesgosa y el involucramiento de siniestros viales en conductores de transporte público: A scoping review 530
La comunicación como herramienta para garantizar la seguridad vial 540
La motocicleta en Latinoamérica. un reto de política pública, ingeniería y salud pública 546
Piloto de transporte escolar en motocarro como alternativa al transporte de niños, niñas y adolecentes en motocicleta – paturuta 552
Realidad virtual y simulación: una nueva metodología para el análisis de seguridad vial en entornos urbanos 560
Viabilidade de um veículo leve sobre trilhos para a zona da Mata de Pernambuco: mobilidade e integração regional 569

Desarrollo urbano, transporte y movilidad. Vínculos entre transporte y espacio público. Mercado energético 581
Analisis de los patrones de conectividad peatonal en el entorno de estaciones metro: Caracas, Venezuela y Lanzhou, China como casos de estudio 582
Análisis del desarrollo orientado al transporte sostenible (DOTS) y su relación con la afluencia de usuarios en estaciones de metro 593
Articulación normativa y técnica para la planificación integral de la movilidad: caso de éxito en Colombia 604
Aspectos del entorno urbano que inciden sobre la afluencia de pasajeros en sistemas BRT en ciudades Latinoamericanas 614
Zonas de bajas emisiones en América Latina: lecciones del caso Ciudad Vieja de Montevideo 624
Evaluación del nivel de conectividad de la infraestructura de movilidad sostenible (caso de estudio: Parroquia Tucacas, Municipio José Laurencio Silva, Edo. Falcón, Venezuela) 634
Impacto del metro de Bogotá y del entorno urbano en el valor del suelo 643
Movilidad al trabajo. articulación para una movilidad sostenible en la provincia de Santa Fe 654
Movilidad de proximidad: la ciudad de los 15 minutos, experiencias europeas del Proyecto Forthcoming 661
O papel do transporte na revitalização de centros históricos: uma revisão sistematizada na América Latina 672
Simulação dinâmica de passageiros aplicada ao dimensionamento estratégico de estações de metrô 682

Movilidad, equidad e inclusión 693
¿El servicio de transporte público masivo y el capital social están vinculados?, un caso de estudio 694
Análisis de accesibilidad geográfica y equidad espacial a las ciclovías y recrevías de Manizales-Villamaría, Cali y Bogotá 704
Análisis de injusticia espacial mediante modelo basado en estadística espacial 712
Avaliação da equidade na oferta do serviço de transporte público de uma cidade no Nordeste Brasileiro 721
BIKE-PE: uso profissional emergente 732
Movilidad al trabajo. articulación para una movilidad sostenible en la Provincia de Santa Fe 738
A ineficiência do transporte público e a geração de injustiças socioespaciais na Cohab, Recife, Pernambuco 746

Mobilidade ativa e desigualdade socioespacial: uma análise da distribuição das estações do sistema BIKE-PE em Recife 757
Movilidad del cuidado en Bogotá: análisis de barreras y desafíos en el transporte público 766
Necesidad de desarrollar la movilidad rural en las condiciones de Cuba 775
Renacimiento del sistema de transporte interurbano en Puerto Rico: El caso de Ceiba Intercity Bus 782
Tarifa zero no brasil: que condições para a superação da crise da mobilidade? 792
Transcolar a pé: análise de critérios de caminhabilidade no percurso casa-escola para infancias 803
Accesibilidad universal y el derecho al transporte: perspectivas desde un enfoque de modelado de elección discreta aplicado a una población vulnerable 814

Movilidad activa, modalidades alternativas (a pie, bicicletas, motos, mototaxis, metrocables y otros) y estrategia para la reducción del uso del automóvil 825
¿Qué limita el uso de la bicicleta en Cusco? una exploración del uso, percepción y barreras urbanas en una ciudad andina intermedia 826
Análisis de percepción en usuarios de infraestructuras de micromovilidad; banda ciclopreferente de la Avenida Santander, Manizales 839
Diagnóstico y análisis georeferencial en infraestructuras de micromovilidad; banda ciclopreferente de la Avenida Santander, Manizales 850
Infraestructura ciclista, espacio verde y patrimonio: hacia una movilidad activa sostenible en Talca y El Maule – Chile 860
Integrando los cruces ferroviarios en un plan de movilidad local: estudio de caso 868
Valoración de los ahorros de tiempo de viaje en el transporte urbano de cargas: caso ciudad de Córdoba, Argentina 879

Innovaciones y desarrollos tecnológicos en transporte 889
(Súbete a la nueva era): digitalización del pago y la gestión para un transporte público más inteligente y sostenible 890
El vehículo autónomo y la tele-conducción aplicados al problema de sostenibilidad del transporte rural y la distribución urbana de mercancías 899
Los gemelos digitales del sistema de movilidad como evolución de los modelos de transporte: conceptos y producto mínimo viable 910
Mapas de transporte público (San Juan, Puerto Rico; San Antonio, Texas; Cambridge, Inglaterra y más) 921
Las nuevas formas de pago en el transporte (EMV, QR) el ABT, los celulares, la evolución natural hacia el MAAS 928
Pagos EMV interoperables para el transporte público: propuesta de marco de tokenización 938
Ponencia: "viaductos y conectividad: ingeniería para una nueva movilidad urbana en Lima" 948

Logística Urbana 959
Desafíos de integración ciudad-puerto en Chile: contexto y perspectivas 960
Realidad virtual inmersiva y metodologías VDC: innovación tecnológica en la planificación y supervisión del monorriel y teleférico de Santiago de los Caballeros 969

POSTERS 978

Planeamiento, economía y modelación 978
Análisis de la intensidad de uso en el sistema troncal de transmilenio: implicaciones operativas y oportunidades de optimización. Planeamiento, economía y modelación 979
La modelización como herramienta para evaluación de impactos en la movilidad de nuevos desarrollos urbanos ... 982

Movilidad, equidad e inclusión 986
Tuk Tuk como solución de movilidad urbana en ciudades intermedias: revisión sistemática y análisis bibliométrico con aplicación en Popayán 987

Movilidad activa y modalidades alternativas (a pie, bicicletas, motos, mototaxis, metrocables y otros) 991
Simulación basada en agentes para evaluación de rutas en transmilenio, a partir de los datos de congestión en buses y estaciones 992

PRESENTACIÓN

El XXIII Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano (XXIII CLATPU) se realiza en la ciudad de Monterrey, México, del 2 al 6 de marzo 2026, siendo la sede el Tecnológico de Monterrey (TEC Monterrey).

En esta XXIII edición, el tema central es **El transporte público como articulador estratégico de la movilidad urbana sostenible** queriendo enfatizar que para alcanzar una movilidad urbana sostenible en las ciudades de América Latina es necesario priorizar modos de transporte eficientes, seguros, accesibles y de bajo impacto ambiental, entre los cuales el transporte público ocupa un lugar central.

Como es sabido, el transporte público cumple un rol estratégico en la construcción de ciudades más sostenibles, evaluando su contribución al desarrollo urbano y a la mejora de la calidad de vida. El desarrollo orientado al transporte (TOD) promueve densidades adecuadas y usos mixtos alrededor de estaciones, reduciendo la necesidad de viajes largos. Asimismo, el transporte público requiere menos espacio vial por pasajero, lo que permite liberar áreas para espacios verdes, ciclovías y zonas peatonales.

Siendo el transporte uno de los principales responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero en las ciudades, el uso intensivo del transporte público reduce la cantidad de vehículos particulares en circulación, lo que se traduce en una disminución significativa de CO_2, óxidos de nitrógeno y material particulado. Por otra parte, los sistemas de transporte público son más eficientes energéticamente, especialmente cuando utilizan tecnologías limpias como la eléctrica o los combustibles alternativos.

Un sistema de transporte público bien diseñado garantiza el acceso a la movilidad para todos los grupos sociales, personas de bajos ingresos, adultos mayores y personas con discapacidad.

Igualmente, el transporte público facilita el acceso equitativo a servicios básicos y oportunidades, reduciendo brechas socioeconómicas, está asociado a menores tasas de accidentes en comparación con el uso del automóvil privado, genera empleos directos e indirectos en operación, mantenimiento y planificación. Para los usuarios, el transporte público representa una alternativa más económica que el automóvil. Para las ciudades, reduce costos asociados a infraestructura vial y atención de accidentes.

En fin, el uso preponderante del transporte público genera innumerables beneficios enmarcados en los principios de la movilidad sostenible, los cuales son deseables para las ciudades latinoamericanas. En éstas, persisten los desafíos relacionados con los financiamientos, la coordinación institucional, el mantenimiento de las infraestructuras, entre otros y queda mucho recorrido por hacer para lograr dar prioridad al transporte público, invertir en infraestructura moderna y adecuada, conseguir la integración tarifaria y modal y avanzar en conseguir una participación ciudadana sostenida.

Sirvan los CLATPU para colaborar en estos retos.

Patricia Brennan, Rosa Virginia Ocaña y Carlos Contreras

ETIENNE HENRY E SUA ORIGINAL CONTRIBUIÇÃO À ANÁLISE DE ATORES NAS PESQUISAS EM TRANSPORTES NA AMÉRICA LATINA: UMA EXPERIÊNCIA BRASILEIRA

INTRODUÇÃO

Esse texto apresenta uma reflexão pessoal sobre a contribuição de Etienne Henry, pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisa sobre Transportes e Segurança da França (*Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité*, INRETS) para a análise de atores nas pesquisas em transportes na América Latina, com um exemplo relativo à experiência brasileira. Assim, o objetivo da reflexão é registrar a importância do documento de pesquisa *Les enjeux des transports dans les villes latino-americainas*, escrito em conjunto por Oscar Figueroa e Etienne Henry (Synthèse INRETS N. 6, 1987, Arcueil, France) enquanto uma contribuição importante e atual para a interpretação da crise estrutural (e permanente) dos transportes na América Latina. Não se trata, pois, nem de uma revisão bibliográfica sobre os vários campos de pesquisa desenvolvidos por Etienne Henry nem de uma análise da crise dos transportes na América Latina, muito bem estudada por Oscar Figueroa, pesquisador da Universidad Catolica de Chile, em sua tese de doutorado (1991, Université Paris XII, France).

Certamente que não tenho a pretensão nem o conhecimento para analisar os possíveis elementos da crise atual dos transportes na América Latina, tarefe que o próprio pesquisador Oscar Figueroa tem feito com sua reconhecida competência ao longo dessas décadas, juntamente com diversos estudiosos de nossa América. O objetivo do texto é registrar e ressaltar o quanto Etienne Henry foi importante para minha formação acadêmica e de tantas (os) profissionais e acadêmicos (as) que com ele conviveram nas últimas décadas, sobretudo em espaços de debates e reflexões como os *CLATPU - Congreso LatinoAmericano de Transporte Publico y Urbano*.

Apresenta-se a seguir uma síntese do *jeu d´actors*, abordagem desenvolvida por Figueroa e Henry (1987) para analisar a crise dos transportes na América Latina, compreendida a partir da hipótese de pesquisa de que a evolução e reprodução dos sistemas de transportes coletivos urbanos dependem das negociações tripartites entre os atores - operadores, usuários e poderes públicos – em torno dos *enjeux* (questões ou dinâmicas) econômicas, sociais e políticas presentes nas cidades. A primeira vez que tive contato com esse documento de pesquisa foi em meados de outubro de 1987, quando havia terminado o *DEA – Diplôme d´Études Approfondies* e logo em seguida iniciado o doutorado na *École Nationale des Ponts et Chaussées* (ENPC), passando a integrar o grupo de doutorandos sediados no INRETS sob a orientação do professor Alain Bieber (ENPC/INRETS), tendo justamente como coorientador o pesquisador Etienne Henry (INRETS) uma vez que o mesmo tinha suas pesquisas voltadas para a América Latina, em parceria com Oscar Figueroa, também pesquisador do INRETS. Com certeza a leitura de *Les enjeux* que realizei em conjunto com a então doutoranda Rosa Ocaña (orientanda do professor Henri Coing no *Institut d´Urbanisme de Paris*) e hoje docente da *Universidad Simon Bolivar* (Venezuela) foram essenciais para compreendermos

a problemática da socioeconomia dos transportes e podermos contribuir, até os dias atuais, com pesquisas, estudos, projetos e, sobretudo, na formação de recursos humanos em nosso continente.

Tenho a registrar ainda a importância do documento *Les enjeux* e da abordagem do *jeu d´acteurs* para a compreensão da pergunta central da minha tese, relativa ao porque uma política nacional de transportes urbanos formulada no Brasil em meados dos anos 1975, ao ser implementada localmente, resultou em distintas configurações de seus sistemas de transportes, no caso específico das aglomerações de Curitiba e Recife? Um dos elementos de resposta a essa pergunta que ainda hoje norteia minhas pesquisas e reflexões, está nos processos de articulação e interação entre os atores presentes nos sistemas de transportes que resultam dos diferentes contextos e dinâmicas econômicas, urbanísticas, políticas e sociais (Brasileiro, 1991). Mas em que consiste a abordagem do *jeu d´acteurs* aplicada ao nosso continente latino-americano? É o que veremos a seguir.

AS QUESTÕES DOS TRANSPORTES NAS CIDADES LATINO-AMERICANAS (*LES ENJEUX DES TRANSPORTS DANS LES VILLES LATINO-AMERICAINES*)

Esse documento de trabalho publicado por Oscar Figueroa e Etienne Henry (Synthèse INRETS N. 6, 1987, Arcueil, France) trata na sua primeira parte das questões centrais dos transportes nas cidades latino-americanas que já caracterizavam na época (portanto há 40 anos atrás) o "*caráter estrutural da crise urbana*" (p.17), vista sob três dimensões: econômica, urbana e setorial referente aos transportes. A dimensão econômica da crise repercutia nos transportes urbanos através dos aumentos dos custos de operação e de investimentos, com fortes freios à expansão dos sistemas de transportes de massa (metrôs e trens) redução das formas diretas ou indiretas de subvenções, aumentos das tarifas, diminuição do poder de compra dos usuários, observando-se na época uma tendência de redução dos deslocamentos nos transportes coletivos, do aumento da motorização individual, que expressava uma queda da mobilidade das camadas mais pobres da população, com uma degradação das condições de reprodução da força de trabalho nas cidades latino-americanas.

A dimensão urbana da crise aparecia através da utilização anárquica do espaço com ausência de controle sobre o uso e ocupação do solo, a saturação e espalhamento das áreas centrais das cidades que se espalhavam de forma desordenada para as periferias, como resultado de uma urbanização acelerada, vindo acompanhada de forte carência das infraestruturas urbanas e serviços básicos, aumentando as tensões entre centros e periferias, a degradação do meio ambiente, aliada ao crescimento das atividades informais e da pobreza urbana. Os reflexos das crises econômica e urbana apareciam nas precárias condições da oferta dos sistemas de transportes, caracterizados pela atomização ou fragmentação da propriedade privada dos principais segmentos da oferta de transportes coletivos, da insuficiência dos transportes de massa, das deficiências das instâncias institucionais relativas às autoridades de tutela, da difícil regulação das atividades econômicas em contextos de rápidas transformações urbanísticas nas cidades.

Em um esforço para compreender os elementos centrais desse "*caráter estrutural da crise urbana*" os autores ainda na primeira parte apresentam alguns paradigmas

para analisar essa referida crise, expressos por um conjunto de variáveis exógenas ao sistema de transportes, relacionando-se com processos mais gerais e conjunturais. A exemplo da relação entre transporte e industrialização dependente nos contextos da urbanização das cidades latino-americanas, onde os transportes desempenham papel central nos processos de acumulação de capital e na reprodução da força de trabalho habitando em áreas periféricas distantes dos locais de trabalho. Resultando daí a existência de longos deslocamentos, elevados tempos de viagem, tarifas cada vez mais caras. caracterizando o que alguns autores chamam de "crise dos meios de consumo coletivo" (Figueroa e Henry, 1987, p. 16, citando Jaramillo, 1983).

A segunda parte do documento *Les enjeux* aborda os elementos do diagnóstico geral dos sistemas de transportes nas cidades latino-americanas. Os autores chamam a atenção para a importância da aplicação do método analítico e empírico, exemplificando os elementos da crise dos transportes através de exemplos e análises de caso. Assim, a análise da organização dos transportes coletivos urbanos é realizada a partir de um quadro resumo das trinta principais cidades latino-americanas, onde se verifica: a)a atomização da propriedade privada com grande variedade das frotas de diversos tamanhos, operadas por uma multiplicidade de operadores efetuando uma gestão artesanal, organizados em sindicatos e cooperativas; b)a importância relativa das empresas públicas de ônibus urbanos; c)as fragilidades das tutelas administrativas repartidas em diversos níveis de governos, d)a racionalidade e irracionalidade dos sistemas de transportes, com os transportadores concorrendo entre si nas ruas congestionadas, submetidos a uma regulação frágil e não indutora de buscas de eficiência da parte do setor privado. Os sintomas sociais da crise nos transportes se refletem na segregação da mobilidade com as populações de mais baixa renda sendo submetidas a precária oferta de transportes, com elevados tempos de viagem, tarifas caras e muitas vezes os usuários sendo obrigados a realizar longos trajetos a pé.

A Terceira parte do documento *Les enjeux*... é dedicada *ao jeu d´acteurs*, onde os autores fazem uma análise original dos comportamentos dos atores – operadores, poderes públicos e usuários – em especial para o setor de ônibus urbanos, majoritário nos deslocamentos da população. São analisadas as regras do jogo (natureza do serviço público, concessões, tarifação, competências dos poderes públicos, diferenciação dos transportadores ou operadores privados, catividade e reações dos usuários). Finalmente, com base no diagnóstico da crise dos sistemas de transportes e de seus vários aspectos, que foram objeto de estudos empíricos, os autores apresentam um quadro de referência, ou um paradigma para interpretar a problemática dos transportes urbanos na América Latina: "*as relações triangulares entre os atores*" (Figueroa e Henry, 1987, p. 85).

Assim, partindo da constatação da atomização e fragmentação dos sistemas de transportes em termos dos - operadores, níveis de tutela, segmentação dos usuários – as crises dos sistemas de transportes se explicariam ou seriam o resultado das relações de força e fraqueza dos atores. Assim, a reprodução e evolução dos sistemas de transportes coletivos dependeriam das negociações tripartites em torno das dinâmicas (*enjeux*) econômicas, urbanísticas, sociais e políticas presentes nos sistemas de transportes. Das negociações entre operadores, clientelas e reguladores de uma atividade instável e confrontada com a fraqueza estrutural dos financiamentos públicos, privados ou oriundos dos usuários. Das negociações entre o meio profissional dos transportadores

ou operadores privados, dos funcionários dos diversos níveis de tutela e das empresas estatais e das camadas populares urbanas. Negociações ideológicas e políticas em torno de um serviço público onde cada um se vê segundo sua própria lógica: da tutela, da concessão e do direito dos cidadãos.

Portanto, cada um dos atores aparece de forma ambivalente, apresentando características intrínsecas de **forças** e de **fraquezas**, que marcam fortemente as relações entre eles. Assim, a força dos transportadores ou operadores tem relação com a fraqueza dos poderes públicos, quando estes reduzem suas intervenções aos aspectos formais e renunciam às suas atribuições de reguladores da atividade. Ela guarda relação também com a catividade dos usuários que se acomodam às condições existentes da oferta. A **força** dos usuários se exprime em suas ações organizativas e protestos que realizam em função da importância sócio-política presente na mobilidade cidadã. A **força** dos poderes públicos reside em suas funções de arbitragem e de regulação dos serviços públicos. As três expressões máximas dessas forças respectivas são o corporativismo dos operadores, a reivindicação dos cidadãos e a estatização.

A **fraqueza** dos operadores deve-se à necessidade de recorrer à intervenção do poder público para organizar o serviço e definir as atribuições de cada segmento da oferta fragmentada em torno de corporações, cooperativas e associações. A **fraqueza** dos usuários decorre do poder das corporações dos operadores e das interações que eles mantêm com as diversas autoridades públicas. A **fraqueza** dos poderes de tutela reside nas suas dificuldades em articular e regular uma oferta atomizada. As três expressões máximas dessas fraquezas são a fragmentação da oferta, a catividade da mobilidade obrigatória e ausência ou débil presença dos organismos de tutela.

Nos anos seguintes, Etienne Henry em suas missões e pesquisas em campo nas diversas cidades latino-americanas, sempre atento e arguto observador das realidades locais, em colaboração com equipes interdisciplinares, foi percebendo o caráter conflituoso das relações triangulares que explicariam as manifestações locais da crise dos transportes em nosso continente. Nesse processo de construção do conhecimento científico, sempre ancorado nas práticas e experiências locais, uma pergunta relativa ao caso brasileiro foi se constituindo em questão central de suas pesquisas no decorrer da década de 1990: por que no Brasil foi se desenvolvendo com o tempo o que viria a ser chamada a moderna empresa privada de ônibus urbano?

Ou seja, qual a lógica de funcionamento dessa empresa privada que foi se constituindo em caso único de modernização e concentração empresarial? Em que medida o paradigma do *jeu d´acteurs* seria capaz de explicar esse fenômeno que parecia único em toda a América Latina? e que fugiria à regra geral da atomização e fragmentação de uma oferta baseada na operação privada feita por pequenos operadores de veículos de pequeno porte, lastreados em uma organização artesanal que assumia diversas formas associativas? Os elementos de resposta a essa pergunta vieram da pesquisa de grande envergadura que Etienne Henry desenvolveu no Brasil a partir de meados de 1991, que resultou entre suas inúmeras publicações, na publicação do livro Viação Ilimitada que tive a honra de compartilhar com ele e uma grande equipe de pesquisadores, como veremos agora.

VIAÇÃO ILIMITADA. ÔNIBUS DAS CIDADES BRASILEIRA

O livro Viação Ilimitada. Ônibus das Cidades Brasileiras foi publicado pela editora Cultura, São Paulo, em 1999 sob a coordenação de Anísio Brasileiro, Etienne Henry & TURMA. O Livro teve a honra de ter sua capa elaborada pela genialidade de Ziraldo a quem tivemos o grande prazer de conhecer, de discutir com ele as ideias do livro e a quem na época manifestamos em nome dos autores nossa gratidão. O livro é dedicado aos viajantes e aos filhos e filhas de todos os autores dos doze capítulos, a quem Etienne com muita atenção lhes solicitou os nomes para lhes homenagear com essa publicação. A expressão TURMA (Transportes Urbanos, Regionais, Metropolitanos e Autônomos) reflete o bom humor de Etienne Henry que assim chamou os autores dos capítulos, Nossa intenção nesse texto não é fazer uma síntese ou apresentar em detalhes a estrutura e conclusões principais do livro, nem registrar a riquíssima história de sua construção que, tendo percorrido toda a década de 1990 teve suas origens nos anos 1980. O objetivo central é mostrar que a hipótese de pesquisa presente no documento *Les enjeux* em torno do *jeu d´acteurs* se comprova na construção das hipóteses do livro Viação Ilimitada, não de uma forma mecânica e linear, mas em sintonia com as especificidades e *enjeux* locais que, tendo em vista a diversidade brasileira, variam de uma cidade a outra.

Assim, tentando mostrar as conexões de pesquisa elaboradas em contextos e locais diferentes e distantes no tempo (*Les enjeux* de 1987 e Viação Ilimitada de 1999, portanto com 12 anos de diferença), fazemos de início uma referência ao excelente prólogo do livro, escrito pela professora Regina Pacheco, docente da Fundação Getúlio Vargas, São Paulo e à época Presidente da Escola Nacional de Administração Pública – ENAP. A professora narra com riqueza aspectos que antecedem mesmo a elaboração do livro e que foram essenciais para a sua redação, dentre os quais destacamos três pontos importantes. O primeiro refere-se a pesquisas anteriores ao *Les enjeux* que resultaram em teses de doutorado defendidas no *Institut d´Urbanisme de Paris* (IUP / Université Paris XII / France), no início dos anos 1980 por diversos brasileiros, inclusive a própria professora, que se aproximaram do INRETS e de Etienne Henry, contribuindo certamente para o início do seu olhar para o Brasil. O segundo refere-se à criação a partir de 1985 de *REDES – Red de Estudios sobre los Servicios Urbanos en América Latina*, de modo que Etienne Henry juntamente com pesquisadores de diversos países, a exemplo de Oscar Figueroa, ampliaram os olhares indo das análises dos transportes para os serviços urbanos de água, saneamento, coleta de lixo, drenagem, energia, etc.

O terceiro aspecto crucial para o livro foi o convênio assinado entre o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Brasil) e o Instituto Francês de Pesquisa Científica para o Desenvolvimento em Cooperação (ORSTOM) que deu o formato institucional ao projeto coordenado pelo pesquisador Etienne Henry (INRETS / ORSTOM) e a professora Regina Pacheco (Mestrado em Administração Pública e Governo, da Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas – EAESP/ FGV, Brasil), o que permitiu a vinda de Etienne para São Paulo durante o período de agosto 1991 a fevereiro de 1994. A sua presença nesses anos em São Paulo, o centro dinâmico do Brasil lhe permitiu ampliar para todos os estados do país as pesquisas, contatos, seminários, constituindo a rede de pesquisadores que elaboraram o livro. Portanto, essa ação institucional coordenada no lado brasileiro pela Professora Regina

Pacheco foi absolutamente essencial para que durante a década de 1990 houvesse o trabalho de elaboração do livro.

Mas em que consiste o projeto de pesquisa objeto da assinatura do convênio acima, que levou à hipótese do livro? Esse projeto de pesquisa exposto no capítulo Embarque, Afirmação da viação de ônibus urbano (Brasileiro, Henry & Turma, 1999, p. 40) adota *"um quadro de referência de um jogo de atores que analisa a lógica de funcionamento dos transportes a partir das relações triangulares entre operadores, autoridades de tutela e usuários"*. Portanto, vê-se claramente que esse quadro de referência tem como base e inspiração o paradigma do *jeu d´acteurs* definido em *Les enjeux*, como já mostramos ao longo desse texto. Assim, o projeto de pesquisa *"Trajetória e perspectivas de uma profissionalidade urbana: o universo dos transportadores brasileiros"* tinha como objetivo central tentar preencher a lacuna existente sobre a necessidade de compreendermos as *"lógicas de funcionamento das empresas brasileiras de ônibus, cuja superação necessitava do aporte de diversos campos do conhecimento"*.

Daí que partindo da pergunta geral para a América Latina derivada do *jeu d´acteurs*: *"Porque as lógicas que presidem a organização das empresas privadas de ônibus dos países em desenvolvimento resultam em formas organizacionais as mais variadas?"* cuja hipótese geral de pesquisa parte das relações entre atores, se colocou a pergunta adaptada ao caso brasileiro: qual a lógica de funcionamento das empresas de ônibus brasileiras que determinaram o seu processo de modernização empresarial (Brasileiro e Henry, 1999, p. 40)? Vindo então a hipótese de pesquisa específica a ser testada nos casos empíricos que refletem a diversidade da experiência brasileira, que se explicaria a partir de um duplo movimento de interligação entre a modernização capitalística própria da empresa e a ação indutora da concentração empresarial contida na forte regulação aplicada pelo Estado através de suas autoridades de tutela metropolitanas e municipais.

Daí em diante a comprovação deste hipótese de pesquisa se realizou através de um conjunto de procedimentos metodológicos que elencamos na conclusão desse ensaio, esperando que o leitor do livro Viação Ilimitada construa por si mesmo a interpretação dessa hipótese para cada um dos doze capítulos que compõem o livro, acrescidos dos textos do prólogo escrito pela professora Regina Pacheco da Fundação Getúlio Vargas de São Paulo, embarque escrito pelos coordenadores do livro Anísio Brasileiro e Etienne Henry, epílogo escrito por Rogério Belda, Presidente da Associação Nacional de Transportes Públicos, e da vasta bibliografia que embasa cada capítulo escrito pelos autores que participara dessa longa viagem.

ENSINAMENTOS METODOLÓGICOS DO LIVRO VIAÇÃO ILIMATADA

Em datas próximas teremos 40 anos da publicação de *Les enjeux* e 30 anos de Viação Ilimitada. Que lições essas experiências trazem para a América Latina e ao Brasil? Em termos conceituais a hipótese das relações entre atores (*jeu d´acteurs*) se confirma e se mostra hoje atual e capaz de explicar as lógicas que presidem as configurações dos sistemas de transportes em nossas cidades. Ela aponta elementos de resposta para a crise dos transportes que, no caso brasileiro, se agrava continuamente e que

se reflete na queda da demanda pelo transporte público, pelo aumento dos fluxos de automóveis e expansão de motos e veículos através do uso de aplicativos, sem controle público. *Les enjeux* se constitui, portanto, em uma contribuição essencial ao campo de pesquisa na socioeconomia dos transportes em nossa América, área do conhecimento que carece de pesquisas aprofundadas, que poderiam se iniciar, por exemplo, na análise da evolução do pensamento socioeconômico tendo como bass os artigos dos CLATPU.

Em termos metodológicos temos a convicção do aporte de Etienne Henry ao nosso continente e ao Brasil, através da experiência única de construção de Viação Ilimitada. Partindo do paradigma do *jeu d´acteurs*, ou da hipótese das relações entre atores, e aplicando o método analítico e empírico, houve um imenso esforço de toda a equipe em compreender as realidades das cidades brasileiras. Sob a influência de Etienne Henry foram realizados o que ele chamou de "ateliês de trabalho" nas cidades, contactando-se as empresas, poderes públicos, movimentos de usuários, aproveitando congressos, fóruns, seminários locais e nacional, junto com visitas de campo e a empresas. Etienne Henry ficou conhecido por suas tabelas em Excel impressas em páginas amarelas, onde através de impressionante levantamento chamado *OnibusCad* e *OnibusLis*, foi obtendo informações sobre o cadastro e as estruturas de gestão e de operação das empresas de ônibus de todo o país.

Em perspectiva, as pesquisas e aplicações da hipótese das relações entre atores, vistas sob a ótica das "profissões do urbano" ou das "profissionalidades" presentes nas cidades abriram inúmeras possibilidades de pesquisa. A exemplo do enfoque interdisciplinar, indo do foco na gestão dos transportes para a análise da gestão das cidades através de seus serviços urbanos. Este olhar cruzado foi objeto de uma pesquisa CAPES / COFECUB realizada nos anos 1998 a 2000, intitulada *"Modos de gestão brasileiros e franceses dos serviços urbanos"*, sob nossa coordenação e de Etienne Henry, com a participação de instituições brasileiras e francesas. É possível encontrar interfaces entre essa pesquisa e a publicação coordenada por Etienne Henry e Oscar Figueroa com data de 1985, chamada *"Transports urbains et services en Amérique latine – Actes de l´atelier de recherche INRETS / CIUDAD, Quito* (1985), investigando o tema dos serviços urbanos. Esperamos, pois, que outros pesquisadores se debrucem sobre essas experiências que com a distância do tempo, tratam da problemática dos serviços urbanos e de transportes em nossa América Latina.

Nesse último parágrafo, o mais difícil de escrever, expresso o sentimento de **reconhecimento, gratidão e amizade** a Etienne Henry com quem muito aprendi nos intensos anos que convivemos, em Paris, Recife, São Paulo, ou nas diversas cidades em que pudemos estar presentes em congressos, seminários, reuniões de trabalho ou encontros familiares que Etienne compartilhou com minha família em Recife e passeios no interior de Pernambuco. Estou certo de que todos os que conviveram com Etienne Henry compartilham comigo esse reconhecimento de suas qualidades, expressas pela **atenção aos jovens pesquisadores** latino-americanos que em chegando a Paris tiveram em Etienne uma referência para tirar as inúmeras dúvidas e incertezas naturais de quem está começando a vida acadêmica; por **seu amor ao nosso continente latino-americano**, que se expressava pela curiosidade cultural, pelo conhecimento das nossas línguas, se comunicando sempre nos congressos ou reuniões em nossos idiomas; e,

enfim, por **seu humor cujo espírito provocador e polêmico** nos instigava a pensar para além das convenções e normas oficiais. Fica a lembrança e o reconhecimento de todos nós ao seu imenso esforço em compreender e propor uma vida melhor para nossa América.

Anísio Brasileiro
Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil
anisio.brasileiro@ufpe.br

REFERÊNCIAS

Brasileiro, A. (1991) *Développement urbain et transports collectifs. Enseignementos des expériences de Recife et Curitiba*, thèse de doctorat, École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris

Brasileiro, A.; e Henry, E. & TURMA., 1998 *Viação Ilimitada. Ônibus das cidades brasileiras*, Ed. Cultura, São Paulo.

Figueroa, O. & Henry, E. 1985. *Transports urbains et services en Amérique latine* – Actes de l´atelier de recherche INRETS / CIUDAD, Quito, 8 – 12 juillet, 1985, Tome 1: Transports et citadins et Tome II: Le service public, Arcueil, 1985.

Figueroa, O & Henry, E., 1987. *Les enjeux des transports dans les villes latino-américains*, Synthèse Inrets, n. 6, Arcueil, France.

Figueroa, O. 1991., *Les politiques de transport en commun dans les villes d´Amérique Latine*, thèse de doctorat, Université Paris, XII, Paris.

Henry, E. 1990. *Trajetória e perspectivas de uma profissionalidade urbana: o universo das empresas de transporte por ônibus no Brasil, Proposta e projeto de pesquisa*, ORSTOM/CNPq, 1990-91

Henry, E. 1992, *Aperçu des entreprises d´autobus urbaines: états d´analyse au 26/02/92. Compte rendu de la première phase de la recherche : activités réalisées, avancements et suites*, FGV/ ORSTOM, São Paulo.

Jaramillo, S. (1984). Crisis de los medios de Consumo Colectivo Urbano y Capitalismo Periférico. Desarrollo Y Sociedad, 1(12), 127-145. https://doi.org/10.13043/dys.12.2

ALATPU Tecnológico de Monterrey

Ponencias

Transporte público

¿PUEDEN LOS CABLES AÉREOS IMPULSAR EL DESARROLLO ORIENTADO AL TRANSPORTE (TOD) DE LAS CIUDADES? EL CASO DEL TRANSMICABLE EN BOGOTÁ

Andrés Torres Gómez
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia
a.torresg@uniandes.edu.co

Juan Pablo Bocarejo Suescún
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia jbocarej@uniandes.edu.co

RESUMEN

En las últimas dos décadas, los sistemas de cable aéreo se han convertido en una opción de movilidad importante en barrios de bajos ingresos en Latinoamérica. Este es el caso del TransMiCable en Bogotá, Colombia, que desde 2018 brindó una nueva alternativa de movilidad para los habitantes de la localidad de Ciudad Bolívar. Este estudio busca evaluar los impactos del TransMiCable usando los estándares del Desarrollo Orientado al Transporte (TOD) en conjunto con análisis de datos de cambios del uso del suelo, valor del suelo, selección modal. Se utilizó un análisis de "difference-in-differences" para evaluar los principales componentes del TOD como accesibilidad, confort, sostenibilidad, eficiencia, seguridad, entre otros. Se encontró que, en todas estas áreas y según el contexto socioeconómico de la localidad, la operación del TransMiCable está generando TOD. Mostró que las áreas alrededor de las estaciones de TransMiCable han incrementado su valor del suelo más rápido que en la zona de control, además de tener una mayor urbanización y usos del suelo comerciales e industriales. Este sistema de cable aéreo también logró un mayor incremento en el uso de modos de transporte activos y sostenibles, junto con una disminución en el uso de modos motorizados privados. Por ende, el TransMiCable ha mostrado ser un impulsador del TOD en sus distintos componentes.

1. INTRODUCCIÓN

El TransMiCable se encuentra ubicado en la localidad de Ciudad Bolívar, al suroccidente de la ciudad de Bogotá. Se convirtió en el primer sistema de transporte público en Bogotá en usar cables aéreos, siendo inaugurado el 27 de diciembre de 2018, con una extensión de 3.34 kilómetros cubierto por tres estaciones, lo que lo convierte en un sistema altamente favorable a las condiciones de la localidad, pues su topografía consiste en un 90% de carácter montañoso y su condición socioeconómica no es la más favorable. (TransMilenio, 2018). Con su implementación, el tiempo de viaje en transporte público en el área se redujo de una hora a tan solo 13 minutos. Además de sus beneficios de movilidad, la implementación del TransMiCable ha traído mejoras urbanas significativas dentro de Ciudad Bolívar. Entre estas se incluyen nuevos servicios públicos como el Super Cade Manitas (un centro de servicio gubernamental), el Centro de Día para el Adulto Mayor, el Centro de Cultura, Recreación y Deporte, varios parques infantiles y una biblioteca (TransMilenio, 2019).

En Colombia existe una clasificación geográfica de los predios en seis estratos socioeconómicos, siendo 1 el más bajo y 6 el más alto, según las condiciones físicas, del entorno y del contexto urbanístico o rural, para determinar los subsidios recibidos y la diferenciación de tarifas en el pago de servicios públicos (Secretaría Distrital de Planeación, 2019). Existe además una categorización de 3 niveles llamada SISBEN (siendo 1 el más bajo y 3 el más alto) para las personas que viven en condiciones mucho más bajas que aquellas percibidas en el estrato 1. En Ciudad Bolívar, el 53.1% de predios son estrato 1 y el 39.9 % son estrato 2, donde, además, 58.7% de las personas se encuentran clasificadas en los niveles 1 y 2 del SISBEN. Es la localidad en Bogotá con el mayor número de personas con Necesidades Básicas Insatisfechas (aproximadamente 97,000, es decir el 16.2% de sus habitantes), aunque el 49.15% (alrededor de 360,000 personas) son económicamente activas (Secretaría de Gobierno, 2020).

Este estudio busca examinar esta brecha, analizando las diversas dimensiones del Desarrollo Orientado al Transporte (TOD), utilizando datos socioeconómicos y de movilidad disponibles públicamente. El objetivo es generar conclusiones comprehensivas y basadas en evidencias claras sobre la forma en la que el TransMiCable no solo ha mejorado la movilidad, sino el desarrollo en general de la localidad.

2. TOD: UNA MEJOR PRÁCTICA PARA EL DESARROLLO URBANO

2.1 Componentes de TOD:

Este concepto cuenta con ocho principios mediante los cuales es evaluado: promover la caminata segura, cómoda y accesible; fomentar el uso de la bicicleta con infraestructura adecuada; mejorar la conexión con redes de calles directas, diversas y con velocidades bajas; garantizar tránsito rápido y frecuente, accesible a pie; brindar alta combinación de usos de suelo con gran número de oportunidades y servicios; fomentar la densificación urbana con alta cobertura de transporte público; brindar un área compacta y conveniente para los usuarios con organización espacial eficiente; e

impulsar un cambio hacia el uso de modos activos y sostenibles, reduciendo el uso de modos motorizados privados (ITDP, 2017).

2.2 El TOD en diferentes sistemas de transporte:

Varios autores e instituciones han definido las variables que caracterizan el TOD, a partir de estudios realizados en sistemas de metro y BRT. El ITDP elaboró una guía que resume los estándares de TOD, definiendo este concepto como: "espacios urbanos integrados diseñados para unir personas, actividades, edificios y espacios públicos con conexiones de caminata y ciclismo y un excelente servicio de transporte, con el resto de la ciudad" (ITDP, 2017). El concepto de TOD establece que los sistemas de transporte y movilidad deben maximizar los beneficios de las personas, especialmente en términos de sostenibilidad, equidad y prosperidad compartida, presentando alternativas sostenibles e inclusivas. Así se genera accesibilidad a oportunidades de educación, comercio, recreación, servicios y demás, minimizando el costo que representa para el usuario el transporte a estas actividades. Mediante estos lineamientos se pueden orientar las decisiones de inversión y los mecanismos de participación ciudadana para orientar el diseño y planeación de las ciudades según los estándares del desarrollo orientado al transporte (ITDP, 2017). Otros conceptos a tener en cuenta son comunidades habitables, planeación del área de las estaciones de transporte público, esfuerzos de la comunidad, zonificación estética, colaboración, desarrollo conjunto, aprovechamiento compacto de los espacios y fondos fiduciarios de vivienda (EPA, 2014). Cabe aclarar que son muy pocos los estudios en sistemas de cable aéreo, debido a la novedad que representan estos sistemas, lo que lleva a la falta de datos sobre estos mismos.

2.3 El cable y su impacto en diferentes dimensiones:

Otros estudios realizan un seguimiento y monitoreo de las tendencias de movimiento de las personas antes y después del inicio de la operación del TransMiCable. Obtienen los cambios en tendencia de uso de modos activos (principalmente la caminata), demostrando que, a pesar de que la ciudad tiende a moverse hacia el uso de medios motorizados privados de transporte, en la zona de intervención del TransMiCable los modos activos son completamente necesarios, por lo que la implementación de este sistema hace que los usuarios sean más activos físicamente (Baldovino-Chiquillo et al., 2023). Los usuarios también reportan que este sistema les dio más tiempo libre, mejor calidad del aire, mayores oportunidades de actividad física, mejor seguridad y menor desconfianza en instituciones (Guevara et al., 2020).

En Medellín, se ha demostrado que los tiempos y costos de viaje para las personas se reducen con la implementación del Metrocable, lo cual se da por efectos directos en equidad social, que hacen que los centros de actividades para el desarrollo social sean más accesibles para la comunidad (Bocarejo et al., 2014). En Bogotá, también se ha hablado sobre los desafíos de implementar nuevos métodos de transporte en distintas zonas de la ciudad, más específicamente, la extensión de Transmilenio en Soacha y su sistema de cable aéreo "Cazucable". Es muy importante adaptarse a las necesidades locales, brindando accesibilidad que permita integrar los distintos proyectos para así maximizar la utilidad de los nuevos modos que se buscan implementar (Bocarejo & Velásquez, 2013). Estos estudios y metodologías de análisis general en todos los

aspectos de los sistemas de transporte se pueden integrar con evaluaciones de utilidad social de los sistemas de transporte, para obtener indicadores numéricos del estado de estos mismos (Bocarejo & Oviedo, 2010).

3. METODOLOGÍA PROPUESTA

Se buscará analizar el impacto del TransMiCable en los parámetros de usos de suelo, valor de suelo general y uso de modos sostenibles, usando un análisis "difference-in differences", que permite explicar la influencia que tiene una intervención sobre una zona determinada. Este establece un punto de comparación temporal y espacial, que permite entender más explícitamente cómo una intervención afecta las características de una zona, mediante la definición de una zona de tratamiento y una de control. El objetivo es determinar si el sistema de cable actúa como un generador de TOD, basado en las diferencias entre los cambios observados en las zonas de tratamiento y control.

La zona de tratamiento es aquella que se busca estudiar principalmente, es decir el lugar donde se realizó la intervención del TransMiCable. Por otro lado, la zona de control es aquella que no ha sufrido ninguna intervención y que es seleccionada al contar con características similares a la de tratamiento. Esta zona tiene importancia en el modelo pues brinda un punto de comparación que muestra (de forma aproximada) cómo sería la zona de tratamiento si la intervención seleccionada no hubiese existido (Bocarejo et al., 2014). Teniendo esto en cuenta, se establece como zona de tratamiento, las UPZs cercanas al TransMiCable en la localidad de Ciudad Bolívar. Por otra parte, la zona de control, serán las UPZ cercanas al proyecto propuesto de cable aéreo en Potosí (Alcaldía de Bogotá, 2023). Esta área es óptima para ser elegida zona de control pues es aledaña a la de tratamiento, por lo que cuenta con características socioeconómicas altamente similares.

Para el primer análisis, buscando estudiar el cambio en los usos del suelo, las zonas se dividen por predios, con datos de usos de suelo proporcionados por la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital en Bogotá, para el año 2018 y 2023 (Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD), 2024a). Con estos datos, se realiza un análisis numérico que analiza la variación de cada uso de suelo en las zonas, para relacionarlo con las definiciones teóricas de TOD.

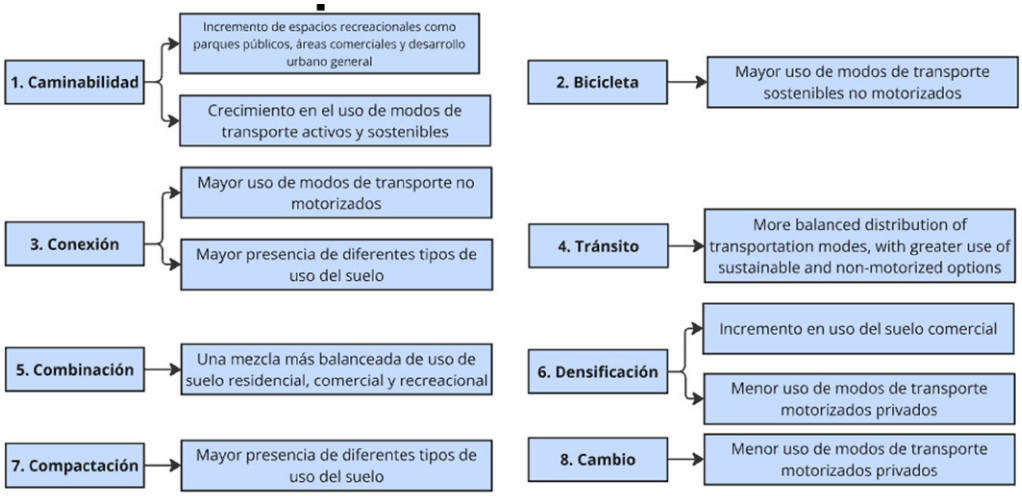
En segundo lugar, se analizará el cambio en el valor del suelo. Para medir este parámetro se usaron los valores disponibles de la mediana del valor de referencia de terreno de manzana, para los años 2016 y 2022 (Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD), 2022). Estos valores se deben indexar para ajustar por la inflación, para proceder a realizar el cálculo de la diferencia existente entre estos dos periodos dentro de cada una de estas manzanas, dando como resultado mapas de calor que presentan estos rangos (Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD), 2024b).

En tercer lugar, se estudia la influencia de la operación del cable en el cambio en el uso de modos sostenibles de los individuos de la localidad, usando la Encuesta de Movilidad de Bogotá. Usando los datos de 2019 y 2023, proporcionados por el Sistema Integrado de Información sobre Movilidad Urbana Regional, se analiza el modo en el

que se realiza cada viaje desde la zona que se esté estudiando, y hacia esta misma zona (Simur, 2023). Se calcula así la diferencia en ambos periodos de tiempo para las dos zonas, estableciendo un punto de comparación.

La Figura 1 muestra como cada uno de los componentes del TOD se mide usando la metodología propuesta:

Figura 1. Evaluación de cada componente de TOD usando la metodología propuesta

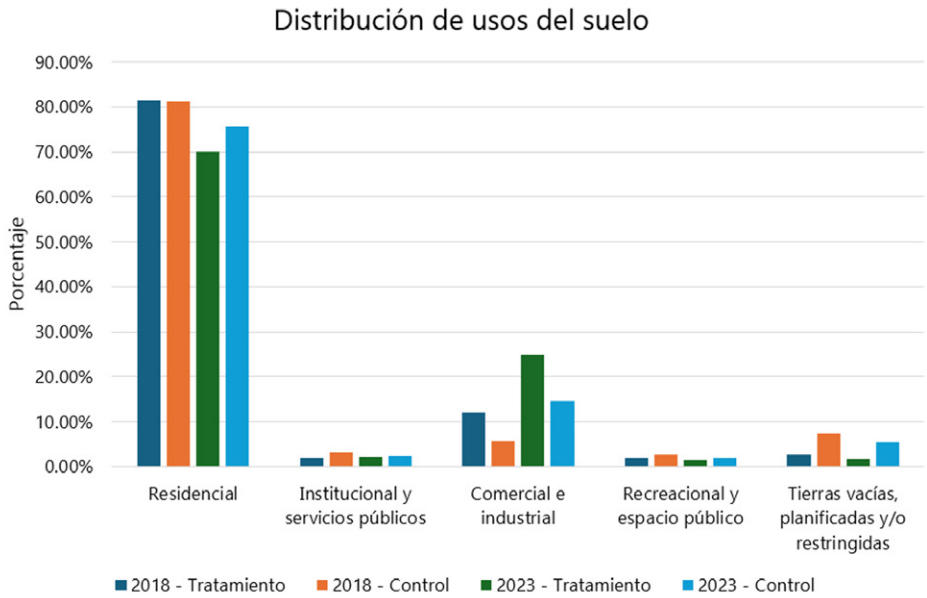


4. RESULTADOS

a. Cambio en los usos del suelo

Con los datos de cambio de uso para cada zona, la Figura 2 muestra el valor que cada tipo de uso de suelo representa para ambos periodos (2018 y 2023):

Figura 2. Distribución gráfica del uso del suelo en ambas zonas



Según los datos disponibles, el cambio porcentual de 2018 a 2023 fue calculado para cada tipo de uso del suelo, según lo que cada uno representa en el número total de propiedades para cada zona. La Tabla 1 muestra los valores obtenidos para ambas zonas:

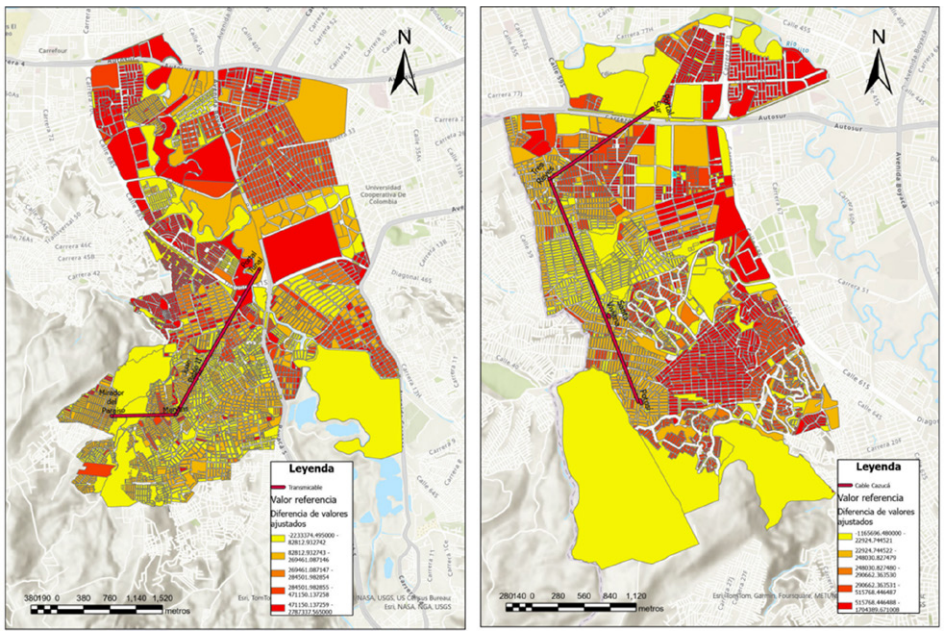
Tabla 1. Cambio porcentual de los usos del suelo en ambas zonas

Tipo de suelo	% cambio zona de tratamiento	% cambio zona de control
Residencial	-16.7%	-7.4%
Institucional y servicios públicos	3.4%	-28.8%
Comercial e industrial	51.9%	60.0%
Recreacional y espacios públicos	-25.9%	-25.8%
Tierras vacías, planificadas y/o restringidas	-59.2%	-34.5%

b. Cambio en el valor del suelo

La Figura 3 muestra un mapa de calor que evidencia los rangos de diferencia de valor del suelo para la zona de tratamiento (izquierda) y la zona de control (derecha). Los valores fueron distribuidos geométricamente, para así asegurar que haya un número similar de valores en cada rango, y que el cambio entre cada intervalo sea consistente (ArcGIS Pro, s/f):

Figura 3. Diferencia temporal entre los valores de cada manzana en la zona de tratamiento (izquierda) y control (derecha)



La Tabla 2 muestra los valores estadísticos de la diferencia entre las manzanas entre ambos periodos para las zonas de tratamiento, control y la diferencia entre estos valores:

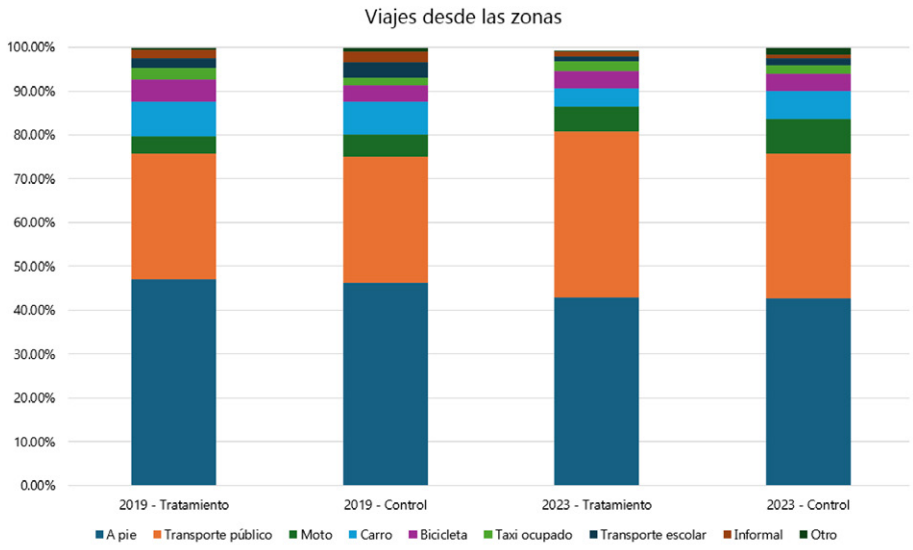
Tabla 2. Valores estadísticos de la diferencia entre las manzanas entre los periodos de tiempo en ambas zonas

Zona	Promedio	Desviación estándar
Tratamiento	$ 243,109.50	$ 357,419.54
Control	$ 282,586.90	$ 304,964.63
Tratamiento - Control	-$ 39,477.40	$ 52,454.92
Diferencia entre tratamiento y control	16.24%	14.68%

c. Cambio en uso de modos de transporte sostenibles

Al analizar los datos de viaje desde y hacia ambas zonas usando la Encuesta de Movilidad de 2023 (Simur, 2023), se observa que ambas direcciones tienen tendencias similares. Por esta razón, el análisis se realizará usando únicamente los viajes que se originan de las zonas de control y de tratamiento, pues los resultados son extremadamente similares a los viajes destino de ambas zonas (Figura 4):

Figura 4. Distribución porcentual por modo de los viajes generados desde ambas zonas



5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

a. Análisis de resultados de cambios en los usos del suelo

La Figura 2 muestra que la tendencia de cambio en los usos de suelo de 2018 a 2023 es semejante en ambas zonas, específicamente en la disminución porcentual del uso residencial, junto con el aumento en este valor para las zonas comerciales. Esto permite establecer un punto de comparación del cambio temporal en los diferentes tipos de usos de suelo, que se puede evidenciar en la Tabla 1. A continuación, se presentan los cambios más representativos hallados: En la zona de control, solo el 20% del suelo urbanizable o edificable recibió procesos de urbanización o edificación, mientras que en la zona de tratamiento esto sucedió con el 41.33% de los suelos de este tipo; el

uso de suelo residencial disminuyó en ambas zonas, sin embargo, la disminución en la zona de tratamiento fue de 6.04% más que la de la zona de control; en ambas zonas aumentó el porcentaje de uso de suelo comercial, sin embargo, en la zona de tratamiento se vio un aumento 4.23% mayor; se puede evidenciar un aumento de 2018 a 2023 de 8 predios rurales parcelados no edificados en la zona de control, mientras que este número disminuye en 132 para la zona de tratamiento; de 2018 a 2023 el aumento en predios públicos recreacionales fue de 4 a 39 en la zona de tratamiento, a comparación del aumento de 1 a 3 experimentado en la zona de control; y después de la intervención, la diferencia en el número de predios industriales entre la zona de tratamiento y la zona de control es de 91, cuando antes de esto era solo de 16.

Los cambios en los usos de suelo se analizaron para determinar si la intervención del cable contribuye a patrones de uso del suelo más diversos, mostrando que el TransMiCable contribuye al principio de TOD de combinación de usos de suelo. Estos cambios, especialmente el incremento de predios urbanizados, industriales y recreacionales, muestran mejoras en componentes de TOD como caminabilidad, conexión y compactación. Un mayor acceso a diversos usos de suelo beneficia la conectividad de la red al incrementar el número de destinos disponibles y de opciones de rutas para las necesidades diarias, facilitando el uso de la caminata o la bicicleta. Esto también genera una red más compacta y eficiente espacialmente, reduciendo el tiempo, energía y recursos necesarios para acceder a servicios básicos, y brindando densidades más altas de residencias y empleos, facilitado por transporte público eficiente como el TransMiCable.

b. Análisis de resultados de cambios en el valor del suelo

El análisis de la diferencia en el valor medio referencia del suelo entre ambas zonas muestra que existe una similitud entre los datos de la zona de tratamiento y de control, como se puede ver en la Tabla 2. Los valores promedio de valor del suelo y sus resultados estadísticos muestran proximidad entre ambas zonas, confirmando que este es un parámetro confiable para validar el funcionamiento de ambas zonas como zonas de tratamiento y de control en el análisis “diff-in-diff”.

Según la definición de TOD, uno de los parámetros que se debe cumplir es que se genere un aumento en el valor del suelo. Aunque se puede ver que el aumento porcentual en el promedio es mayor para la zona de control, se debe tener en cuenta el contexto de los tipos de suelo y cómo cambian dentro de estos periodos. Como se ve en la Figura 2, para 2023 los suelos comerciales representan un 24.72% de la cobertura total de la zona de tratamiento, a diferencia de un 14.28% en la zona de control. Además, en la anterior sección se demuestra que los usos de suelo presentaron una mucho mayor variación en este periodo de tiempo dentro de la zona de tratamiento.

Estos argumentos muestran que, si bien los estadísticos de valor de suelo se ven más favorables dentro de la zona de control, se debe entender que existe una amplia diferencia en el número de predios que se están adaptando a un nuevo uso en la zona de tratamiento. Es evidente que el valor del suelo va a aumentar más en la zona de control pues los datos de uso de suelo muestran una urbanización más rápida, al contar con un mayor espacio para este proceso. Sin embargo, gracias a que en los

demás indicadores se ha demostrado que el TransMiCable se convirtió en un generador de TOD, se entiende que muchos de estos negocios son relativamente nuevos, y su valorización total aún no se ha completado. El crecimiento más rápido de valor del suelo en la zona de control se puede explicar por la conversión de zonas que anteriormente no tenían uso alguno o de zonas residenciales, a zonas comerciales, que tienden a generar valor más rápidamente. En contraste, la zona de tratamiento ya contaba con un nivel relativamente alto de cobertura comercial, lo que significa que los nuevos negocios cuentan con una mayor competencia espacial y de mercado, lo que puede demorar su valorización. En resumen, el valor del suelo es un indicador de TOD que debe ser monitoreado en un periodo de tiempo más largo para determinar si la zona de control continúa teniendo mayor valor promedio, o si las nuevas zonas comerciales en la zona de tratamiento cumplieron con su potencial de valorización. A pesar de esto, el incremento considerable en el número de propiedades comerciales muestra que el TransMiCable ha contribuido al TOD al promover una mayor densidad urbana y beneficiando el acceso a trabajos y servicios a través de un sistema de transporte público rápido, fiable, económico y eficiente.

c. Análisis de resultados del cambio de uso de modos sostenibles

La Figura 4 permite observar que hay semejanza entre ambas zonas en el número de viajes por modo y en la distribución porcentual. Principalmente se puede ver que, en ambos lugares, las personas no cuentan con capacidad económica para utilizar modos de transporte motorizados privados, haciendo que usen específicamente aquellos como la caminata o el transporte público. Esta similitud que se observa en la tendencia de repartición modal muestra que, según el contexto socioeconómico de ambas zonas, así como el comportamiento que tienden a tener sus residentes y visitantes, estos dos lugares son aptos para funcionar como zonas de control y tratamiento dentro del análisis "diff-in-diff".

Según la definición de TOD que se ha establecido anteriormente, se evidencia que uno de los criterios que se debe cumplir es el aumento y generación de sostenibilidad. Observando los viajes desde la zona de tratamiento para el año 2023, se puede observar que mientras que en la zona de tratamiento se ve un aumento de 5.09% puntos porcentuales en el uso de modos sostenibles, en la zona de control el aumento es de 0.72%. Por otra parte, al analizar los modos de transporte particulares menos sostenibles, como lo son la moto y el auto, se puede ver que después de la intervención el valor de uso de estos disminuye 2.06% para la zona de tratamiento, mientras que en la zona de control aumenta un 1.68%. De esta manera se puede concluir que efectivamente el sistema de TransMiCable ha generado un impacto positivo en el aumento de la sostenibilidad, generando consigo TOD. El cambio en estos tipos de modos demuestra un efecto positivo a nivel de sostenibilidad. Esto sugiere que el sistema ayuda a que las personas escojan la caminata, bicicleta, u otros modos de transporte no motorizados, que son fundamentales para los principios de TOD. La reducción en el uso de vehículos privados también refleja una estructura urbana más compacta y eficiente, donde los usuarios pueden satisfacer sus necesidades diarias gracias a alternativas de movilidad seguras, inclusivas y accesibles.

6. CONCLUSIONES

El presente estudio examina si el TransMiCable funciona como generador de Desarrollo Orientado al Transporte (TOD) al aplicar un análisis de "difference-in-differences" que compara el área que lo rodea con aquella del futuro cable de Cazucá, que cuenta con características socioeconómicas y espaciales muy similares. Los resultados evidencian impactos significativos en términos de TOD, pues este concepto ofrece un marco global para evaluar la calidad y el impacto de sistemas de transporte urbanos. Aunque el sistema de TransMiCable es relativamente nuevo, ha brindado numerosos beneficios en términos de movilidad y reducción de tiempos de viaje. Esto se evidencia claramente gracias al crecimiento de transporte activo, la diversificación del uso del suelo, la creación de oportunidades de trabajo y recreación y el incremento de la densidad urbana en el área de tratamiento. En general, estos hallazgos muestran un cambio hacia un entorno urbano más productivo y sostenible, apoyado por un sistema de transporte público eficiente. La evidencia mostrada confirma que el TransMiCable contribuye sustancialmente a los componentes de Desarrollo Orientado al Transporte, posicionándolo como un potenciador de crecimiento urbano equitativo y sostenible.

7. Referencias bibliográficas

Alcaldía de Bogotá (Director). (2023, octubre 3). *Presentación Cable Aéreo Potosí ubicado en Ciudad Bolívar* [Video recording]. https://www.youtube.com/watch?v=ouIPkNTK8iI

ArcGIS Pro. (s/f). *Data classification methods*. Recuperado el 17 de mayo de 2024, de https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/mapping/layer-properties/data-classification-methods.htm

Baldovino-Chiquillo, L., Sarmiento, O. L., O'Donovan, G., Wilches-Mogollon, M. A., Aguilar, A. F., Florez-Pregonero, A., Martínez, P. A., Arellana, J., Guzmán, L. A., Yamada, G., Rodriguez, D. A., & Diez-Roux, A. V. (2023). Effects of an urban cable car intervention on physical activity: The TrUST natural experiment in Bogotá, Colombia. *The Lancet Global Health*, 11(8), e1290–e1300. https://doi.org/10.1016/S2214-109X(23)00274-7

Bocarejo, J. P., & Oviedo, D. R. (2010). *TRANSPORT ACCESSIBILITY AND SOCIAL EXCLUSION: A BETTER WAY TO EVALUATE PUBLIC TRANSPORT INVESTMENT?* https://www.ucl.ac.uk/bartlett/development/sites/bartlett/files/bocarejo-oviedo.pdfhttps://www.ucl.ac.uk/bartlett/development/sites/bartlett/files/bocarejo-oviedo.pdf

Bocarejo, J. P., Portilla, I. J., Velásquez, J. M., Cruz, M. N., Peña, A., & Oviedo, D. R. (2014). An innovative transit system and its impact on low income users: The case of the Metrocable in Medellín. *Journal of Transport Geography*, 39, 49–61. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.06.018

Bocarejo, J. P., & Velásquez, J. M. (2013). *Obstacles in the Implementation of "Trendy" Transport Projects. Reflections on the Soacha Case.* https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1366633/1/Davila_2013_UrbanMobility%2526Poverty.pdf

EPA. (2014). *Encouraging Transit Oriented Development: Case Studies that Work*. https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-05/documents/phoenix-sgia-case-studies.pdf

Guevara, T., Sarmiento, O., Higuera, D., Useche, A. F., Rubio, M. A., Wilches, M. A., Martínez, P., Castaño, D., Méndez, D., Martínez, L., Martínez, E., Pinzón, J. D., Aguilar, A. F., Morales, R., Jiménez, L., Guzmán, L. Á., Arellana, J., Moncada, C., Abaunza, C., … Hessel, P. (2020). *Transformaciones urbanas y salud: Resultados de la evaluación del TransMiCable*. https://epiandes.uniandes.edu.co/wp-content/uploads/Transformaciones-urbanas-y-salud.pdf

ITDP. (2017). *TOD Standard*. https://itdpdotorg.wpengine.com/wp-content/uploads/2017/06/TOD_printable.pdf

Secretaría de Gobierno. (2020). *Diagnóstico localidad Ciudad Bolívar 2020*. http://ciudadbolivar.gov.co/sites/ciudadbolivar.gov.co/files/planeacion/pdl_diagnostico_acta_pp_y_propuestas_ciudadanas.pdf

Secretaría Distrital de Planeación. (2019). *Estratificación socioeconómica*. https://www.sdp.gov.co/gestion-estudios-estrategicos/estratificacion/generalidades

Simur. (2023). *Encuestas de movilidad*. https://www.simur.gov.co/encuestas-de-movilidad

TransMilenio. (2018, diciembre 23). *Abecé de TransMiCable*. TransMilenio. https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/151067/abece-de-transmicable/

TransMilenio. (2019, diciembre 30). *TransMiCable registró más de 7.5 millones de validaciones durante su primer año de operación*. TransMilenio. https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/151567/transmicable-registro-mas-de-75-millones-de-validaciones-durante-su-primer-ano-de-operacion/

Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD). (2022). *Mediana del Valor de Referencia de Terreno por Manzana. Bogotá D.C.* https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/valor-de-referencia-por-metro-cuadrado-de-terreno

Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD). (2024a, abril 28). *Predios. Bogotá D.C.* https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/predios-bogota

Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD). (2024b, mayo). *Manzana. Bogotá DC.* https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/manzana

¿QUÉ TAN REGULARES SON LOS CONDUCTORES DE BUS AL CONDUCIR?

Martínez-Estupiñan, Yerly
Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander, Colombia – Grupo de Investigación Geomática, Gestión y Optimización de Sistemas. Bucaramanga, Colombia

Delgado, Felipe / Muñoz, Juan Carlos
Pontificia Universidad Católica de Chile, Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística. Santiago de Chile, Chile

Martínez-Estupiñan, Yerly
CEMT S.A.S Consultores Especializados en Movilidad y Transporte S.A.S.
Bucaramanga, Colombia

RESUMEN

En la literatura se han propuesto diferentes índices para caracterizar la regularidad de los intervalos. Estas métricas agregan la variabilidad de los intervalos de un servicio, pero ninguna puede asociarse directamente a un conductor específico. Este trabajo de investigación profundiza en la influencia de los conductores de bus en la regularidad de un servicio. Proponemos cuatro índices de regularidad relacionados con el desempeño de un conductor y utilizamos el método de Hierarchical Clustering Analysis para generar una clasificación de conductores en función de su contribución a la regularidad de los intervalos. Además, utilizamos regresión logística para caracterizar cada clase resultante en función de atributos como la edad, años de experiencia y años en la empresa de bus, y de aquellos atributos asociados a la operación, como el número de servicios diarios y el periodo del día en que conduce. Los resultados muestran consistencia en la clasificación obtenida, con casi el 90% de los conductores permaneciendo en las mismas clases de regularidad independientemente del índice. Además, los atributos explicativos de cada clase muestran que los conductores más experimentados se clasifican en las clases más regulares frente a los más jóvenes y menos experimentados que permanecen en las clases menos regulares.

Palabras Clave: Comportamiento de conductores de bus, Análisis jerárquico, Regularidad, Índices

1. INTRODUCCIÓN

Durante un recorrido el comportamiento de los conductores se ve influenciado por muchos factores asociados con características y actitudes personales (Ivancevich et al., 2005; Tao et al., 2017), al medio en que se desenvuelven (Ericsson, 2005; Rohani et al., 2010) y características del vehículo (Wishart et al., 2009). Conductores profesionales como los conductores de bus tienen un alto nivel de entrenamiento y experiencia, además son capacitados para tener actitudes enfocadas en promover una conducción segura (Beltran et al., 2013)). Además, experimentan las mismas condiciones de tráfico que otros conductores, así como restricciones adicionales impuestas por el vehículo, la responsabilidad de mantener el confort y la seguridad de los pasajeros y la necesidad de cumplir horarios.

La regularidad de los intervalos es esencial en el nivel de servicio ofrecido por los sistemas de buses que funcionan sin horarios preestablecidos. Los conductores de bus son un elemento fundamental en el logro de este objetivo. Por ello, resulta relevante conocer cómo afecta la regularidad de un sistema de buses el comportamiento de conducción de los conductores y las condiciones a las que se enfrentan durante la operación. Sin embargo, no existen estudios específicos que relacionen el comportamiento de un conductor de bus (o de un conjunto de conductores) o sus características con la regularidad de los intervalos entre buses de un mismo servicio.

El objetivo de este trabajo es comprender la influencia de los conductores de bus en la regularidad de los intervalos de un servicio y generar una clasificación de los conductores en función de su contribución a la regularidad de los intervalos durante la operación. Para ello, damos respuesta a las siguientes preguntas: ¿Es posible definir índices eficaces para medir la regularidad asociada al comportamiento de un conductor de bus? ¿Cómo se puede generar una clasificación de los conductores de bus basada en un índice de regularidad de la conducción? Además, ¿es posible caracterizar cada clase en función de los atributos del conductor y de los atributos asociados a la operación?

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Para comprender el impacto que tiene en el funcionamiento de un sistema de transporte público el estilo de conducción de un conductor de bus específico, es necesario saber qué características asociadas al conductor afectan al funcionamiento. A continuación, basándose en estas características, es posible clasificar a los conductores en clases o grupos específicos.

Dependiendo del propósito de la clasificación, se han propuesto diferentes índices de comportamiento del conductor para clasificar a los conductores privados y profesionales (por ejemplo, conductores de bus) (Bouhsissin et al., 2023; Ericsson, 2005). Los índices basados en la aceleración y la velocidad son los más utilizados en el caso de los conductores de bus y en entornos de conducción urbana (Ellison et al., 2013). Otros índices utilizados explícitamente para la clasificación de los conductores de bus son el riesgo de verse implicado en un accidente (D'Souza et al., 2012), el grado

de distracción observado, la agresividad durante la conducción (Martinelli et al., 2018) o su eficiencia en el consumo de combustible.

Sin embargo, las metodologías de clasificación de conductores aún no han incluido índices relacionados con la regularidad de los intervalos durante la conducción. Martínez-Estupiñán et al. (2023a) y (2023b) destacan la posibilidad de incluir la regularidad como atributo de clasificación de los conductores de bus e identifican algunos factores que pueden influir en el comportamiento como son la edad, los años de experiencia como conductor, el nivel de satisfacción con su trabajo y la posibilidad de disponer de herramientas de apoyo durante la conducción para mantener la regularidad de los trayectos.

En la literatura se definen diferentes índices para caracterizar la variabilidad de los intervalos. Entre ellos se encuentran la desviación estándar de los intervalos observados, Coeficiente de variación de los intervalos observados (Osuna & Newell, 1972), Close headways, Exceso de tiempo de espera, EWT (Osuna & Newell, 1972), relación entre el tiempo de espera observado y el tiempo de espera ideal. Estos índices realizan una cuantificación agregada de la variabilidad del intervalo para un servicio (Godachevich et al., 2020), pero ninguno de ellos puede asociarse directamente a un conductor específico.

3. METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS

Para responder la pregunta de investigación en este trabajo se definieron y posteriormente se estimaron tres indicadores diferentes de regularidad a partir del análisis realizado a una base de datos de 1321 conductores de bus de una de las 7 compañías operadoras de Transantiago el sistema de transporte público de la ciudad de Santiago de Chile. Estos indicadores, a diferencia de las medidas de regularidad existentes en la literatura, pueden ser asociados directamente con un conductor específico y permiten tener una caracterización detallada de qué tan regular es cada conductor ya sea por periodo del día, por servicio o por jornada de trabajo. Dichos indicadores fueron usados posteriormente para generar una clasificación de conductores en función del grado de regularidad durante la conducción.

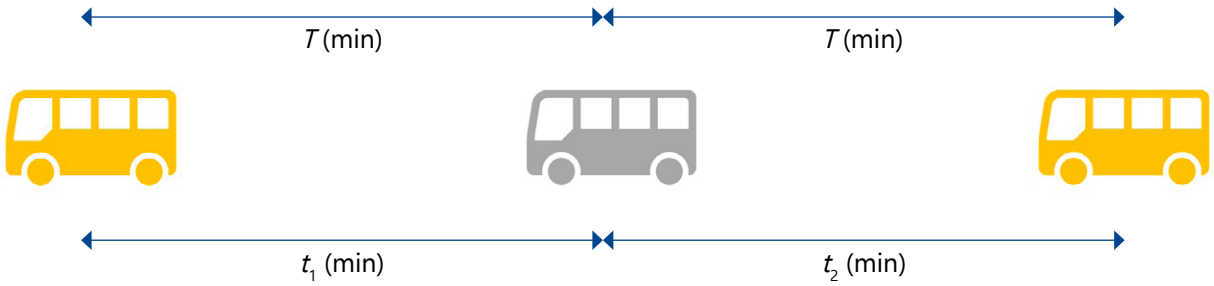
Los datos usados en este estudio corresponden a los registros GPS provenientes de los buses de todos los servicios que circularon durante un mes para uno de los 7 operadores del sistema de transporte público Transantiago. Dichos registros GPS corresponden a pulsos que eran generados cada 30 segundos, por lo tanto, inicialmente la base de datos contaba con 14’401.382 y después del proceso de depuración y revisión quedaron 13’904.743 registros.

Los registros GPS están asociados a un total de 1321 conductores, distribuidos en 610 buses, que corresponden a 61 servicios. Los atributos que se tenían por conductor son edad, género (femenino y masculino), nacionalidad (6 países), años de antigüedad en la empresa, años como conductor de bus, turno, número de servicios por turno. Asimismo, asociado con la operación se tenía información de tipología de bus que conduce (4 categorías), edad del bus, tiempo empleado por servicio, velocidad

comercial por servicio y tipo de pista (vía exclusiva, corredor segregado, pista Solo Bus, mixta) y comuna por donde conduce en cada recorrido.

Para calcular los índices, se utilizan las definiciones de la Figura 1. *T* se refiere al intervalo programado o de referencia para el servicio en el que opera el conductor, t_1 y t_2 son los intervalos con el bus del mismo servicio que le precede y le sigue, respectivamente. Estas cantidades se miden como la diferencia de tiempo en que cada bus pasa por puntos fijos de la ruta de servicio y se miden en minutos.

Figura 1. Definición de los parámetros de intervalo para el cálculo de los índices de regularidad



A partir de esta información, proponemos y calculamos cuatro nuevos índices asociados a la regularidad de los intervalos, definidos a nivel de conductor. Los cuatro índices propuestos fueron:

- *Headway Harmony Deviation Index (HHD):*

$$HHD = \frac{t_1}{t_1 + t_2} - \frac{1}{2} \quad (1)$$

- *Headway Harmony Deviation Index Square (HHDS):*

$$HHDS = \left(\frac{t_1}{t_1 + t_2} - \frac{1}{2} \right)^2 \quad (2)$$

- *Adherence to Schedule Headway Index (ASH):*

$$ASH = \begin{cases} (t_1 - T)^2 & si\ t_1 + t_2 \geq T \\ t_2^2 & e.o.c \end{cases} \quad (3)$$

- *Schedule Headway Deviation Index (SHD):*

$$SHD = (T - t_1)^2 + (T - t_2)^2 \quad (4)$$

Posteriormente, utilizamos clustering jerárquico (Murtagh & Contreras, 2017; He et al., 2020) para clasificar los conductores de bus según el grado de regularidad de cada uno. Por último, identificamos los atributos que explican cada categoría mediante regresiones logísticas. (Murtagh & Contreras, 2017; He et al., 2020). Una vez definidas las categorías de conductores según el grado de regularidad, se utilizó un modelo de regresión logística múltiple para determinar qué atributos propios del conductor (eg: edad, sexo, años de experiencia como conductor, entre otros) y de la operación de los buses (horario, tipo de bus, ruta, entre otros) se asociaban o explicaban cada categoría.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados muestran que, a pesar de la diferencia en los índices, existe coherencia en la clasificación de los conductores obtenida. Esto se refleja en 5 clases resultantes independientemente de los índices propuestos. Además, cerca del 93% de los conductores clasificados en la clase más regular permanecen en esa clase independientemente del índice. Este porcentaje alcanza el 88% en el caso de los conductores de la clase menos regular. Asimismo, cuando diferenciamos por el periodo, observamos que cerca del 92% de los conductores permanecen en la misma clase independientemente del periodo en el que operen, lo que demuestra que un conductor puede mantener su regularidad a pesar de las condiciones de operación. En las siguientes tablas se muestran los resultados de las clases resultantes para cada índice.

Tabla 1. Clases resultantes para el índice HHD

Headway Regularity		Class	Number of drivers	Regularity Index
	(-)	3	244(22%)	[-0.5; -0.23)
↓		2	129(11%)	[-0.23; -0.05)
	(+)	1	233(21%)	[-0.05; 0.12)
↑		2	241(21%)	[0.12; 0.23)
	(-)	3	310(27%)	[0.23; 0.50]

Tabla 2. Clases resultantes para los índices HHDS, ASH y SHD

Headway Regularity		Class	HHDS		ASH		SHD	
			Number of drivers	Regularity Index	Number of drivers	Regularity Index	Number of drivers	Regularity Index
↑	(+)	1	186(16%)	[0.00; 0.06)	172(15%)	[0.0; 6.0)	171(15%)	[0.00; 3,45)
		2	181(16%)	[0.06; 0.13)	178(13%)	[6.0; 26.5)	131(11%)	[3.45; 7.55)
		3	207(18%)	[0.13; 0.19)	244(21%)	[26.5; 52.5)	311(27%)	[7.55; 14.5)
		4	243(21%)	[0.19; 0.22)	286(25%)	[52.5; 81.0)	215(19%)	[14,5; 22.5)
	(-)	5	340(29%)	[0.22; 0.25)	277(24%)	[81 ≤)	329(28%)	[22,5 ≤)

El HHD es el único índice propuesto que puede tomar valores positivos y negativos, donde los valores positivos se asocian con conductores que tienden a agruparse con el bus siguiente y los valores negativos con el bus precedente. Estas cinco clases pueden

agruparse en tres clases principales. La Clase 1 (más regular) corresponde a aquellos conductores con un valor de HHD cercano a cero (valores de HHD entre -0.09 y 0.10) y representa el 19% de los conductores de la muestra. La Clase 3 representa a los conductores irregulares con valores de HHD cercanos a -0.5 o 0.5, lo que a veces provoca la acumulación de buses durante el recorrido. El 47% de los conductores fueron clasificados en esta clase, con un 21% que tiende a conducir más cerca del bus precedente (valores negativos) y un 26% más cerca del bus siguiente (valores positivos). Finalmente, el 34% de los conductores presentan un comportamiento mixto entre muy regular y poco o nada regular (Clase 2), con un 13% en el rango negativo (entre -0.28 y -0.09) y un 21% en el rango positivo (entre 0.10 y 0.26).

Los resultados obtenidos para el índice HHDS, que tampoco considera el intervalo programado *T*, muestran resultados comparables con el índice HHD. Para el índice HHDS, el 17% de los conductores son clasificados como conductores regulares, similar al 19% en el caso del HHD. Lo mismo ocurre con las clases irregulares (4 y 5), que agrupan al 49% de los conductores, en comparación con el 47% en el caso del índice HHD.

Al analizar las clases resultantes para los índices que sí consideran el intervalo programado T (índices ASH y SHD), se puede observar una clasificación similar en cuanto al porcentaje de conductores en cada clase. Para los conductores regulares (Clase 1), bajo el índice ASH, el 15% de los conductores pertenecen a esta clase, en comparación con el 12% en el caso del SHD. El 24% y el 29% de los conductores de la muestra se clasifican como irregulares (Clase 5), según los índices ASH y SHD, respectivamente. Al comparar estos porcentajes con los obtenidos con los índices HHD y HHDS, se observa un patrón similar que resalta la consistencia entre los cuatro índices.

Un análisis más detallado de la clasificación obtenida muestra que, del total de conductores clasificados como regulares por cualquiera de los índices, el 93% permanecen en esta categoría sin importar el índice. En otras palabras, son clasificados en la Clase 1 para todos los índices. Del 7% que cambia de clase, un 3.5% se desplaza a la siguiente clase, mientras que el 3.5% restante pasa a clases de baja regularidad como las clases 4 y 5 (Clase 3 en el caso del HHD). En cuanto a los conductores menos regulares, el 88% permanece en esta clase independientemente del índice. Estos resultados vuelven a mostrar la consistencia en la clasificación obtenida, a pesar de utilizar diferentes índices para estimar el grado de regularidad.

Identificamos atributos significativos y explicativos para cada clase. Entre los principales atributos asociados al conductor que resultaron significativos para todas las clases e índices se encuentran la edad, los años de experiencia como conductor y los años de trabajo en la empresa. Estos atributos explican, por término medio, el 75% de la probabilidad de pertenecer a una clase determinada. Por otro lado, entre los atributos asociados a la operación, presentes en todas las clases se encuentran el número de servicios diarios y el periodo del día, que explican conjuntamente una media del 20%. Otros atributos significativos, aunque no para todas las clases ni para todos los índices, son el sexo, la edad del bus, el tipo de vía de circulación y si disponía de una herramienta de control de intervalos. En la Tabla 3 se muestra el peso relativo de los atributos que explican cada clase resultante del índice HHD.

Tabla 3. Importancia relativa de atributos para el índice HHD

Clase	VARIABLE								
	EDAD	**Experiencia**	**Años en la empresa**	**# de servicios por día**	**SEXO**	**Tipo de carril**	**Periodo del día**	**Tipo de bus**	**Tiene consola**
1	44,4%	18,9%	14,5%	12,4%	2,7%		4,7%	1,5%	0,9%
2	42,7%	21,3%	9,6%	16,4%			10,0%		
2	28,7%	36,9%	24,5%	2,3%		2,6%	4,1%		0,9%
3	33,5%	34,7%	20,3%	10,3%			0,3%	0,9%	
3	34,8%	16,3%	21,5%	16,3%	4,1%		5,1%	1,9%	

La Tabla 4 presenta los resultados obtenidos para los conductores regulares (Clase 1) según el índice HHDS. En la Tabla 4 se muestran los valores de β o coeficientes de regresión, que indican la dirección y magnitud del efecto sobre la probabilidad de éxito en la variable dependiente. Un coeficiente positivo indica que la probabilidad de éxito aumenta a medida que la variable independiente (atributo) se incrementa, mientras que un coeficiente negativo indica lo contrario. El valor p asociado con la estadística de prueba (estadístico de Wald) indica la probabilidad de observar ese resultado si la hipótesis nula fuera verdadera; por lo tanto, un valor p pequeño (menor a 0.05) sugiere que el coeficiente es significativamente diferente de cero y, en consecuencia, que la variable es significativa en el modelo. Para facilitar la lectura, las variables significativas se resaltaron en rojo.

Además de los valores p, es esencial examinar los intervalos de confianza alrededor de los coeficientes de regresión. Los intervalos de confianza (IC) indican el rango plausible de valores para los coeficientes. Si un intervalo de confianza no incluye el valor cero, esto sugiere que la variable es significativa.

A partir de los resultados presentados en la Tabla 4, se puede observar que, para la clase de conductores regulares bajo el índice HHDS, los atributos más significativos asociados al conductor son la edad, el sexo, la experiencia como conductor de bus y la antigüedad en la empresa. Entre los atributos relacionados con la operación, los más importantes son el tipo de bus, el periodo del día, el número de servicios por día y el tipo de carril utilizado con mayor frecuencia.

El mismo procedimiento se aplicó a cada clase resultante de cada índice, obteniendo que, entre los atributos asociados al conductor, los que resultaron significativos en todas las clases fueron la edad, la experiencia como conductor y el número de años trabajando en la empresa. De igual manera, entre los atributos asociados a la operación, el número de servicios por día fue significativo para todas las clases e índices.

Tabla 4. HHDS resultados de la regresión – Clase de conductores regular

Variable	Coeficient(β)	Std. Error	Wald	p-Value	CI 95% to Exp(β)	
					Lower	Upper
Constant	0.452	0.452	13.079	0.001	1.011	1.237
Age	0.717	0.321	10.515	0.001	1.099	1.189
Sex	0.08	0.481	11.457	0.000	0.897	1.104
Experience	0.236	0.176	10.542	0.003	0.946	1.452
Years with the company	0.747	0.076	8.988	0.000	1.699	2.735
Nationality	-0.563	0.072	6.689	0.089	-0.532	0.616
Bus type	0.237	0.015	10.899	0.017	0.253	0.337
Bus age	-0.895	0.182	5.283	0.097	-0.371	0.455
Has HRT* console	-0.059	0.663	7.309	0.124	-0.530	1.266
Marital Status	-1.237	0.573	7.441	0.236	-0.253	0.337
Period of the day	0.360	0.509	14.079	0.045	0.089	0.114
Number of services per day	0.206	0.891	13.346	0.008	0.133	0.903
Main commune of circulation	-2.311	0.296	8.081	0.062	-0.035	0.145
Kind of Traffic lane	0.755	0.503	11.921	0.002	1.715	2.751

5. CONCLUSIONES E INVESTIGACIONES FUTURAS

Identificamos atributos significativos y explicativos para cada clase. Entre los principales atributos asociados al conductor, que resultaron significativos para todas las clases e índices, se encuentran la edad, los años de experiencia como conductor y los años de trabajo en la empresa. Estos atributos explican, en promedio, el 75% de la probabilidad de pertenecer a una clase determinada. Por otra parte, entre los atributos asociados a la operación, presentes en todas las clases, están el número de servicios por día y el periodo del día, los cuales en conjunto explican un promedio del 20%. Otros atributos significativos, aunque no en todas las clases o índices, son el sexo, la antigüedad del bus, el tipo de carril y si contaba con la herramienta de consola de regularidad de intervalos.

Este trabajo muestra que disponer de un índice a nivel de conductor, servicio y periodo del día permite comparar el rendimiento entre conductores y servicios o identificar diferencias por periodos del día. Asimismo, puede ser utilizado en procesos de reclutamiento, selección y formación de conductores de bus, ya que permitiría, a partir de un conjunto de atributos específicos del conductor, estimar su comportamiento al volante con antelación. Incluso podría utilizarse para evaluar la conveniencia o no de asignar conductores a un servicio concreto en función de las características particulares de la operación.

El principal desafío para llevar a cabo este tipo de clasificación y caracterización de los conductores es contar con información debidamente registrada e histórica sobre los servicios realizados por cada conductor, así como las características de cada uno de ellos. Incluso cuando esta información está disponible en las empresas de buses, en muchos casos, se encuentra desagregada en diferentes bases de datos, adoleciendo de consolidación y organización. En futuras investigaciones, proponemos aplicar los índices a conductores de bus de otras ciudades y analizar su similitud en función del contexto.

Además, a partir de los índices propuestos, sería interesante estudiar el impacto en el funcionamiento de un sistema de transporte que funciona con buses si se asignan conductores para operar servicios en función de sus características de regularidad.

REFERENCIAS

Beltrán, P., Gschwender, A., & Palma, C. (2013). The impact of compliance measures on the operation of a bus system: the case of Transantiago. Research in Transportation Economics, 39(1), 79-89.

Bouhsissin, S., Sael, N., & Benabbou, F. (2023). Driver Behavior Classification: A Systematic Literature Review. IEEE Access

D'Souza, K. A., & Maheshwari, S. K. (2012). Multivariate statistical analysis of public transit bus driver distraction. Journal of Public Transportation, 15(3), 1.

Ellison, A.B., Greaves, S.P., & Bliemer, M.C.J. (2013). Examining Heterogeneity of Driver Behavior Using Temporal and Spatial Factors. Transp. Res. Rec. 2386, 158–167. doi:http://dx.doi.org/10.3141/2386-18

Ericsson, E. (2005). Independent driving pattern factors and their influence on fuel-use and exhaust emission factors. Journal of Transportation Research Part D, 325 - 345.

Godachevich, J., & Tirachini, A. (2020). Does the measured performance of bus operators depend on the index chosen to assess reliability in contracts? An analysis of bus headway variability. Research in Transportation Economics, 101000

Ivancevich, J. M., Konopaske, R., & Matteson, M. T. (2005). Individual Differences and Work Behaviour, McGraw Hill.

Martinelli, F., Mercaldo, F., Nardone, V., Orlando, A., & Santone, A. (2018, January). Cluster analysis for driver aggressiveness identification. In ICISSP (pp. 562-569).

Martínez-Estupiñan, Y., Delgado, F., Muñoz, J. C., & Watkins, K. E. (2023a). Understanding what elements influence a bus driver to use headway regularity tools: case study of Santiago public transit system. Transportmetrica A: transport science, 19(2), 2025950.

Martinez-Estupiñan, Y., Delgado, F., Muñoz, J. C., & Watkins, K. E. (2023b). Improving the performance of headway control tools by using individual driving speed data. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 174, 103761.

Osuna, E. E., & Newell, G. F. (1972). Control strategies for an idealized bus system. Transportation Science, 6(1), 52–71.

Rohani, M., Felstead, T. & Mcdonald, M. (2010). Bus Speed, Acceleration and Accelerator Pedal Position Behaviour at Signalised Intersection. In:GEOTROPIKA 2010, Sabah Malaysia. Universiti Teknologi Malaysia.

Tao, D., Zhang, R., & Qu, X. (2017). The role of personality traits and driving experience in self-reported risky driving behaviors and accident risk among Chinese drivers. Accident Analysis and Prevention, 99, 228–235. https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.12.009

Wishart, D., Davey, J., Freeman, J., & Rowland, B. (2009). Identifying Influences of Driving Behaviour: Could the Australian Work Driving Setting be Unique. In: Driving Assessment 2009: 5t International Driving Symposium on Human Factors in Driving Assessment, Training and Vehicle Design, Big Sky MT.

ANÁLISE DE POLÍTICA PÚBLICA DE MOBILIDADE SOBRE A DEMANDA DE PASSAGEIROS: SUBSÍDIO TARIFÁRIO AO SISTEMA DE CATAMARÃS – NITERÓI/RJ, BRASIL

DSc. Ivanice Schütz
Secretaria de Mobilidade e Infraestrutura – Niterói, RJ, Brasil, ivanice.schutz@terra.com.br

MSc. Fernanda de Souza Mezzavilla
Secretaria de Mobilidade e Infraestrutura – Niterói, RJ, Brasil, mezzavilla.arq@gmail.com

Geógrafo Jorge Vinicius Barcellos de Moraes
Secretaria de Mobilidade e Infraestrutura – Niterói, RJ, Brasil, barcellosjorge91@gmail.com

João Victor Holanda
Secretaria de Mobilidade e Infraestrutura – Niterói, RJ, Brasil, jv.holanda95@gmail.com

Mariel Ferreira Miranda
Secretaria de Mobilidade e Infraestrutura – Niterói, RJ, Brasil,
miranda.marielferreiramiranda@gmail.com

RESUMO

Este artigo tem por objetivo analisar as repercussões da implantação de Política Pública instituída no Município de Niterói/RJ, através da implementação de subsídio tarifário para as viagens realizadas com o uso do sistema aquaviário de barcas e catamarãs, regulamentado pelo Estado do RJ. Sob a ótica da elasticidade demanda-tarifa, somada à avaliação dos usuários frente à redução tarifária nas passagens, mensurou-se a variação quantitativa de passageiros comparativamente à situação anterior, com o diagnóstico do perfil da demanda de transporte e sua percepção quanto à medida adotada.

Para esta implantação foi determinada a elasticidade demanda-tarifa, sendo que os valores encontrados possibilitaram confirmar que a demanda do transporte coletivo urbano é sensível às variações de tarifa, e que políticas públicas de redução do nível tarifário podem aliar melhorias aos usuários, sem, necessariamente, implicar em redução da receita do sistema.

A Política Pública de subsídio tarifário implementada pela Prefeitura de Niterói em Convênio Metropolitano estabelecido com o Governo do Estado do Rio de Janeiro demonstra o potencial deste tipo de parceria institucional como forma de incrementar demandas de transporte público, corroborando com a mobilidade urbana sustentável, e qualificação de vida nas cidades.

1. INTRODUÇÃO

Niterói é uma cidade localizada no leste fluminense com uma população de 481.749 habitantes. O município possui relevada importância para a região metropolitana do Rio de Janeiro, tendo um território de 133,757 km^2, cuja área urbana triplicou seu tamanho em pouco menos de 40 anos. Esse processo de espraiamento, impulsionado pelo automóvel, tem corroborado para produção de serviços de transporte coletivo cada vez mais caros em sua operação, e menos atrativos para os usuários. Em contrapartida, automóveis e motocicletas têm se apresentado como alternativas aparentemente mais vantajosas e oportunas para as pessoas.

Neste cenário, Niterói vem experimentando um intenso processo de queda no número de passageiros do transporte coletivo, apresentando de 2012 a 2019, um decréscimo de 13% nas viagens por ônibus. Para esta mesma época, no entanto, verificou-se um aumento significativo de 10% na motorização do município, em um cenário de decréscimo populacional de 1,19% (IBGE, 2022).

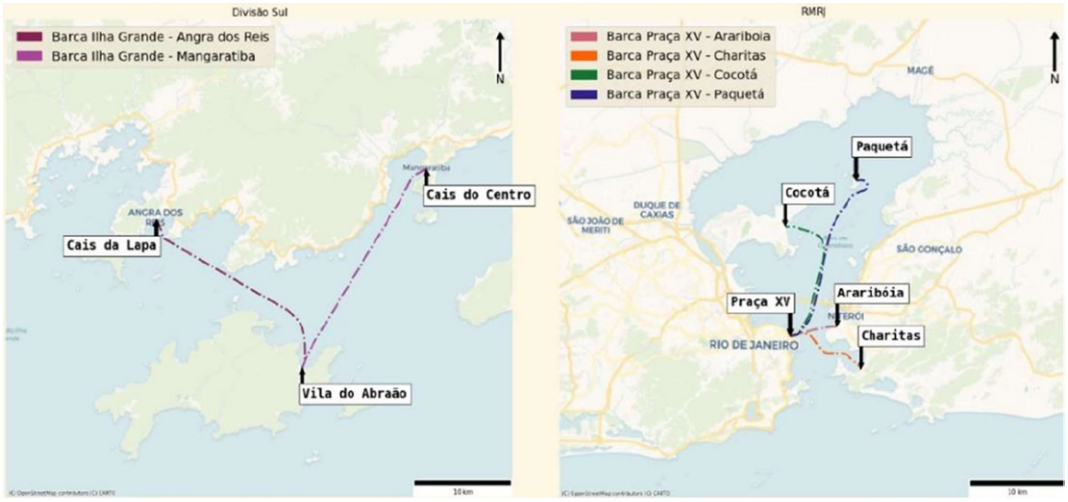
Todos estes aspectos, somados aos impactos advindos da Pandemia têm concorrido em severas consequências à produtividade da cidade e às condiçoes de sustentabilidade do ambiente urbano, o que tem imputado à Administração Pública de Niterói posicionar-se enquanto Agente de enfrentamento ao cenário estabelecido.

Dentre as ações promulgadas, políticas públicas municipais têm se destacado, tratando-se de apresentar neste artigo, a política de subsídio tarifário implementada pela Prefeitura de Niterói/RJ e direcionada ao Sistema Público de Transporte Aquaviário do Estado do Rio de Janeiro (SPTA), considerando seus aspectos técnicos, econômicos e sociais, como elemento potencial na geração de impactos positivos no acréscimo da demanda de transporte que utiliza o sistema de catamarãs para a realização de suas viagens diárias.

1.1 Características do Sistema Aquaviário

O sistema aquaviário é composto atualmente por 6 (seis) linhas aquaviárias em operação, sendo 4 (quatro) delas na Baía da Guanabara e 2 (duas) na Baía da Ilha Grande (Figura 1). As linhas que atendem a cidade de Niterói são: Linha Praça XV x Praça Araribóia e Linha Praça XV x Charitas. A linha social, Praça XV x Praça Araribóia, utiliza barcas com maiores capacidades, com partidas da área central da cidade de Niterói onde é possível integrar com outros modos de transporte facilitando os movimentos metropolitanos. A linha Praça XV/Charitas está localizada no perímetro do centro expandido, e utiliza catamarãs para realização das viagens, integrando as viagens internas do município à capital.

Figura1: Mapa das linhas aquaviárias do Rio de Janeiro



1.2 Linha Praça XV-Charitas

A linha Praça XV-Charitas era operada de forma seletiva, contudo, em 2018, a Assembleia Legislativa do Estado do Rio de Janeiro (ALERJ) promulgou a Lei nº 8.037/2018, que tornou obrigatória a oferta de linhas sociais na prestação do SPTA Diante disto, A Prefeitura de Niterói em conjunto com o Governo do Estado do Rio de Janeiro, em março de 2025, possibilitou a redução da tarifa por meio de subsídio, onde o valor praticado de R$21,00 passou para R$7,70. Após 06 (seis) meses de operação com o valor reduzido, foi realizada pesquisa de avaliação aplicada a usuários da linha de catamarãs - Charitas, com foco na interpretação dos dados levantados frente à política pública de transporte coletivo implementada pelo município.

2. METODOLOGIA

A potencialidade da adoção de política de subsídio tarifário foi analisada segundo a verificação da elasticidade demanda e preço, conjugada à realização de uma pesquisa aplicada junto aos usuários dos catamarãs. Mediante estas diretrizes metodológicas expressas pela pesquisa quantitativa realizada, tomando-se referências técnicas na escala de Likert para avaliação dos atributos de serviço, e ainda, o levantamento indireto em bibliografias orientativas quanto à análise de sensibilidade da demanda de transporte público frente a mudanças tarifárias, com base em teoria de regressão linear, foi possível traçar-se inferências sobre a prática adotada, em casos de cidades de médio porte, com características semelhantes a Niterói.

2.1 Referencial Teórico

A teoria da regressão linear é amplamente utilizada no setor de transporte público como uma ferramenta estatística para modelar, analisar e prever a demanda, o desempenho e a qualidade dos serviços. Ela permite entender como diferentes variáveis independentes (conhecidas) influenciam uma variável dependente (desconhecida ou

a ser prevista), como o número de passageiros ou a eficiência operacional (Santos, Ribeiro e outros, 2012). De posse das variações obtidas, buscou-se concluir pela potencialidade da medida adotada, examinando-se o grau de elasticidade resultante, e consequentemente, a relação direta da redução tarifária com o aumento da demanda.

A pesquisa de identificação e opinião do sistema de catamarãs aplicada aos usuários complementou a avaliação dos serviços prestados, inferindo a análise para o período pós implementação da política de subsídios adotada. A metodologia utilizada para isto esteve baseada na teoria da Escala de Likert, a qual se compõe de avaliação dos atributos dos serviços de transporte público, medidos com gradação entre: muito bom, bom, regular, ruim e muito ruim. Para uma efetiva comparação, em cunho quantitativo, faz-se necessário tornar-se estas variáveis não paramétricas em paramétricas, de modo a inferir com maior precisão, a distribuição dos valores verificados na pesquisa realizada. A cada variável atribuiu-se valores de: 5=Muito Bom, 4= Bom, 3= Regular, 2= Ruim, 1= Muito Ruim.

2.2 Pesquisa de Campo

Para o levantamento de informações definiu-se como metodologia para a coleta de dados, a realização de uma pesquisa quantitativa aleatória, cujo tamanho da amostra determinou a aplicação de 365 questionários, contendo 19 (dezenove) perguntas fechadas e 01 (uma) pergunta aberta. Os questionários foram aplicados dentro da estação, durante todo o período de operação dos catamarãs, no sentido Charitas-Praça XV, no momento de espera do embarque dos passageiros. Para a aplicação individual da pesquisa, a abordagem seguiu aleatoriedade atribuída a grupos heterogêneos de usuários (sexo, idade, raça, etc.), abordando-se os passageiros de forma não sequenciada. Esta *Amostra* obteve aproximadamente 359–365 respostas válidas (valores reportados no questionário), o que garantiu um nível de confiança de 95% para uma margem de erro de 5%, considerando-se um universo de 7.000/8000 usuários/dia.

2.2.1 Dados obtidos

2.2.1.1 Perfil dos respondentes

Em relação ao sexo, observou-se uma distribuição equilibrada no universo da pesquisa, sendo que dos 365 respondentes, 187 (cento e oitenta e sete) são homens, e 178 (cento e setenta e oito) são mulheres. Quanto ao nível de escolaridade, verificou-se que a maioria possuía ensino superior completo, totalizando 296 (duzentos e noventa e seis) indivíduos; 51 (cinquenta e um) participantes possuíam ensino médio, enquanto 17 (dezessete) declararam ter concluído cursos de pós-graduação, mestrado ou doutorado.

2.2.1.2 Padrões de uso e motivos de viagem

A verificação dos dados quanto à frequência de uso do serviço de catamarãs indicou que, considerando o universo de respondentes, 5% deles, utilizam o serviço raramente; 10% utilizam duas vezes por semana; 33% utilizam entre três e quatro vezes por semana; e 48% utilizam cinco ou mais vezes por semana. Em síntese, aproximadamente 81% (oitenta e um) dos usuários faz uso do catamarã com frequência semanal elevada.

Quanto aos principais motivos de viagem, a maioria das respostas está relacionada ao deslocamento ao trabalho, totalizando 86,84%, em seguida, estudo e lazer com 8,5% e 9,3% respectivamente.

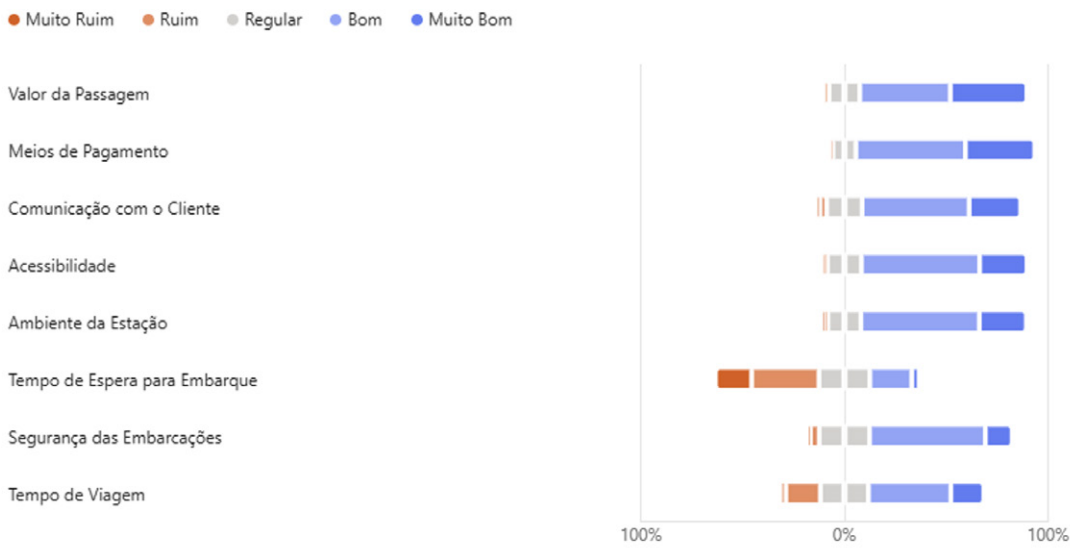
2.2.1.3 Tarifas, subsídios e influência na escolha modal/Conhecimento sobre o desconto ou tarifa subsidiada

Verificando os dados tabulados, observou-se que uma parcela significativa dos respondentes possuía conhecimento sobre a existência de descontos ou tarifas subsidiadas no sistema de transporte analisado. Houve predominância de respostas afirmativas, sendo que 95% dos participantes responderam "sim", enquanto apenas 5% responderam "não", evidenciando ampla conscientização acerca da política de subsídio tarifário.

Nesse sentido, entre os participantes que declararam conhecer o desconto ou a tarifa subsidiada, observou-se que esse fator exerceu influência significativa na escolha do modo de transporte. Dos respondentes, 69% afirmaram que o subsídio foi determinante em sua decisão, enquanto 31% relataram não terem sido influenciados por esse aspecto.

2.2.1.4 Nível de Satisfação e avaliação operacional

A pesquisa de nível de satisfação indica elevado nível de recomendação do serviço, com 99% afirmando que recomendariam o transporte, e apenas 1% manifestaram que não o fariam. Esse resultado demonstra ampla maioria de aprovação por parte dos usuários. Foram analisados diversos aspectos do serviço, incluindo valor da passagem, meios de pagamento, comunicação, acessibilidade, ambiente da estação, tempo de espera, segurança e tempo de viagem. Observou-se variação nas avaliações entre os diferentes itens, contudo, os fatores "tempo de viagem", "segurança" e "localização" destacaram-se como pontos fracos, com destaque para o tempo de espera, conforme pode ser observado no gráfico a seguir:



Autor: SEMOBI - Secretaria de Mobilidade e Infraestrutura - Niterói/RJ – 2025

2.2.2 Principais Resultados da Pesquisa de Campo

A partir dos dados coletados e da análise procedida foi possível traçar-se uma análise global sobre os serviços que vêm sendo prestados, com a explicitação dos principais problemas encontrados, quais sejam:

– identifica-se como principal gargalo, a limitação da oferta horária e da frequência das viagens, bem como a necessidade de aprimorar a integração de horários e modais, de forma a otimizar o deslocamento dos passageiros e aumentar a eficiência do sistema de transporte como um todo.

Sobre os Espaços críticos identificados – especificamente sobre o Intervalo de operação 12:00h às 16:30h (das doze horas às dezesseis horas e trinta minutos) tem-se a elencar que a interrupção afeta, de maneira mais intensa, trabalhadoras e trabalhadores com jornadas intermitentes, estudantes e pessoas que realizam deslocamentos fora dos horários de pico, reduzindo a previsibilidade e a continuidade do serviço ao longo do dia.

Autor: SEMOBI - Secretaria de Mobilidade e Infraestrutura - Niterói/RJ - 2025

Embora o subsídio tarifário seja amplamente conhecido pelos usuários, ainda há oportunidades para aprimorar a comunicação institucional sobre o benefício e suas condições de uso. Além disso, foram mencionadas a necessidade de modernizar e diversificar os meios de pagamento e de aprofundar a integração tarifária com os sistemas de ônibus e de barcas, garantindo maior fluidez entre os diferentes modos de transporte. As pessoas respondentes registraram a necessidade de melhorias relacionadas à acessibilidade, ao conforto e à manutenção geral das estações. Entre as demandas, destacam-se adaptações para atender adequadamente pessoas com mobilidade reduzida, bem como a qualificação dos espaços de espera e circulação. A infraestrutura destinada às bicicletas, assim como a segurança nos acessos às estações, foi apontada como um ponto sensível. O fortalecimento dessas conexões tem potencial para favorecer a mobilidade ativa e a redução da dependência do transporte motorizado individual.

2.3 Análise da Elasticidade - Relação Preço x Demanda

Após os resultados de que aproximadamente 51% dos entrevistados durante a pesquisa disseram ser novos usuários, buscou-se analisar a relação Preço x Demanda para

entender e estimar o comportamento futuro da demanda deste modal analisado. Para isso, utilizou-se a teoria de regressão linear para investigar a repercussão da redução tarifária de R$21,00 para R$7,70 sobre a demanda de passageiros. Além disso, também foi construída uma equação para verificar se existia elasticidade na relação preço x demanda de usuários.

2.3.1 Regressão Linear

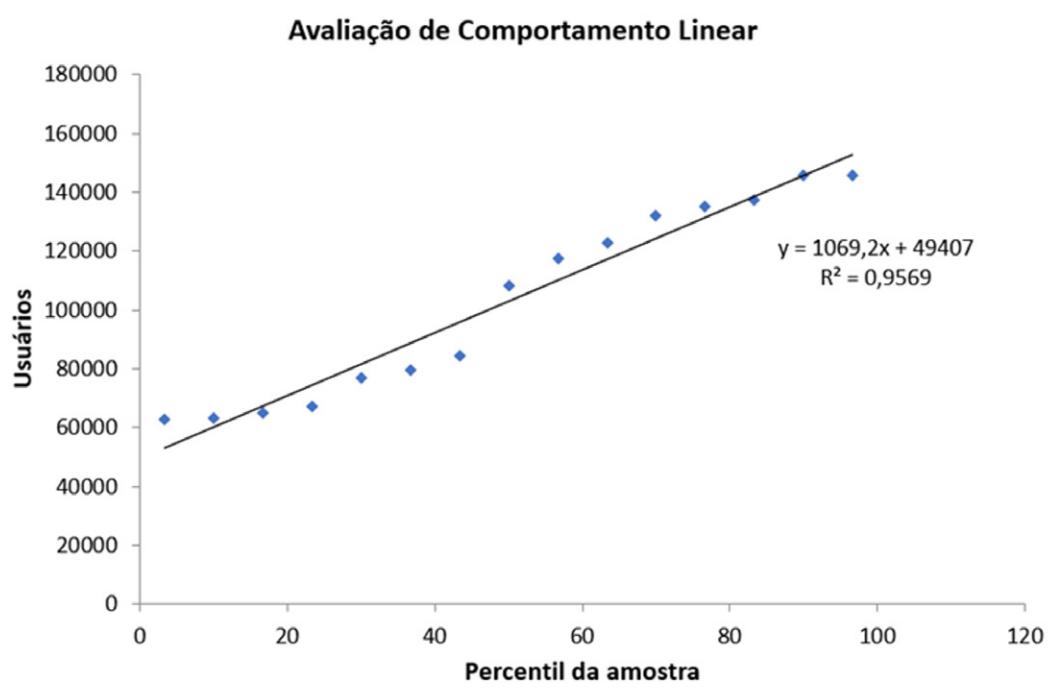
Com os quantitativos de passageiros por mês fornecidos pelo Consórcio Barcas Rio, selecionou-se os meses de agosto de 2024 até outubro de 2025 como forma de criar um panorama geral do comportamento da demanda antes, durante e depois da redução tarifária. Os dados encontram-se a seguir:

Quantitativo de Usuários do Catamarã Charitas		
X^1	**X^2**	**Y**
Mês/Ano	**Tarifa**	**Usuários**
ago/24	21,00	79.719
set/24	21,00	76.680
out/24	21,00	84.357
nov/24	21,00	62.958
dez/24	21,00	62.745
jan/25	21,00	67.046
fev/25	21,00	65.000
mar/25	7,70	108.249
abr/25	7,70	117.642
mai/25	7,70	132.003
jun/25	7,70	122.843
jul/25	7,70	135.164
ago/25	7,70	137.480
set/25	7,70	145.531
out/25	7,70	145.615

Nessa tabela foram classificados como X^1 e X^2, o mês e a tarifa, representando as variáveis independentes, e o quantitativo de usuários sendo Y, a variável dependente. Com isso, calculou-se que a tarifa tem um impacto de 90% na evolução da demanda. A seguir estão as estatísticas da regressão, onde R^2 (R-Quadrado) representa o quanto X^1 e X^2 impactam Y:

Estatística de Regressão	
R múltiplo	0,949033923
R-Quadrado	0,900665387
R-quadrado ajustado	0,884109618
Erro padrão	11093,84807

Com os dados gerados pela equação de regressão, criou-se um gráfico com a previsão do comportamento da demanda para avaliar a existência de uma linearidade, a qual comprovaria a relação direta entre a redução tarifária e o aumento do número de usuários. Isto foi comprovado, conforme pode-se observar no gráfico a seguir:



Além de evidenciar uma correlação direta entre preço e demanda, a projeção do gráfico também mostra um aumento nessa correlação, exposto no valor de R^2, com valores que subiram de 90% para 95%. Esta é a tendência futura, onde reduções tarifárias indicam cada vez maiores quantitativos de demanda a serem transportadas, considerando-se que não haja fatores externos não previsíveis.

2.3.2 Elasticidade Preço x Demanda

O conceito de "elasticidade" no contexto estudado representa o estado onde uma mudança em uma variável x gera uma mudança desproporcional na variável y. Assim, o objetivo com a definição da equação foi investigar se o percentual de aumento da demanda superaria a redução da tarifa. A equação de elasticidade é:

$$E = \frac{\%\Delta Q}{\%\Delta P}$$

E: Elasticidade Q: Quantitativo de Usuários P: Preço da Tarifa

Para calcular $\%\Delta Q$ (Percentual de Variação do Quantitativo de Usuários), determinou-se a média mensal do período com a tarifa a R$21,00 (71.200 usuários), e a média mensal da tarifa a R$7,70 (130.600 usuários).

Já para $\%\Delta P$, apenas inseriu-se as tarifas correspondentes. As fórmulas utilizadas foram as seguintes:

$$\frac{(Q_{novo} - Q_{antigo})}{Q_{antigo}} \cdot 100 \qquad \frac{(P_{novo} - P_{antigo})}{P_{antigo}} \cdot 100$$

Com esses resultados, foi possível realizar o cálculo para verificação da presença de um regime elástico na relação preço x demanda, conforme exposto na equação abaixo:

$$\%\Delta Q = (130600 - 71200) / 71200 = +83,5\%$$

$$\%\Delta P = (7,70 - 21,00) / 21,00 = -63,3\%$$

$$E \approx \frac{+83,5\%}{-63,3\%} = -1,32$$

Elasticidade ≈ –1,3, ou seja:

A demanda é elástica, pois uma redução de 1% no preço gera um aumento de cerca de 1,3% na quantidade de passageiros. Ao comparar esses resultados com o que se observou no levantamento realizado, é possível não só confirmar uma relação direta da redução tarifária com o aumento de demanda, como também aferir um percentual de aumento de demanda que supera (83,5%) a diminuição da tarifa (63,3%).

Esta situação corrobora com maior receita para o sistema, considerando-se o aumento de usuários diários transportados. Obviamente, as condições da prestação dos serviços devem manter o padrão de atendimento eficaz, conforme as necessidades dos passageiros, e de acordo com a avaliação dos atributos captada na pesquisa.

3. CONCLUSÕES

A análise dos dados demonstra que o serviço de transporte hidroviário por meio de catamarãs exerce função central nos deslocamentos diários, sobretudo aqueles associados às atividades laborais. Evidencia-se que a existência de políticas de subsídio governamental e a localização estratégica dos terminais constituem fatores determinantes para a escolha desse modo de transporte por parte dos usuários, ao reduzir custos individuais e facilitar o acesso ao sistema. Por meio da implementação realizada em município de médio porte brasileiro, os resultados indicaram que o tempo de espera, tempo de deslocamento, e segurança são os aspectos que mais influenciam na qualidade dos serviços na avaliação dos usuários. Espera-se que os resultados obtidos possam ser utilizados pelos gestores, concessionários e agentes públicos para aprimorar a qualidade dos serviços prestados e as condições de transporte por catamarãs no município de Niterói/RJ. Os resultados obtidos ensejam que:

A política da concessão de subsídios tarifários nos serviços públicos do transporte coletivo urbano de passageiros em Niterói/RJ é capaz de potencializar o aumento de demandas de transporte, com base na verificação dos impactos observados pelo acréscimo de passageiros pós-implantação da medida;

a política adotada gerou impacto positivo sendo elemento importante na distribuição equitativa de direitos da população. Com a adoção da tarifa reduzida foi permitido que novos usuários passassem a utilizar o sistema de catamarãs, economizando parte significativa de seus orçamentos com o item “transporte”, configurando-se assim, o panorama de uma metrópole mais justa e igualitária, com melhores condições de vida para seus habitantes;

Os efeitos positivos observados são indicados não apenas para garantir a modicidade tarifária, mas também, como incentivo ao uso do transporte coletivo e promoção da mobilidade urbana sustentável. No exame discreto das condições de tráfego em vias estruturantes da cidade, com base em dados da pesquisa efetuada, verificou-se que cerca de 630 (seiscentos e trinta) automóveis, em horários de pico, deixaram de realizar seus deslocamentos por transporte individual (automóveis), contribuindo assim com a diminuição de congestionamentos, menores tempos de viagens e variações no nível de serviço das avenidas impactadas. A partir disto, verifica-se que houve repercussão na contribuição à sustentabilidade ambiental, resultado da diminuição de autos, e em consequência, redução da emissão de poluentes.

BIBLIOGRAFIA

Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ. Relatórios Anuais de Transporte Aquaviário.

Barreto, F. E. P. (2013). Análise de políticas tarifárias do transporte público do município de Fortaleza sob a ótica da elasticidade demanda-tarifa. Repositório UFC. repositorio.ufc.br

Carvalho, C. H. R. (2017). Impactos do valor das tarifas na demanda por transporte público. X Congresso Brasileiro de Regulação – ABAR, 27–29 setembro 2017, Florianópolis/SC.

Carvalho, C. H. R., R. H. M. Pereira (2011). Efeitos da variação da tarifa e da renda da população sobre a demanda de transporte público coletivo urbano no Brasil. Econstor.eu

Dalmoro, M., K. M. Vieira (2013). Dilemas na construção de escalas tipo Likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados? RGO – Revista Gestão Organizacional, 6 (Edição Especial).

Nunes Bequimam, L. (2024). Transporte Aquaviário: Avaliação de uma nova alternativa de mobilidade interurbana Palmas-TO / Porto Nacional-TO.

Rabay, L., N. P. Andrade (2019). O uso de diferentes valores de tarifa como estratégia de transferência de demanda em sistemas de transporte público urbano. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana. SciELO Brasil.

Santos S. Filho, M. T., D. A. Assis (s.d.). Emprego da regressão linear múltipla e da análise dos quartis na identificação de fatores que impactam na qualidade dos serviços de transporte público por ônibus.

Secretaria de Transportes do Estado do RJ – SETRANS; UFRJ (2024). Estudo de Viabilidade Técnico-Econômico-Financeiro – Sistema Aquaviário RJ.

Secretaria de Transportes do Estado do RJ – SETRANS (2024). Termo de Referência – Edital de Concessão do Sistema de Transporte Aquaviário RJ. Superintendência de Mobilidade Urbana.

Vasconcelos, A. B. L. de, F. M. de Oliveira Neto (2025). Efeitos socioespaciais e temporais na elasticidade da demanda por ônibus em Fortaleza. Transportes.anpet.emnuvens.com.br

CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE MATRICES URBANAS DE VIAJE CON BIG DATA Y ENCUESTAS ORIGEN-DESTINO: EL CASO DE NAYARIT, MÉXICO

Ing. Luis Eduardo González Sanguino
Grupo Cal y Mayor y Asociados, Ciudad de México, México
lgonzalezs@grupocalymayor.com

RESUMEN

El presente trabajo describe la construcción y validación de matrices urbanas de viaje mediante la integración de Big Data y encuestas origen-destino (EOD), aplicadas en los municipios de Tepic y Bahía de Banderas, Nayarit. Este enfoque mixto permite obtener una representación más completa de los patrones de movilidad y de la interacción espacial de los viajes urbanos. La metodología combina fuentes primarias y secundarias para estimar con mayor precisión la distribución de viajes diarios, constituyendo un insumo fundamental para la planeación y el modelado del transporte público.

Los resultados permiten identificar patrones de viaje, contribuyendo a la formulación de estrategias de movilidad sustentable en ciudades intermedias. Se demuestra que la integración de datos masivos con levantamientos en campo mejora la calidad estadística y espacial de las matrices, reduce la incertidumbre en la planeación y optimiza los procesos de diseño de redes de transporte.

Palabras clave: movilidad urbana, Big Data, encuestas origen-destino, matrices de viaje.

1. INTRODUCCIÓN

En México, la movilidad urbana se ha convertido en un eje prioritario de la política pública a partir de la entrada en vigor de la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial (2022). En este contexto, los municipios de Tepic y Bahía de Banderas representan un caso de estudio relevante debido a su crecimiento acelerado, la desarticulación del sistema de transporte público y la limitada disponibilidad de información actualizada para la planeación.

El sistema de transporte público en ambos municipios presenta sobreoferta en ciertos corredores, duplicidad de rutas y deficiencia en la infraestructura operativa. Además, la ausencia de bases de datos integradas y actualizadas ha dificultado la toma de decisiones basadas en evidencia.

El análisis realizado en este caso fue construir y validar matrices urbanas de viaje mediante la integración de encuestas origen-destino y Big Data, con el propósito de generar una matriz final que sea insumo para un modelo de transporte con estadísticos confiables. El enfoque metodológico permitió caracterizar la movilidad en Tepic y Bahía de Banderas y obtener una representación de los flujos diarios de viaje en sus zonas urbanas.

2. MARCO CONCEPTUAL Y ANTECEDENTES

Las matrices origen-destino constituyen una herramienta esencial en la planeación del transporte urbano, al representar el número de viajes que se generan en un origen y se dirigen hacia un destino determinado durante un periodo específico. Su elaboración tradicionalmente se basa en encuestas domiciliarias o encuestas a bordo, las cuales, aunque confiables, suelen implicar altos costos y largos tiempos de procesamiento.

En los últimos años, el uso de Big Data —proveniente de telefonía móvil, sensores GPS o aplicaciones de movilidad— ha permitido complementar y actualizar los análisis de movilidad urbana, proporcionando mayor resolución temporal y espacial. La integración de estas fuentes con encuestas en campo mejora la representatividad de las matrices y permite obtener un panorama más detallado de los patrones de viaje.

En ciudades intermedias como Tepic y Bahía de Banderas, donde los recursos para encuestas domiciliarias extensivas son limitados, esta combinación metodológica representa una alternativa viable y eficiente para fortalecer la planeación del transporte público y de la movilidad urbana.

3. METODOLOGÍA

3.1 Diseño general del estudio

El estudio se desarrolló en cuatro etapas principales:
1. Recopilación de información: obtención de datos primarios mediante encuestas origen-destino y levantamientos de campo, y secundarios mediante registros

administrativos y fuentes digitales.
2. Procesamiento de información: depuración, validación y estandarización de datos de viaje.
3. Construcción de matrices de viaje: integración de información tradicional y digital.
4. Verificación y análisis de consistencia: revisión estadística y espacial de los resultados.

3.2 Encuestas Origen–Destino (EOD)

Las encuestas EOD se aplicaron con el objetivo de caracterizar los patrones de movilidad de las personas usuarias del transporte público colectivo en Tepic y Bahía de Banderas. Se empleó un muestreo aleatorio simple, garantizando igualdad de probabilidad para todos los usuarios dentro del universo de estudio.

El formulario incluyó 15 preguntas agrupadas en seis secciones:

1. Identificación del punto de encuesta y datos operativos de la ruta.
2. Origen y destino del viaje.
3. Características del desplazamiento (motivo, tiempo y costo).
4. Cadena de viaje y modos utilizados.
5. Caracterización socioeconómica.
6. Evaluación del servicio.

Los datos obtenidos permitieron identificar los motivos de viaje predominantes (trabajo y compras), los principales modos de transporte (autobús y van), y las cadenas de viaje más frecuentes, donde la caminata se mantiene como el modo complementario dominante.

3.3 Fuentes Big Data

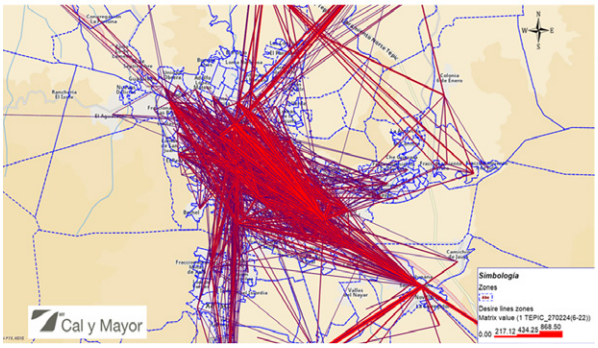
Se incorporaron fuentes digitales para complementar la información de campo, principalmente registros de localización anónima y bases de movilidad agregada. Los

datos se filtraron para eliminar sesgos y garantizar representatividad estadística frente al volumen poblacional de los municipios.

La información digital se desagregó en matrices preliminares de flujo, expresadas en pares origen-destino con base en zonas de transporte definidas previamente en el proyecto.

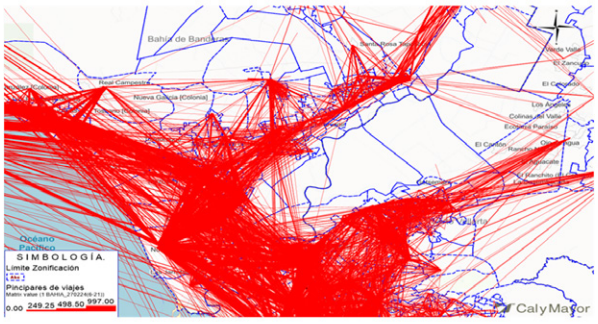
Totalidad de líneas de deseo

Principales líneas de deseo

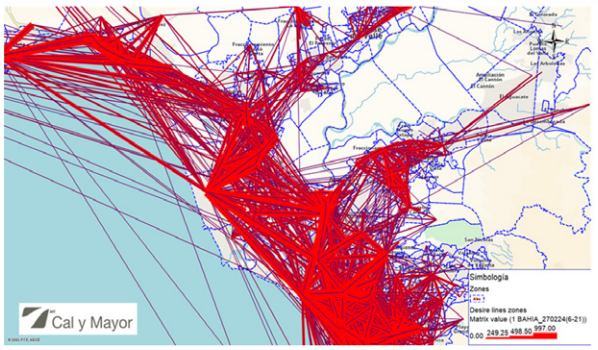


Viajes en transporte público durante la Hora de Máxima Demanda (HMD)

Totalidad de líneas de deseo



Principales líneas de deseo



Viajes en transporte público durante la Hora de Máxima Demanda (HMD)

3.4 Integración de fuentes

La integración se realizó mediante un proceso de fusión estadística y espacial. Las matrices derivadas de la EOD se tomaron como base de referencia, mientras que los datos de Big Data se emplearon para ajustar los volúmenes de viaje y completar pares origen-destino sin observación directa.

El procedimiento incluyó:

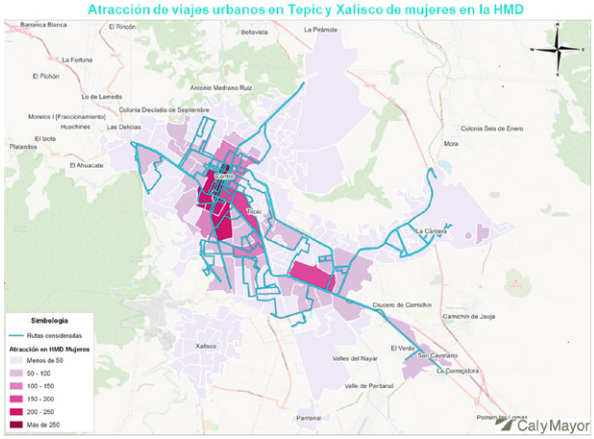
- Normalización de las zonas geográficas entre ambas fuentes.
- Asignación de ponderadores de ajuste en función de la densidad de trayectos.
- Estimación de viajes diarios promedio por zona.

El resultado fue una matriz urbana de viaje consolidada para cada municipio, validada mediante la coherencia entre el volumen de viajes totales y la distribución espacial observada en campo. Estas matrices se constituyen como un insumo principal para un modelo de transporte.

Tepic

Los principales puntos de descenso para los viajes de las mujeres se encuentran en el centro de la ciudad de Tepic. El Instituto Tecnológico de Tepic también destaca como un importante punto de atracción para los viajes hechos por mujeres en Tepic.

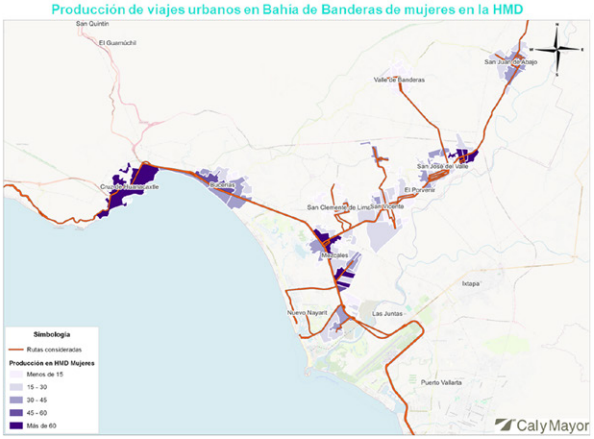
Atracción de viajes urbanos en Tepic y Xalisco de mujeres en la HMD



Bahía de Banderas

Estas zonas están distribuidas entre Cruz de Huanacaxtle, Bucerías, Mezcales y San José del Valle. La movilidad de las mujeres en Bahía de Banderas tiende a dirigirse hacia las zonas hoteleras de mayor densidad.

Producción de viajes urbanos en Bahía de Banderas de mujeres en la HMD



4. RESULTADOS

4.1 Construcción de matrices de viaje

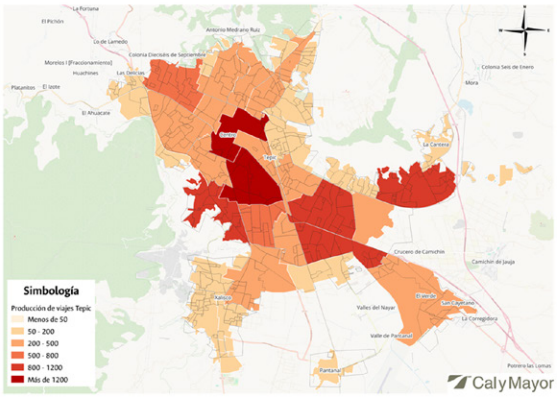
Con base en la información de campo y digital, se elaboraron matrices origen–destino diarias para cada municipio. En Tepic, se estimaron 170,000 viajes diarios. En Bahía de Banderas, la demanda diaria aproximada fue de 85,000 viajes, con un comportamiento horario más concentrado en las mañanas.

Las matrices reflejan una alta concentración de viajes hacia el centro de Tepic y hacia los polos laborales y turísticos en Bahía de Banderas. La combinación de fuentes permitió obtener una cobertura espacial superior al 95% de las zonas urbanas, frente a un 70% alcanzado con encuestas únicamente.

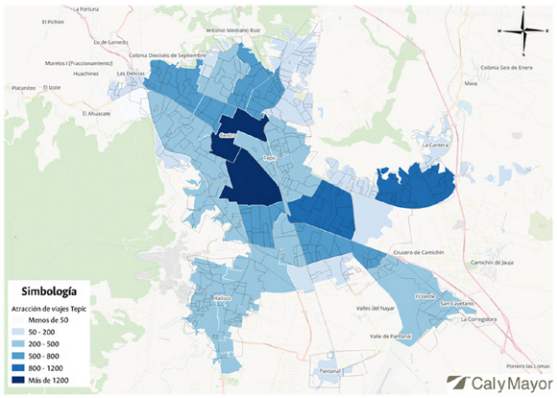
4.2 Validación y consistencia interna

La validación se realizó comparando las frecuencias horarias de viaje, los volúmenes totales estimados y la distribución espacial de los orígenes y destinos. Los resultados mostraron coherencia con los datos observados en campo y con registros históricos del transporte público.

Producción de viajes, Tepic, Nayarit



Atracción de viajes, Tepic, Nayarit



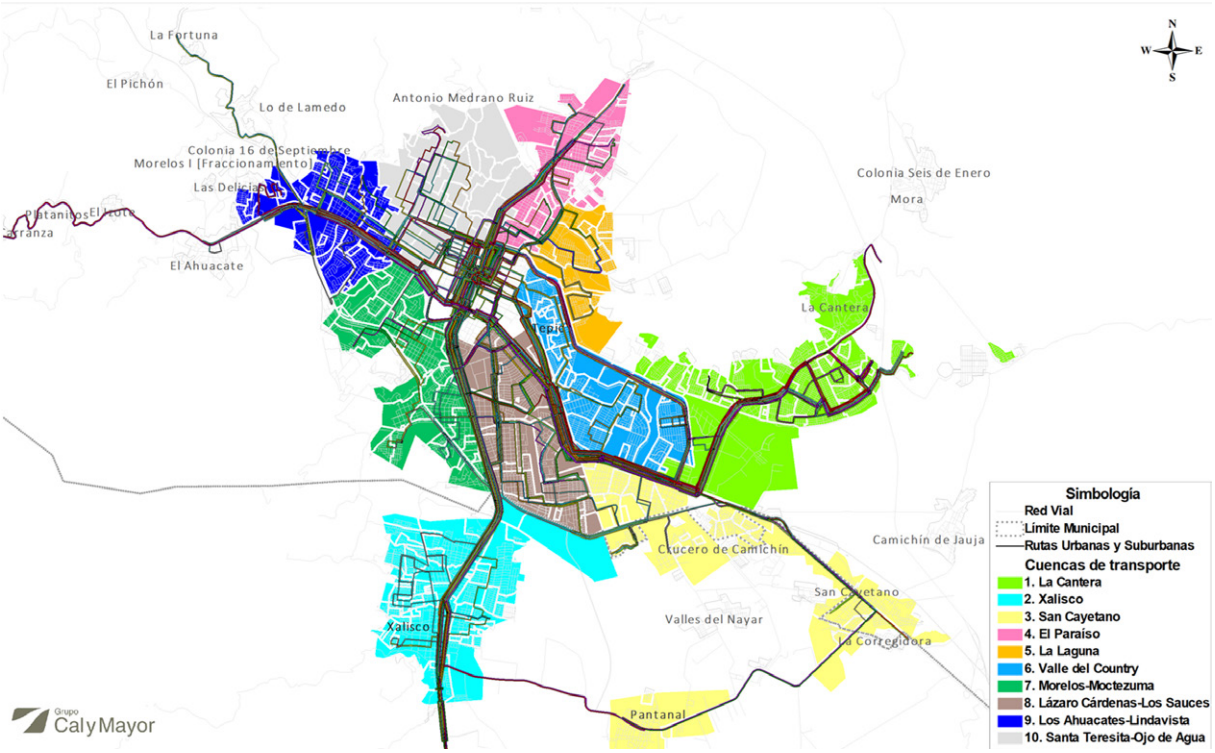
Se aplicaron criterios de consistencia estadística mediante la revisión de errores muestrales, verificación de proporciones y análisis de correlación entre las fuentes EOD y Big Data. Los márgenes de desviación se mantuvieron dentro de rangos aceptables (±6%), lo que confirma la solidez de la integración y la confiabilidad de los resultados obtenidos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La integración de Big Data y encuestas origen–destino demostró ser una metodología eficaz para la construcción de matrices urbanas de viaje en contextos donde la información es limitada o fragmentada. La experiencia del caso Nayarit confirma que la combinación de fuentes tradicionales y digitales incrementa la precisión y cobertura de los análisis de movilidad, reduciendo la dependencia de levantamientos masivos de campo.

Las matrices resultantes constituyen un insumo estratégico para los procesos de planeación, simulación y toma de decisiones sobre el transporte público. Su aplicación permitirá optimizar rutas, mejorar frecuencias y ajustar la oferta vehicular a la demanda real observada.

El método es replicable en otras ciudades intermedias mexicanas, donde la eficiencia en la recopilación y procesamiento de información es clave para avanzar hacia una movilidad más racional, ordenada y sustentable. El enfoque adoptado en Nayarit representa un paso relevante hacia la planeación del transporte con base en evidencia cuantitativa y análisis territorial de alta resolución.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020). *Censo de Población y Vivienda.*

Instituto Municipal de Planeación de Tepic (IMPLAN, 2017). *Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable.*

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU, 2022). *Guía de movilidad sustentable para ciudades mexicanas*.

Secretaría de Movilidad del Estado de Nayarit (2024). *Base de datos de transporte público estatal.*

Grupo Cal y Mayor y Asociados (2024). *Informe del Estudio Integral de Movilidad Sustentable en Nayarit.*

DEL EFECTIVO AL ECOSISTEMA INTEROPERABLE: EL SISTEMA CENTRAL DE RECAUDO (SCR) COMO ARTICULADOR DE LA MOVILIDAD SOSTENIBLE EN RD

Miguel Dominguez-Michelen
m.dominguez@fimovit.gob.do

Luis Calderón Romero
l.calderon@fimovit.gob.do

Fideicomiso de Movilidad y Transporte (FIMOVIT), Santo Domingo, Republica Dominicana

RESUMEN

La República Dominicana desarrolló entre 2017 y 2025 una de las transformaciones más aceleradas del transporte público en América Latina, pasando de un sistema fragmentado y dependiente del efectivo a un ecosistema interoperable basado en un Sistema Central de Recaudo (SCR) y en un modelo Account-Based Ticketing (ABT) Nivel 4. La Ley 63-17 y la creación del INTRANT y FIMOVIT establecieron la gobernanza necesaria para centralizar el recaudo, estandarizar la operación y aplicar reglas de liquidación transparentes. La implementación progresiva —OMSA, corredores reformados, Teleféricos y el SIT de Santiago— permitió validar la arquitectura tecnológica, escalar hacia un esquema multimodal y habilitar perfiles tarifarios, capping y subsidios focalizados. Entre 2020 y 2025 se procesaron más de 85 millones de validaciones, reduciendo el efectivo al 42.95 %, fortaleciendo la trazabilidad operativa y permitiendo auditorías automáticas del recaudo. El SCR mejoró la puntualidad, la disponibilidad de flota, la transparencia financiera y la capacidad del Estado para proyectar déficits y diseñar políticas basadas en datos. La experiencia dominicana destaca por su claridad institucional, neutralidad tecnológica, integración tarifaria y capacidad de replicación en sistemas con alta informalidad. No obstante, enfrenta desafíos relacionados con la migración total a ABT, la sostenibilidad del FET, la capacitación técnica y la inclusión digital. En conjunto, el SCR se consolida como la columna vertebral de una política de movilidad moderna, equitativa y orientada a la sostenibilidad del transporte público nacional.

1. INTRODUCCIÓN

La transformación digital del transporte público se ha acelerado en la última década, impulsada por la necesidad de mejorar la eficiencia operativa, la sostenibilidad financiera de los sistemas y la experiencia de usuarios. En este contexto, los sistemas de *ticketing* interoperable han convertido en piezas centrales al integrar un ecosistema común de pago, liquidación y gestión.

En América Latina, la evolución de estos sistemas ha estado marcada por desafíos estructurales: alta informalidad en la operación, fragmentación institucional, limitada capacidad de recaudo y dificultades para generar información confiable. La República Dominicana, emprendió una ruta singular al crear una arquitectura nacional de recaudo, integrada por el Sistema Central de Recaudo gestionado por el Fideicomiso de Movilidad y Transporte (FIMOVIT), que conecta con los operadores de autobuses públicos, corredores privados reformados y sistemas de transporte masivo como el Metro y los Teleféricos. Sobre la base de la Ley 63-17, que reorganizó el sistema de transporte terrestre y fortaleció el rol del Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT) como autoridad reguladora, el país inició un proceso de modernización que incluyó la reforma de corredores de autobuses, la introducción de medios de pago electrónicos, la creación de reglas de liquidación transparentes y el desarrollo de un modelo de gobernanza financiera soportado en el Fondo de Estabilización Tarifaria (FET), avanzando desde modelos *Card-Based Ticketing* (CBT) hacia el *Account-Based Ticketing* (ABT) Nivel 4.

El objetivo de este artículo es analizar la evolución del SCR en República Dominicana como caso de referencia regional, documentando su diseño institucional, arquitectura tecnológica, procesos de implementación, resultados operativos y financieros, y las lecciones aprendidas y replicables. El trabajo se organiza en nueve secciones: el Capítulo 2 presenta el marco conceptual asociado al *ticketing* interoperable; el Capítulo 3 describe el contexto institucional de la reforma; el Capítulo 4 detalla la arquitectura del SCR; los Capítulos 5 y 6 profundizan en la implementación y resultados; los Capítulos 7 y 8 discuten el carácter replicable del modelo; y finalmente, el Capítulo 9 ofrece conclusiones y recomendaciones de política.

2. MARCO CONCEPTUAL Y REFERENCIAL

La modernización de los sistemas de pago en el transporte público se fundamenta en la convergencia entre tecnología, gobernanza y política tarifaria. Este capítulo presenta los conceptos clave necesarios para comprender la evolución desde soluciones tradicionales basadas en tarjetas físicas hacia ecosistemas interoperables centrados en la cuenta del usuario.

La interoperabilidad implica que distintos modos y operadores utilicen un mismo medio de pago bajo estándares como ISO 14443, EMV, QR interoperable y APIs abiertas, integrando validación, control de flota y analítica en una red unificada, mientras que las reglas tarifarias —transbordos, *capping* o límites de gasto— requieren una autoridad rectora que asegure neutralidad y consistencia.

La evolución del ticketing comprende tres etapas: el modelo basado en efectivo, limitado por su baja trazabilidad; el *Card-Based Ticketing* (CBT), que almacenaba la información en la tarjeta pero restringía la flexibilidad; y el *Account-Based Ticketing* (ABT), donde la lógica reside en el *back office* y los soportes solo autentican al usuario, habilitando reposición de saldo, perfiles diferenciados, integración bancaria y reglas avanzadas de viaje.

Los sistemas de integración, estos se clasifican según su nivel de validación, básica (Nivel 1), pasando por control de saldos y recargas (Nivel 2), hasta integración multimodal con liquidación automática (Nivel 3). El Nivel 4 —la referencia actual— centraliza toda la inteligencia tarifaria, admite múltiples medios de autenticación y permite aplicar políticas sociales y reglas dinámicas, facilitando la reducción estructural del efectivo.

3. CONTEXTO INSTITUCIONAL DE LA REFORMA EN REPÚBLICA DOMINICANA

3.1 La Ley 63-17 y la creación del Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre (INTRANT)

En la República Dominicana, con la promulgación de la Ley 63-17 en el año 2017 constituyó un punto de inflexión para el transporte público al unificar bajo un mismo marco jurídico las funciones de tránsito, movilidad y seguridad vial, dotando al país de una arquitectura normativa moderna y alineada con estándares internacionales. Esta ley estableció una autoridad rectora con facultades claras, introdujo estándares técnicos y operativos para los operadores formales, incorporó la movilidad sostenible como eje de política pública y sentó las bases para la adopción del pago electrónico y de esquemas de remuneración basados en desempeño. En ese sentido como parte de esta reforma, se creó el INTRANT, entidad responsable de planificar, regular y fiscalizar el transporte a escala nacional. Su rol fue esencial para estructurar un plan maestro de movilidad, impulsar la reforma de corredores de autobuses, definir indicadores mínimos de calidad y coordinar la transición hacia medios de pago digitales y tecnologías críticas como el Sistema Central de Recaudo (SCR).

3.2 Modernización de corredores, necesidad del SCR y creacion del FIMOVIT.

La modernización de los corredores acompañó el fortalecimiento institucional, sustituyendo rutas informales y flotas obsoletas por vehículos estandarizados sujetos a indicadores de calidad como cumplimiento del plan de servicio, disponibilidad y mantenimiento, mientras la adopción del pago electrónico permitió monitorear demanda y desempeño en tiempo real y avanzar hacia una gestión basada en datos. Este proceso evidenció una fuerte fragmentación en los sistemas de validación, recaudo y liquidación —con múltiples proveedores y reglas heterogéneas— que impedía consolidar información, dificultaba la trazabilidad del efectivo y hacía inviable una integración multimodal efectiva, lo que llevó a la creación de un Sistema Central de Recaudo (SCR) capaz de integrar modos, estandarizar procesos y garantizar transparencia a través de una plataforma nacional unificada. Para administrar los recursos con neutralidad y eficiencia se creó el Fideicomiso de Movilidad y Transporte (FIMOVIT), encargado de centralizar ingresos, aplicar reglas de liquidación basadas en

datos, gestionar el Fondo de Estabilización Tarifaria (FET) y coordinar la integración tecnológica.

4. DISEÑO Y ARQUITECTURA DEL SISTEMA CENTRAL DE RECAUDO (SCR)

El Sistema Central de Recaudo (SCR) fue concebido como la columna vertebral tecnológica del ecosistema de movilidad, diseñado como una plataforma nacional unificada y escalable, capaz de procesar transacciones en tiempo real, integrar múltiples modos y operadores, soportar reglas tarifarias avanzadas y garantizar transparencia financiera mediante liquidaciones basadas en datos. Su diseño se apoyó en dos principios rectores —interoperabilidad y escalabilidad— que orientaron las decisiones tecnológicas, institucionales y operativas, desde la selección de estándares de comunicación hasta la adopción de una arquitectura por niveles recomendada por el BID y alineada con experiencias internacionales. Lejos de entenderse solo como un sistema de cobro, el SCR se concibió como una plataforma habilitadora de política pública, preparada para gestionar subsidios focalizados, integración tarifaria, capping, perfiles sociales y estrategias de reducción del efectivo. Su arquitectura funcional se organiza en cinco módulos —transaccional, liquidación, analítica, administración de usuarios e interoperabilidad— que en conjunto aseguran el procesamiento de transacciones, la aplicación de reglas financieras, la generación de información estratégica y la gestión de cuentas bajo el modelo ABT.

4.1 Integración operacional: modos, operadores y validadores

La integración operacional representó uno de los mayores desafíos en la implementación del SCR, debido a la coexistencia de operadores con distintos niveles de madurez tecnológica y prácticas históricas heterogéneas. Este proceso requirió homologar validadores y protocolos de comunicación, estandarizar dispositivos físicos y garantizar redes de datos seguras en autobuses, estaciones y teleféricos. También fue necesario migrar la lógica de validación desde los equipos hacia el *back office*, consolidar matrices de transacciones editoras y procesadoras, y asegurar tiempos de respuesta adecuados que garantizaran una experiencia fluida para el usuario.

La integración se realizó de forma gradual, iniciando con la OMSA, continuando con los corredores reformados y extendiéndose posteriormente a los modos masivos. Este enfoque permitió que tecnologías diversas convergieran en una plataforma nacional unificada sin interrumpir la operación, minimizando riesgos y asegurando una transición ordenada hacia el modelo ABT.

4.2 Modelo de liquidación y rol del FET

El SCR incorpora un módulo de liquidación capaz de procesar millones de transacciones diarias y distribuir los ingresos siguiendo reglas preestablecidas. Estas reglas consideran las validaciones por modo y corredor, el cumplimiento del plan de servicio, los indicadores de calidad operativa, factores de ajuste asociados al estado de la flota y la puntualidad, así como los costos auditados por kilómetro. Este enfoque permitió desarrollar un sistema de liquidación transparente, basado en evidencia y vinculado

al desempeño real de los operadores. El FET desempeña un papel determinante en este modelo, al compensar las diferencias entre la tarifa técnica y la tarifa pagada por los usuarios. Su integración al SCR garantiza trazabilidad completa del proceso, desde la validación hasta la liquidación final, fortaleciendo la sostenibilidad financiera del sistema y permitiendo que las políticas tarifarias mantengan criterios sociales sin comprometer la operación.

5. IMPLEMENTACIÓN 2019–2025: CRONOLOGÍA E HITOS OPERATIVOS

La implementación del SCR en la República Dominicana constituye uno de los procesos de modernización más acelerados y estructurados en materia de *ticketing* interoperable en América Latina. El período 2019–2025 combina pruebas de concepto, expansión progresiva, integración multimodal y transición tecnológica desde modelos *Card-Based Ticketing* (CBT) hacia un sistema nacional *Account-Based Ticketing* (ABT) Nivel 4.

5.1 Fase de prueba de concepto (2019–2020): Validación técnica y operativa

El proceso inició con una prueba de concepto en la Operadora Metropolitana de Servicios de Autobuses (OMSA). Entre octubre de 2019 y agosto de 2020 se instalaron 122 validadoras en siete corredores, permitiendo registrar 1,734,942 validaciones. Esta fase permitió:

- verificar la estabilidad del *back office* y la comunicación con validadores;
- evaluar la velocidad de respuesta ante distintas cargas de demanda;
- probar medios de pago propietarios y autenticación básica;
- validar la consistencia de los paquetes transaccionales y su conciliación;
- documentar la experiencia del usuario en entornos reales.

La prueba confirmó la factibilidad técnica de escalar el SCR y generó información clave para definir estándares tecnológicos, protocolos de comunicación y requerimientos para la integración de nuevos operadores.

5.2 Despliegue inicial en corredores reformados e integración multimodal (2021 -2023)

Tras la validación técnica, el SCR inició su expansión en 2021 con los corredores reformados del Distrito Nacional, comenzando por Núñez de Cáceres, donde 30 autobuses equipados con validadores homologados permitieron pasar de pruebas controladas a operaciones regulares en un entorno de alta demanda, confirmando la estabilidad del sistema en condiciones reales. En 2022, la integración se extendió a los corredores Winston Churchill y Charles de Gaulle, incorporando 47 y 64 unidades respectivamente, lo que permitió probar el desempeño del SCR en contextos más complejos, con distintos patrones de demanda y niveles de congestión, y consolidarlo como herramienta central de planificación, supervisión y auditoría basada en datos, al tiempo que se fortalecía la capacidad institucional de FIMOVIT y se preparaba el modelo de remuneración sustentado en métricas objetivas.

En 2023, la estrategia dio un salto cualitativo con la entrada en operación de la Línea 2 del Teleférico de Santo Domingo, integrada al SCR desde su inauguración. Esta incorporación permitió validar plenamente la interoperabilidad entre modos masivos y autobuses bajo un único esquema de conciliación y liquidación, con infraestructura de alta disponibilidad en estaciones y operación alineada con estándares internacionales de ticketing. Ese mismo año se implementó el transbordo tarifario digital, que habilitó viajes continuos entre Teleférico, OMSA y, en fases posteriores, el Metro, pagando una sola tarifa, fortaleciendo la equidad tarifaria, mejorando la accesibilidad y reduciendo costos para los usuarios más dependientes del transporte público.

5.3 Reformas financieras y modelo de remuneración basado en datos (2023)

En abril de 2023 entró en vigencia un nuevo modelo financiero derivado de estudios del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Este esquema estableció una remuneración basada en costo por kilómetro, una canasta de costos auditados, un margen técnico para los operadores y un conjunto de indicadores de calidad evaluados directamente a través del SCR. La liquidación dejó de depender del recaudo en efectivo y pasó a sustentarse en métricas objetivas, verificables y automatizadas. El Fondo de Estabilización Tarifaria (FET) inició operaciones plenas en este periodo, compensando la diferencia entre la tarifa técnica y la tarifa pagada por el usuario. Esta reforma transformó el modelo económico del transporte, eliminando la opacidad asociada al efectivo y permitiendo un control financiero centralizado y transparente.

5.4 Salto tecnológico: Migración ABT Nivel 4 en Santiago y Consolidacion multimodal (2024-2025)

En 2024, la puesta en marcha del Teleférico de Santiago marcó el mayor salto tecnológico del SCR al convertirse en el primer modo operado íntegramente bajo ABT Nivel 4. Este despliegue habilitó funciones avanzadas como cuentas de usuario en el *back office*, perfiles tarifarios diferenciados, *capping* diario y mensual, recuperación automática de saldo y reglas tarifarias de mayor complejidad, fortaleciendo además la seguridad transaccional. Con ello, la República Dominicana se posicionó como referente regional en *ticketing* interoperable.

En 2025, la integración de 34 autobuses del Sistema Integrado de Transporte (SIT) en siete rutas de OMSA en Santiago consolidó la fase multimodal, operando bajo tarifa plana, transbordos integrados, ABT Nivel 4 y control de flota centralizado. Esta expansión permitió evaluar el desempeño del modelo en un entorno urbano completo y confirmó la capacidad del SCR para soportar redes más amplias y complejas, mejorando eficiencia operativa y adopción digital.

5.5 Resultados acumulados y Preracion para la unificacion nacional (2020-2026)

Entre el 1 de enero de 2020 y el 1 de agosto de 2025, el SCR procesado por FIMOVIT registró 85,709,471 pasajeros, evidenciando un volumen transaccional creciente y sostenido. Durante este periodo, el 57.05 % de los pagos se realizaron mediante medios electrónicos —incluyendo tarjetas propietarias, códigos QR y tarjetas bancarias EMV—, reduciendo el uso del efectivo al 42.95 %. Las transacciones bancarias alcanzaron un

6 % del total, consolidando el proceso de bancarización progresiva del sistema. Estos resultados reflejan un cambio estructural en el comportamiento de los usuarios, una mayor eficiencia operativa y un fortalecimiento del control financiero.

Hacia el período 2025–2026, la República Dominicana se preparó para una unificación nacional del sistema. Este proceso incluye la implementación del modelo ABT en el Metro de Santo Domingo, la migración completa de Teleférico L1 y L2, el despliegue de más de 250 validadores ABT, la integración de un corredor adicional de 68 autobuses en fase de preparación y el diseño operativo de la futura Línea 3 del Teleférico de Santo Domingo. La convergencia total de estos sistemas permitirá operar bajo un ecosistema de *ticketing* único a nivel nacional, habilitando subsidios sociales a gran escala, reglas tarifarias avanzadas y una experiencia homogénea para todos los usuarios del país.

6. RESULTADOS: IMPACTO OPERATIVO, FINANCIERO Y DE MOVILIDAD

La implementación del Sistema Central de Recaudo (SCR) generó, por primera vez en la República Dominicana, una base empírica robusta para evaluar de manera integral el desempeño del transporte público. Entre 2020 y 2025, el ecosistema procesado por FIMOVIT permitió medir con precisión la demanda, monitorear el cumplimiento operativo, ejecutar políticas tarifarias complejas, reducir la dependencia del efectivo y fortalecer la sostenibilidad del sistema.

6.1 Impacto en la operación: eficiencia, trazabilidad y control

La digitalización del recaudo transformó la gestión operativa del transporte público, generando más de 85.7 millones de validaciones entre 2020 y 2025 y produciendo la primera base continua y verificable de demanda en el país. Este salto permitió monitoreo en tiempo real, detección de desviaciones, auditorías basadas en evidencia y análisis detallados por hora, corredor y modo, fortaleciendo la capacidad del Estado para planificar y supervisar. Paralelamente, los corredores integrados registraron mejoras significativas en disponibilidad de flota (10–18 %) y puntualidad (12–22 %), gracias a que el SCR vinculó indicadores operativos con los mecanismos de remuneración, reduciendo frecuencias irregulares y eliminando discrecionalidades. Finalmente, la digitalización del pago redujo el efectivo de más del 90 % a 42.95 %, elevó los medios electrónicos al 57.05 % —incluyendo 6 % en EMV— y disminuyó riesgos de fraude y pérdidas, consolidando una trazabilidad financiera robusta y liquidaciones más transparentes.

6.2 Impacto financiero: sostenibilidad, transparencia y eficiencia

La digitalización del recaudo permitió reemplazar los antiguos procesos manuales y vulnerables por una conciliación automática y diaria de todas las transacciones, garantizando trazabilidad desde el validador hasta el módulo financiero central y habilitando auditorías continuas que fortalecieron la transparencia y disciplina financiera del sistema. Este soporte tecnológico hizo posible la operación eficiente del Fondo de Estabilización Tarifaria (FET), permitiendo pagos oportunos y previsibles a los operadores, así como una proyección más precisa de déficits y necesidades

presupuestarias. Además, la reducción del uso de efectivo eliminó costos operativos asociados al conteo, depósitos, conciliaciones físicas y pérdidas, disminuyendo en algunos corredores hasta un 30 % los gastos vinculados al manejo de dinero y contribuyendo significativamente a la sostenibilidad económica del transporte público.

6.3 Impacto en la movilidad: accesibilidad, integración y equidad

La integración tarifaria mediante transbordos digitales transformó la movilidad urbana al permitir viajes continuos entre modos como Teleférico y OMSA —con expansión hacia el Metro— pagando una sola tarifa, lo que redujo costos para los hogares de menores ingresos, disminuyó tiempos de espera y mejoró la experiencia del usuario. Paralelamente, el despliegue del modelo ABT en Santiago habilitó la posibilidad de implementar perfiles sociales diferenciados que asignan automáticamente beneficios a estudiantes, docentes, envejecientes y grupos vulnerables, garantizando una distribución precisa de subsidios y consolidando el *ticketing* como instrumento de equidad. La adopción creciente de medios electrónicos, especialmente QR y EMV entre usuarios jóvenes, evidencia un cambio cultural que favorece viajes multimodales más predecibles y confiables. Finalmente, la data generada por el SCR —incluyendo matrices origen–destino, curvas de demanda e índices de ocupación— permitió por primera vez sustentar la planificación metropolitana en información verificable, optimizando rutas, frecuencias y decisiones tarifarias.

7. EL MODELO DOMINICANO COMO REFERENCIA REGIONAL: FACTORES DE ÉXITO Y REPLICABILIDAD

La transición de la República Dominicana hacia un ecosistema interoperable de recaudo constituye un caso singular en América Latina. En pocos años, el país logró articular un modelo nacional que combina gobernanza institucional, sostenibilidad financiera, interoperabilidad tecnológica y expansión multimodal, convirtiendo al SCR y a FIMOVIT en una referencia para otros sistemas urbanos que buscan transformar estructuralmente su transporte público.

7.1 Factores institucionales: claridad jerárquica y roles definidos

Uno de los pilares del caso dominicano es su estructura institucional claramente definida a partir de la Ley 63-17, que unificó el marco regulatorio y asignó roles específicos: el INTRANT como autoridad rectora, FIMOVIT como administrador financiero y los operadores como responsables exclusivos de la prestación del servicio. Esta configuración redujo la fragmentación histórica, permitió implementar reglas de remuneración basadas en indicadores objetivos y legitimó la transición hacia medios de pago digitales, creando las condiciones para integrar progresivamente modos heterogéneos y consolidar un modelo que combina control público con eficiencia operativa.

7.2 Gobernanza financiera y de datos como pilar de sostenibilidad

La gobernanza financiera del modelo dominicano es una de sus principales fortalezas, sustentada en la creación del Fondo de Estabilización Tarifaria (FET) y su integración

directa al SCR, lo que convirtió el ticketing en un instrumento de gestión fiscal. A diferencia de esquemas fragmentados entre bancos, operadores y administradores, la República Dominicana centralizó reglas de liquidación, conciliación diaria y asignación de subsidios en una única plataforma, otorgando a los operadores pagos basados en desempeño real y al Estado información precisa para proyectar déficits, planificar subsidios y garantizar sostenibilidad fiscal en un entorno de mayor transparencia y previsibilidad.

Al mismo tiempo, el SCR generó la primera base integrada de datos de demanda del transporte público dominicano —matrices origen–destino, patrones horarios, elasticidades e indicadores de desempeño—, lo que permitió sustituir aforos manuales y aproximaciones por planificación basada en evidencia. Esta doble gobernanza, financiera y de datos, constituye uno de los componentes más replicables del modelo, siempre que exista una plataforma nacional unificada y reglas claras para la gestión y uso de la información.

7.3 Arquitectura tecnológica neutral, modular y escalable

El SCR se apoya en una plataforma ABT Nivel 4, con APIs abiertas y estándares internacionales, capaz de soportar tarjeta propietaria, EMV, QR, NFC y cuentas virtuales sin dependencia de un proveedor. Su arquitectura modular —transaccional, liquidación, analítica y administración de usuarios— permitió una implementación progresiva pero con enfoque multimodal (corredores reformados, Teleférico de Los Alcarrizos, ABT completo en Santiago), demostrando que un ecosistema interoperable puede consolidarse incluso en contextos de alta informalidad.

8. DESAFÍOS, SOSTENIBILIDAD FUTURA Y RECOMENDACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA

La experiencia de la República Dominicana con el Sistema Central de Recaudo (SCR) constituye uno de los procesos de modernización más completos y acelerados del transporte público en América Latina. En menos de una década, el país pasó de un ecosistema fragmentado y dependiente del efectivo a una plataforma interoperable basada en gobernanza institucional sólida, sostenibilidad financiera, integración tarifaria y tecnología ABT Nivel 4, creando por primera vez las condiciones para una política de movilidad basada en datos.

Sin embargo, la consolidación definitiva del modelo enfrenta desafíos tecnológicos, operativos, financieros e institucionales. El reto tecnológico central es culminar la migración hacia un ecosistema plenamente ABT con aceptación EMV en los modos de mayor demanda —en particular Metro y Teleféricos— garantizando capacidad de procesamiento, seguridad y experiencia de usuario homogénea a escala nacional. En el ámbito operativo, la incorporación de nuevos corredores y flotas con distintos niveles de madurez exige reforzar la coordinación, estandarizar procedimientos, ampliar la formación técnica y utilizar paneles de control y auditorías automatizadas para sostener niveles consistentes de calidad del servicio.

Desde la perspectiva financiera, el Fondo de Estabilización Tarifaria (FET) es el pilar que permite remunerar en función de datos y mantener tarifas socialmente aceptables, pero su sostenibilidad depende de asignaciones presupuestarias estables, de la evolución de la tarifa técnica y de la capacidad estatal para absorber choques económicos y ampliaciones de cobertura sin comprometer la estabilidad fiscal. En el plano institucional, la gobernanza del SCR, basada en la coordinación entre INTRANT, FIMOVIT y operadores, debe protegerse frente a cambios de administración, riesgos de subsistemas paralelos y presiones por soluciones tecnológicas aisladas, preservando estándares, homologación y visión de largo plazo.

A partir de este diagnóstico, se proponen varias orientaciones de política pública: (i) culminar la unificación bajo ABT en todos los modos para ampliar perfiles sociales, capping y transbordos integrados; (ii) fortalecer la sostenibilidad del FET mediante revisiones periódicas de sus parámetros y escenarios de mediano plazo; (iii) consolidar un hub nacional de movilidad que integre validaciones, GPS, flota y modelos predictivos; (iv) profundizar la integración tarifaria multimodal extendiendo el transbordo digital al Metro, corredores interurbanos y Teleféricos; (v) blindar institucionalmente el modelo, reforzando capacidades técnicas en INTRANT y FIMOVIT y asegurando reglas estables de liquidación; y (vi) desplegar programas de alfabetización digital e inclusión para evitar que la reducción del efectivo excluya a adultos mayores y usuarios no bancarizados.

En síntesis, la transformación del recaudo en la República Dominicana no es solo un avance tecnológico, sino el núcleo de una nueva política de movilidad basada en evidencia, equidad y eficiencia. El desafío ya no es construir un sistema, sino proteger, escalar y perfeccionar el que existe. La sostenibilidad del SCR determinará, en última instancia, la capacidad del país para ofrecer un transporte público accesible, fiable y socialmente justo, y para mantener su posición como referente regional en ticketing interoperable y movilidad digital.

EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD EN LA MOVILIDAD URBANA: USO DE CARRILES EXCLUSIVOS PARA TRANSPORTE PÚBLICO EN EL CENTRO HISTÓRICO DE CUENCA

Diego Correa Barahona Ph.D, Daviel Zárate, Cesar Zumba
Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador diego.correa@ucuenca.edu.ec

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un estudio de los carriles exclusivos como mejora operativa para el transporte público, siendo ideales en zonas con alta demanda de vehículos particulares. Esta implementación permite el flujo libre de las unidades de bus reduciendo las demoras, lo que se traduce en una mejor productividad de la ciudadanía. Un uso indebido de los mismos como invasión de vehículos privados, estacionamientos para embarque o desembarque de mercadería, servicios de taxis, entre otros, los privan del objetivo principal como es la exclusividad para el transporte público. Esta medida prioriza la movilización de la mayor cantidad de personas respecto a los demás medios de transporte particulares. De esta manera, el estudio se centra en los corredores exclusivos ubicados en el Centro Histórico de Cuenca, Ecuador. En el cual, mediante levantamiento de tiempos de viaje, se determinan demoras con una media de 2 a 3 minutos en los carriles de estudio, por medio de una comparativa con el caso ideal según la metodología del "Transit Capacity and Quality of Service Manual" y un modelamiento con el programa SUMO. Además, se encuentran las pérdidas económicas generadas por estas demoras, las mismas que se obtienen con un análisis económico del nivel salarial del grupo de personas que emplean el transporte público y mediante la estimación de la demanda promedio de usuarios, resultando en valores aproximados con una media de $4'500,000 anualmente.

1. INTRODUCCIÓN

La implementación de carriles exclusivos constituye una estrategia clave para optimizar la operación del transporte público en entornos urbanos con alta demanda vehicular. Al restringir el acceso de automóviles particulares, se mejora el nivel de servicio, se reducen los tiempos de viaje y se favorece la movilidad de un mayor número de personas durante los periodos de congestión.

El transporte público urbano, por su capacidad para movilizar grandes volúmenes de pasajeros de forma eficiente y accesible, representa un componente esencial dentro de la jerarquía de movilidad establecida por la pirámide invertida de la movilidad, la cual prioriza este modo por encima del transporte privado y de carga. Esta priorización promueve un uso más equitativo del espacio vial, disminuye el consumo energético y contribuye a la sostenibilidad urbana.

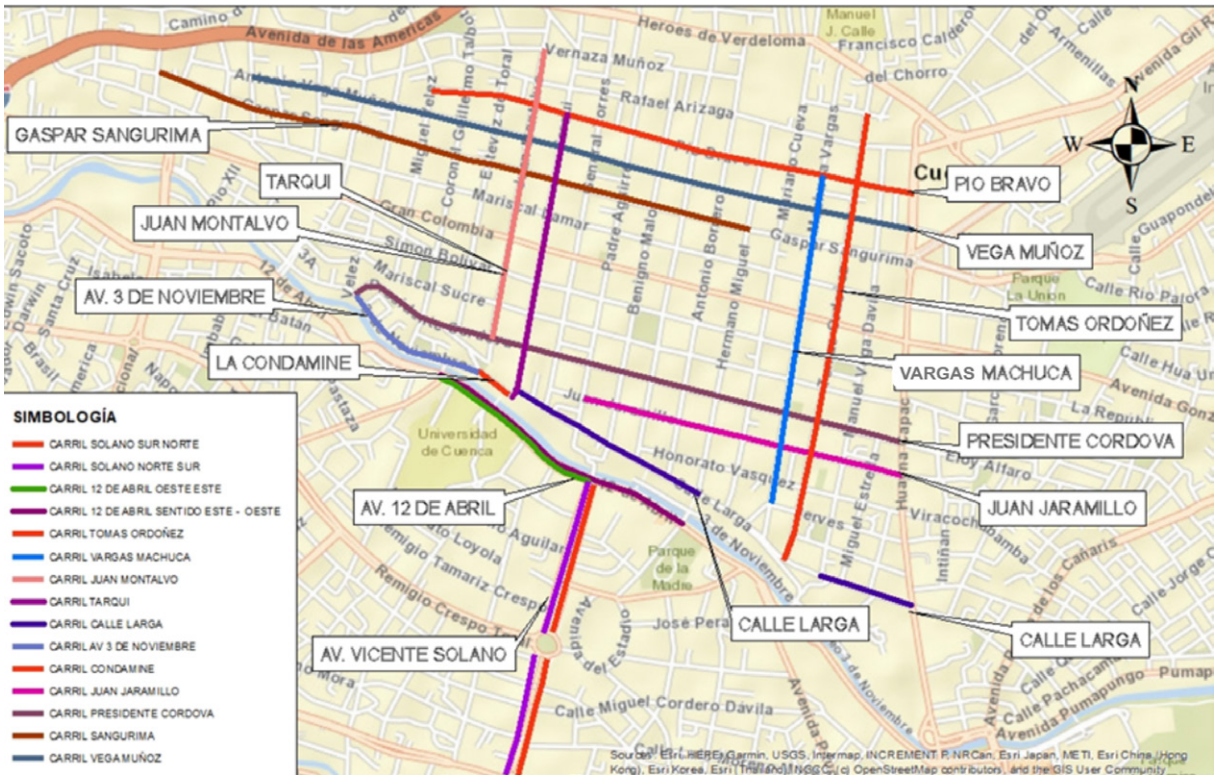
No obstante, el beneficio de los carriles exclusivos depende del cumplimiento de su uso designado. La invasión por parte de vehículos particulares o servicios informales genera demoras significativas y afecta la productividad de la ciudadanía. Por ello, garantizar su funcionamiento adecuado resulta fundamental para consolidar un sistema de transporte público más eficiente, competitivo y alineado con los principios de movilidad sostenible en ciudades intermedias como Cuenca, Ecuador.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La revisión de literatura se estructura en torno a los principales aspectos que sustentan el análisis de los carriles exclusivos para el transporte público. En primer lugar, se aborda el papel de estos corredores en la movilidad urbana y su contribución a la eficiencia operativa. Posteriormente, se revisan los conceptos teóricos relacionados con la velocidad comercial, las demoras y las fases de operación del transporte público, como indicadores de desempeño. Finalmente, se analizan los factores que inciden en su funcionamiento, entre ellos el diseño físico, la interacción con otros flujos vehiculares y la demanda de pasajeros, con el fin de establecer una base conceptual que oriente la evaluación desarrollada en el estudio.

En ciudades intermedias como Cuenca (Ecuador), las condiciones de infraestructura vial y la alta presencia de vehículos particulares generan conflictos de circulación que afectan directamente la eficiencia del transporte público. La implementación de carriles exclusivos para buses se ha planteado como una medida que puede mejorar el nivel de servicio al permitir la circulación prioritaria de las unidades y reducir los tiempos de recorrido. Sin embargo, la efectividad de estos corredores puede verse limitada por prácticas como la invasión del carril por vehículos privados o el uso del espacio para carga y descarga, que interrumpen el flujo continuo y reducen los beneficios esperados. A continuación, se presentan los carriles exclusivos de la ciudad de Cuenca (Concejo Cantonal de Cuenca, 2012).

Figura 1: Carriles exclusivos de transporte público de la ciudad de Cuenca



La eficiencia operativa del transporte público suele analizarse a partir de la velocidad comercial, indicador que relaciona la distancia recorrida con el tiempo total empleado, incluyendo los periodos de detención en paradas e intersecciones (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018). Este parámetro permite comparar el desempeño de diferentes corredores y estimar el efecto de interferencias externas sobre los tiempos de viaje. Una mayor velocidad comercial se asocia con una operación más eficiente y con mejores condiciones de movilidad para los usuarios, mientras que una reducción en esta refleja la presencia de obstáculos o deficiencias operativas.

Las demoras, por su parte, constituyen otro indicador relevante para evaluar la calidad del servicio, ya que reflejan las interrupciones que sufre el flujo vehicular (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018). En el caso de los carriles exclusivos, estas suelen deberse a la invasión de vehículos no autorizados, a la acumulación de buses en paradas o a los tiempos de espera generados por los ciclos semafóricos.

El diseño y gestión de los carriles exclusivos responden al principio de priorizar el desplazamiento de la mayor cantidad de personas en el menor tiempo posible, en contraste con la movilidad individual (Julián Sastre, 2022). Su implementación puede realizarse mediante señalización horizontal y vertical con inscripciones como “SOLO BUS” o a través de elementos físicos de segregación, como separadores y barreras de hormigón (GAD Municipal Cuenca, 2014). La elección del tipo de segregación depende de las características del entorno urbano y del nivel de cumplimiento esperado por parte de los conductores.

El desempeño de los corredores exclusivos también se relaciona con las fases operativas del viaje. Durante la fase en movimiento, influyen las condiciones de tránsito, la topografía y la sincronización semafórica; mientras que en la fase de parada, el tiempo total depende del proceso de ascenso y descenso de pasajeros y del sistema de pago, siendo más eficiente el uso de mecanismos electrónicos frente al cobro manual.

Además, la interacción con el carril adyacente cobra importancia cuando los buses requieren realizar maniobras de rebase ante la acumulación de unidades en una parada. En estos casos, la relación entre la demanda vehicular y la capacidad vial del entorno incide en la posibilidad de efectuar dichas maniobras sin generar congestión adicional (Cal y Mayor & Cárdenas, 2018).

Por último, la demanda de pasajeros es un factor que condiciona tanto la planificación de las rutas como la frecuencia de servicio. En sectores con alta concentración de actividades económicas o sociales, un mayor volumen de usuarios tiende a incrementar los tiempos de parada y a reducir la velocidad comercial, afectando la eficiencia global del sistema.

En conjunto, la literatura revisada muestra que los carriles exclusivos representan una estrategia viable para mejorar la movilidad urbana, siempre que su diseño y gestión operativa consideren las condiciones locales de infraestructura, flujo vehicular y comportamiento de los usuarios. Su correcta aplicación puede traducirse en una disminución de las demoras, una mejora en la calidad del servicio y un uso más equilibrado de la red vial en ciudades como Cuenca.

3. METODOLOGÍA

La metodología aplicada combina trabajo de campo, procesamiento de datos y simulación computacional con el objetivo de evaluar el desempeño de los carriles exclusivos para transporte público en el Centro Histórico de Cuenca, Ecuador. El enfoque se orienta a identificar las demoras que afectan la velocidad comercial de las unidades de bus y a cuantificar las pérdidas económicas derivadas de dichas demoras.

3.1 Diseño del estudio y levantamiento de información

El estudio se llevó a cabo en el Centro Histórico de la ciudad de Cuenca, siendo las calles de análisis para los carriles exclusivos las siguientes: Presidente Córdova, Juan Jaramillo, Tarqui, Juan Montalvo, Gaspar Sangurima, Pío Bravo, Antonio Vega Muñoz, Vargas Machuca y Tomás Ordoñez.

Se contempló un total de 46 estaciones de parada de bus repartidas por los carriles de estudio. De la misma manera, una cantidad de 21 líneas diferentes que circulan a través de las calles antes mencionadas. Los datos se estaciones y rutas de los buses fueron proporcionado por la Dirección de Gestión de Movilidad.

Para los tiempos de recorrido y demandas de usuarios de las distintas líneas se llevó a cabo levantamientos en campo mediante el método del vehículo de prueba (Box

y Oppenlander, 1995), el cual se ejecutó mediante el embarque en las unidades de transporte público.

El levantamiento se efectuó con cronómetro y registro georreferenciado, tomando como puntos de control las paradas de inicio y fin del tramo. Paralelamente, se recopilaron datos de tránsito y se verificaron condiciones geométricas, señalización y presencia de interferencias como estacionamientos, vehículos particulares o actividades de carga y descarga.

El tiempo total de recorrido se descompuso en dos componentes: fase en movimiento (desde el cierre de puertas hasta la detención en la siguiente parada) y fase de parada (tiempo de apertura, ascenso y descenso de pasajeros). Además, se documentaron los ciclos semafóricos en las intersecciones de mayor congestión y las condiciones de operación del carril adyacente, para analizar las posibilidades de rebase de unidades.

con una media de 12 mediciones para los tiempos de recorrido de buses por carril y una media de 70 datos de demanda en las distintas líneas en cada carril. Los cuales fueron medidos en horas representativas (horas pico) de 6h30 hasta 7h45, de 11h30 hasta 14h00, y de16h30 hasta 18h00.

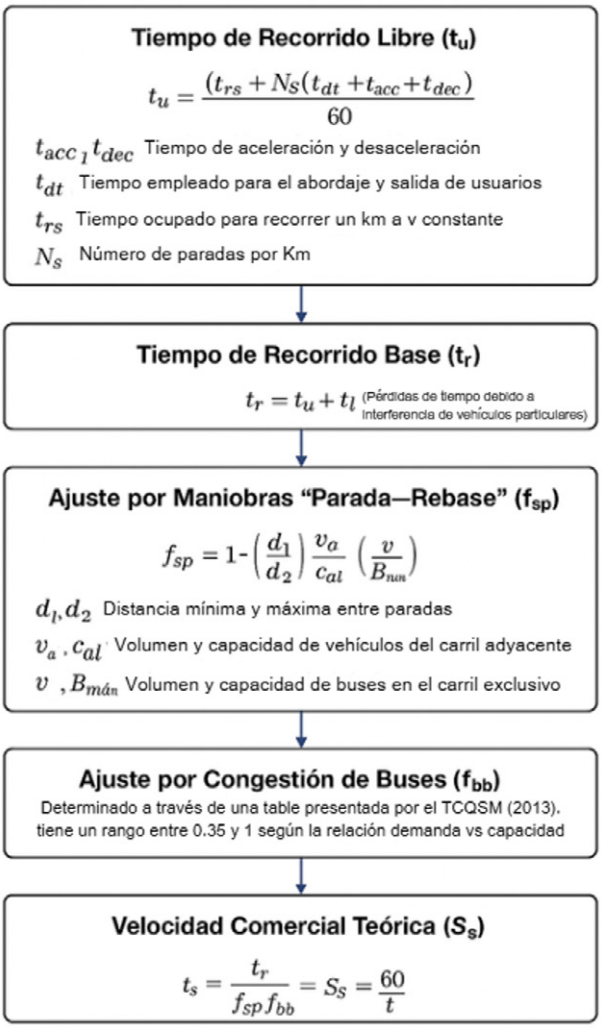
En el análisis de cada carril exclusivo se considera el recorrido individual de cada línea de bus, debido a que no todas circulan en su totalidad los corredores de estudio. Asimismo, se distinguen las zonas de mayor o menor demanda de usuarios para lograr una correcta ponderación de la situación general de cada carril para el cálculo de demoras.

3.2 Determinación de la velocidad comercial y análisis de demoras

La velocidad comercial se calculó mediante la relación entre la distancia total del recorrido y el tiempo total de viaje, incluyendo detenciones por paradas e intersecciones. Este indicador permitió comparar los valores observados en campo con un escenario ideal, obtenido a partir de los parámetros del Transit Capacity and Quality of Service Manual (TCQSM). A continuación, se presenta el proceso para el cálculo de la velocidad comercial teórica.

La diferencia entre ambos escenarios permitió estimar las demoras promedio por invasión del carril, estacionamiento indebido u obstrucción por taxis y carga/descarga. Estas demoras se expresaron en minutos por viaje y se promediaron para cada corredor.

Figura 2: Determinación de la velocidad comercial teórica



3.3 Modelamiento de operación en SUMO

Para complementar el análisis, se realizó una simulación de tráfico en el programa Simulation of Urban Mobility (SUMO). Se modelaron los tres corredores seleccionados, incorporando la geometría real, los tiempos de recorrido, los ciclos semafóricos y la interacción con el flujo vehicular adyacente.

El modelamiento permitió observar el comportamiento dinámico del sistema en diferentes condiciones:

Escenario base (ideal): circulación exclusiva de buses sin interferencias.
Escenario actual (observado): presencia de vehículos particulares e interrupciones operativas.

De la simulación se obtuvieron tiempos promedio de recorrido, velocidades instantáneas y colas de acumulación, los cuales fueron comparados con los valores medidos en campo para validar la representatividad del modelo.

3.4 Evaluación económica de las demoras

Una vez identificadas las demoras promedio en los recorridos de las unidades, se procedió a estimar el impacto económico asociado al tiempo perdido por los usuarios del transporte público. Para ello, se consideró la demanda promedio diaria de pasajeros, los tiempos adicionales de viaje y el salario promedio de los habitantes de la ciudad de Cuenca (INEC, 2024).

El cálculo del costo del tiempo se realizó multiplicando la demora promedio por la cantidad de pasajeros y el valor monetario del tiempo de trabajo. Este valor permitió proyectar las pérdidas de productividad a escala anual, con el fin de dimensionar las implicaciones económicas derivadas del uso ineficiente de los carriles exclusivos.

Se calcula el total de minutos de pérdida que conlleva cada línea de transporte público en cada carril exclusivo, para ello se ocupa la siguiente ecuación (1).

Donde:

$$t_{dem-bus} = t_{dem} * \%c_{usado} * \% N_{per} \quad (1)$$

$t_{dem-bus}$: Tiempo de demora total de los pasajeros que viajan en una unidad de transporte público que circula por un determinado carril exclusivo [min*persona /bus].
$\%c_{usado}$: Porcentaje de carril utilizado por la línea del transporte público.
N_{per}: Número de personas o demanda de pasajeros de la unidad de transporte público [personas/bus].

A continuación, se determina las pérdidas que representan los tiempos de demora de cada unidad de transporte público. Para ello se considera el salario promedio referencial establecido de $563.85. En este caso se debe transformar el salario mensual a unidades de minutos.

Donde:

$$Pe_{cbus} = t_{dem-bus} * \frac{Sal_{mens}}{D_{lab} * h_{lab} * 60} \quad (2)$$

Pe_{cbus}: Pérdidas económicas de cada unidad de transporte público en un recorrido por el carril de análisis [$/bus – recorrido].
Sal_{mens}: Salario mensual promedio de un pasajero del transporte público [$/persona – mes].
D_{lab}: Días laborales en un mes (se consideran de lunes a viernes, por lo tanto, 22 días).
h_{lab}: Horas laborales en un día (se consideran 8 horas al día).

Para obtener las pérdidas totales que representan las demoras en los carriles exclusivos, se consideran las pérdidas económicas de cada unidad de transporte público, la frecuencia diaria de cada línea de bus y los días laborales considerados en un mes; que como ya se mencionó anteriormente se considera de lunes a viernes y resulta en un total de 22 días.

Donde:

$$Pe_{cbus-mens} = Pe_{cbus} * f_d * D_{lab} \quad (3)$$

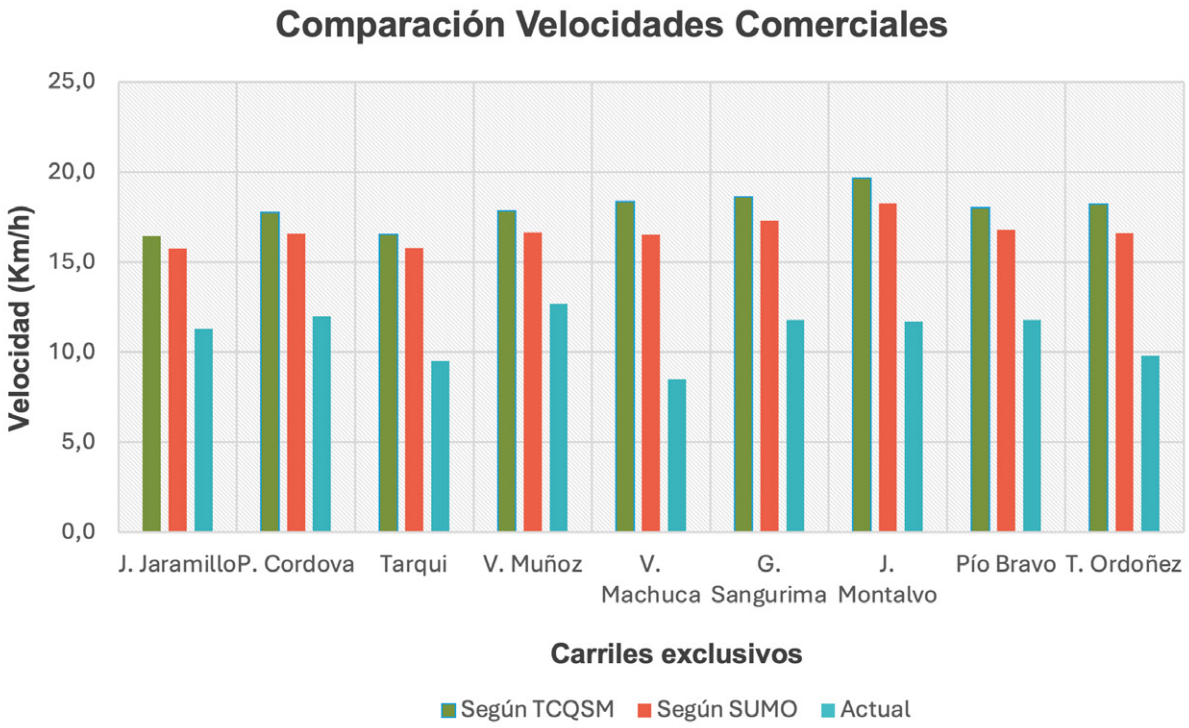
$Pe_{cbus\text{-}mens}$: Pérdidas económicas de cada unidad de transporte público en un mes recorriendo por el carril de análisis debido a los tiempos de demora [$/bus-mes].
f_d: Número de buses de una misma línea que circulan por el carril en un día [buses].
D_{lab}: Número de días laborales en un mes considerado de lunes a viernes (22 días).

Una vez obtenidas las pérdidas económicas para cada línea de transporte urbano que circula por cada carril se debe realizar la sumatoria de estos respectivamente, donde se consigue las pérdidas totales mensuales para cada carril exclusivo.

4. RESULTADOS

El estudio demostró que el uso inadecuado de los carriles exclusivos genera importantes pérdidas de tiempo y productividad, afectando tanto a los usuarios del transporte público como a la eficiencia general del sistema de movilidad en el Centro Histórico de Cuenca. Las demoras promedio alcanzan 2 minutos por kilómetro, siendo el factor principal los tiempos de parada y las interferencias causadas por vehículos particulares. Los resultados del modelamiento SUMO corroboraron los del TCQSM, con variaciones menores al 12%, validando la metodología aplicada. A continuación se pueden observar la comparación de velocidades en cada uno de los carriles exclusivos de la ciudad.

Figura 3: Comparación de velocidades comerciales por carril



Las calles con mayor afectación fueron Vargas Machuca, Tarqui y Tomás Ordóñez, donde la ausencia de segregación agrava la congestión. Los corredores con mayor demanda y pérdidas económicas fueron Juan Jaramillo, Presidente Córdova, Vega

Muñoz y Pío Bravo, evidenciando la correlación entre volumen de usuarios y afectación económica. A nivel anual, las pérdidas totales superan los $4,3 millones, lo que subraya la necesidad urgente de control, planificación y uso eficiente de la infraestructura vial dedicada al transporte público. A continuación, se presenta la tabla con los resultados de pérdidas económicas por carril según el TCQSM y según la modelación en SUMO.

Tabla 1: Pérdidas económicas anuales por carril

Carriles Exclusivos	Pérdidas económicas anuales ($)	
	Según TCQSM	Según SUMO
Juan Jaramillo	910,347.19	822,147.46
Presidente Córdova	735,747.86	654,272.43
Tarqui	584,691.06	550,431.81
Vega Muñoz	700,358.64	621,721.88
Vargas Machuca	311,057.24	284,603.69
Gaspar Sangurima	449,045.57	407,330.96
Juan Montalvo	331,286.41	293,935.49
Pío Bravo	629,058.16	557,421.64
Tomás Ordoñez	184,471.98	164,130.96
TOTAL	4,836,064.10	4,355,996.32

Entre las recomendaciones, se destaca la necesidad de ampliar el levantamiento de información y de incluir variables complementarias como encuestas de origen-destino, motivos de viaje y nivel de ingreso, lo cual permitiría estimaciones socioeconómicas más precisas. Se sugiere también excluir del análisis eventos atípicos que alteren la circulación (accidentes o manifestaciones), y mantener una actualización continua de datos de demanda y tiempos de recorrido.

Finalmente, se recomienda fortalecer la gestión del sistema de transporte mediante acciones coordinadas entre la Dirección de Movilidad y la Empresa de Transporte Público, incorporando tecnología, control y participación ciudadana para consolidar los carriles exclusivos como una herramienta efectiva de movilidad sostenible, eficiente y equitativa para la ciudad de Cuenca.

REFERENCIAS

Box, P. C., & Oppenlander, J. C. (1995). Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII (4a. ed.). Representaciones y Servicios de Ingeniería, México, D.F

Cal y Mayor, R., & Cárdenas, J. (2018). Ingeniería de Tránsito - Fundamentos y Aplicaciones (9a. ed.). Alfaomega.

Concejo Cantonal de Cuenca. (2012). ORDENANZA QUE REGULA Y CONTROLA LA OCUPACIÓN DE LAS VÍAS PÚBLICAS POR LOS VEHÍCULOS MOTORIZADOS DENTRO DEL CANTÓN CUENCA Y EL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ESTACIONAMIENTO ROTATIVO TARIFADO Y PARQUEO INDEBIDO-SERT EN EL CANTÓN CUENCA. Ordenanza.

GAD Municipal Cuenca. (2014). Bases de un nuevo modelo de Transporte Público. Plan de movilidad y espacios públicos. https://www.cuenca.gob.ec/content/bases-de-un-nuevo-modelo-de-transporte-publico

INEC. (2024, Abril). Estadísticas Laborales - abril 2024. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-laborales-enemdu/

Julián Sastre. (2022). Julián Sastre - Consultoría de transportes y ciudad. Los carriles bus, ¿una función social de interés general?: https://juliansastre.com/carriles-bus-funcion-social/

Kittelson & Associates, Inc; Parsons Brinckerhoff; KFH Group, Inc.; Texas A&M Transportation Institute; ARUP. (2013). Transit Capacity and Quality of Service Manual (3a ed.). Washington D.C.: Transit Cooperative Research Program.

EL TRAMBUS Y SU ARTICULACIÓN EN EL SISTEMA INTEGRADO DE LA TRANSPORTE DE LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES

Ing. Zafran, Daiana Pamela
Secretaría de Transporte -MIGC-GCABA, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, dzafran@buenosaires.gob.ar

Mg. Arq. Visciglia, María Florencia
Secretaría de Transporte -MIGC-GCABA, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, florencia.visciglia@buenosaires.gob.ar

Arq. Luna, Juan José
Secretaría de Transporte -MIGC-GCABA, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina, Juanjoseluna@buenosaires.gob.ar

RESUMEN

El presente trabajo describe el desarrollo del Sistema Trambus como parte del Sistema Integrado de Transporte (SIT) de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. En un contexto urbano históricamente estructurado por un patrón radial de transporte, el Trambus surge como solución transversal de capacidad intermedia y bajo impacto ambiental con vehículos eléctricos e infraestructura dedicada. Algunos de sus principales objetivos son mejorar la conectividad norte-sur en la Ciudad, completando con ello la estructura de red, reducir los tiempos de viaje y disminuir las emisiones contaminantes. El proyecto se enmarca en los lineamientos del Plan Urbano Ambiental (PUA) y los Planes de Movilidad Sustentable, integrando políticas de transición energética y compromisos climáticos. El Sistema integrará componentes que son propias de los corredores de transporte preexistentes en la Ciudad, con otras soluciones innovadoras, en la constante búsqueda de priorización y jerarquización del transporte público. En este sentido, el Trambus representa un hito en la transformación de la Ciudad, promoviendo el uso de tecnologías limpias y una movilidad más sustentable, innovadora y equitativa.

1. INTRODUCCIÓN

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) y su área metropolitana enfrentan desafíos de movilidad característicos de las grandes concentraciones urbanas, tales como la congestión, la contaminación y la siniestralidad. Desde el año 2007, el Gobierno de la CABA impulsa políticas de movilidad sustentable basadas en la protección ambiental, la eficiencia en el uso del espacio público y la integración de los diversos modos de transporte. Con el desarrollo del Metrobus en la CABA y la implementación del sistema SUBE (Sistema de Boleto Único Electrónico) por parte del Gobierno Nacional, desde 2011 se avanzó en mejorar la intermodalidad y la capacidad operativa en los modos masivos. Sin embargo, en algunas zonas de la Ciudad persiste la necesidad de incrementar la conectividad y el confort en el transporte público.

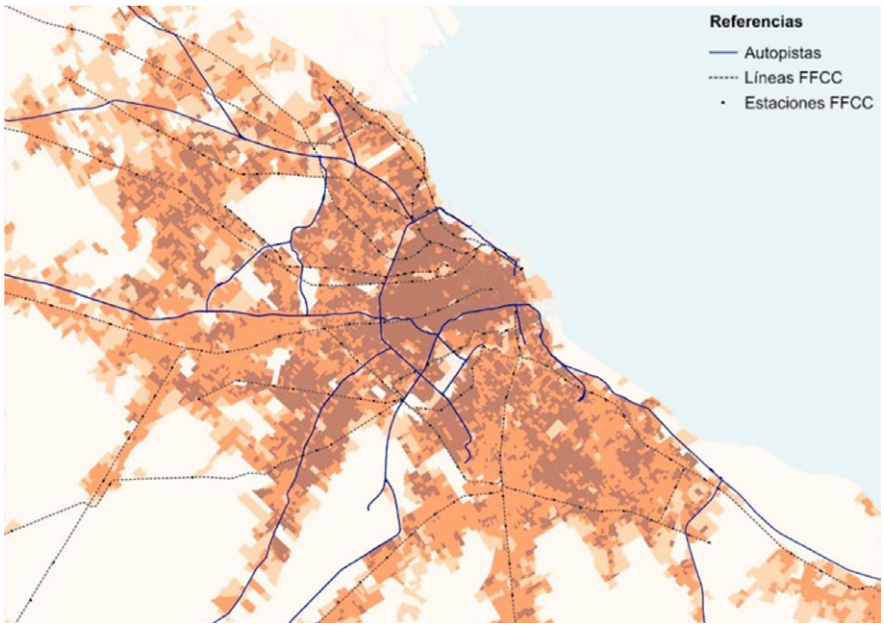
2. TRANSFORMACIÓN HACIA UNA MOVILIDAD SUSTENTABLE

El desarrollo de políticas de movilidad sustentable en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires responde, como en muchas ciudades, a la necesidad de mitigar las externalidades negativas producidas por el uso masivo del automóvil. Hacia finales del siglo XX comenzó un cambio de enfoque que prioriza a las personas, la equidad y el ambiente. La Ciudad avanzó en este sentido mediante un marco normativo y estratégico: la Constitución de 1996, el Plan Urbano Ambiental de 2008 y el Código de Tránsito y Transporte del año 2006 que establecieron criterios de sustentabilidad y planificación integrada. Luego, en el 2010 el Modelo Territorial y el Primer Plan de Movilidad Sustentable impulsaron proyectos tales como los corredores de Metrobus y la red de ciclovías protegidas. En este contexto, nace el concepto del Sistema Integrado de Transporte (SIT) constituido por ejes estructurantes del transporte público como el Subte y las líneas ferroviarias, articulados con estas nuevas infraestructuras. Recientemente, el Plan de Movilidad Sustentable 2030 y el Plan de Acción Climática reforzaron estrategias para facilitar la intermodalidad y promover la descarbonización del transporte.

3. LA MOVILIDAD EN LA CIUDAD

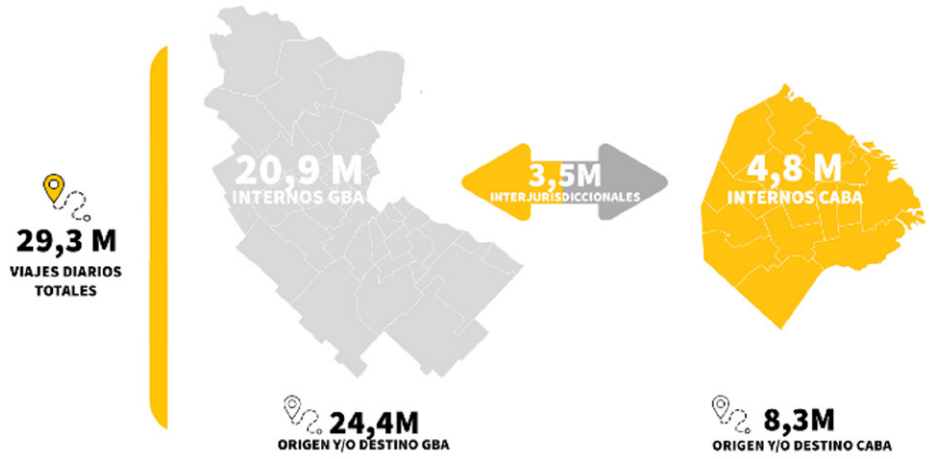
La Ciudad es un distrito autónomo que forma parte de un aglomerado mayor denominado Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) que concentra unos 16 millones de habitantes, equivalentes al 35% de la población nacional. La CABA es el principal polo laboral y educativo del país y, por su rol metropolitano, canaliza diariamente millones de desplazamientos.

Figura 1: Mancha urbana AMBA con red de ferrocarriles y autopistas. Fuente: INDEC 2022



En la Ciudad se realizan aproximadamente 8 millones de viajes diarios, de los cuales el 58% son internos y el 42% interjurisdiccionales. Los viajes realizados diariamente en el Área Metropolitana con origen o destino en la Ciudad implican que a la población residente, estimada en más de 3 millones de personas, se suman 1,4 millones que ingresan, siendo que solo 236 mil personas las que salen de la Ciudad cada día.

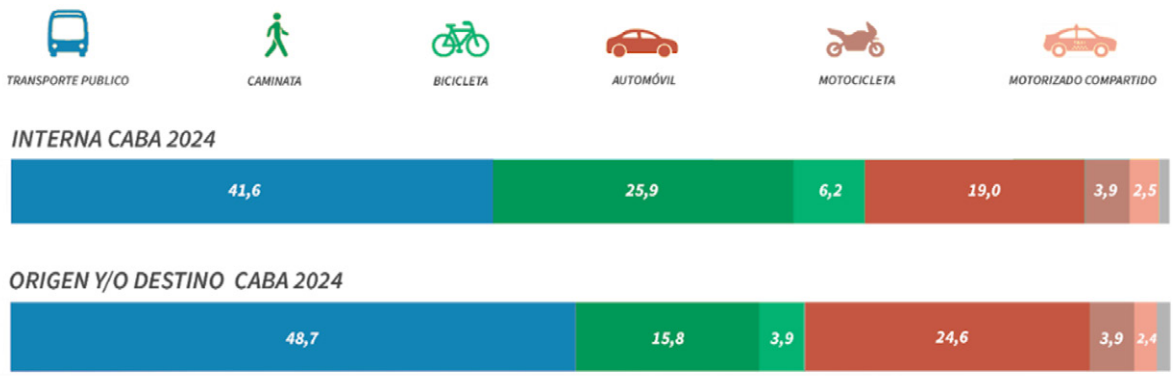
Figura 2: Viajes diarios en el AMBA con origen y/o destino en la CABA. Fuente: OMSV-GCABA



En los viajes internos de la Ciudad predomina el uso del transporte público, principalmente buses urbanos (colectivos), seguido por el subte, y en menor medida, el ferrocarril. La movilidad activa (caminar y andar en bicicleta) ocupa el segundo lugar en la distribución modal, reflejando su importancia en la movilidad cotidiana. El automóvil particular conserva una participación elevada, aunque con baja ocupación promedio (1,3 personas por vehículo). (OMSV, *Informe "Partición Modal 2024/2025"*).

En los viajes con origen y/o destino en la Ciudad, la distribución modal varía por las mayores distancias y la desigual accesibilidad al transporte público en el conurbano. En estos trayectos, los modos activos pierden peso, mientras el ferrocarril cobra relevancia por su eficiencia en recorridos largos. El uso del automóvil aumenta significativamente, asociado a la baja frecuencia, accesibilidad y confort del transporte público en zonas de menor densidad. Otra parte fundamental y frecuente son los transbordos donde, de acuerdo a la encuesta ENMODO 2018, el 23% de los viajes en transporte público del AMBA tienen dos o más etapas.

Figura 3: Distribución modal 2024. Fuente: OMSV. Informe "Partición Modal 2024/2025"



La red vial de la Ciudad, presenta una jerarquización que ordena la circulación de vehículos privados, transporte público y cargas. En los últimos años, con el impulsó de la movilidad sustentable se priorizaron el transporte público y la movilidad en bicicleta. En cuanto a la accesibilidad al transporte público en la CABA, es importante destacar que el 90% de la población dispone de una parada de colectivo, ferrocarril o subte en un radio de 200 metros de su residencia. Aun así, la mayoría de los servicios de transporte público tienen una conformación radial, con ejes que se originan en el Área Central, ubicada al este de la Ciudad, y se extienden hacia el oeste. En consecuencia, la conectividad hacia y desde esta zona es adecuada, pero resulta menor en el sentido norte-sur y en los sectores periféricos.

Finalmente, cabe mencionar que el transporte motorizado en Ciudad es responsable del 31% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI), constituyéndose como el segundo sector con mayor aporte después del energético. Además, a nivel local, genera material particulado y emisiones sonoras que afectan la calidad de vida y la salud de la población.

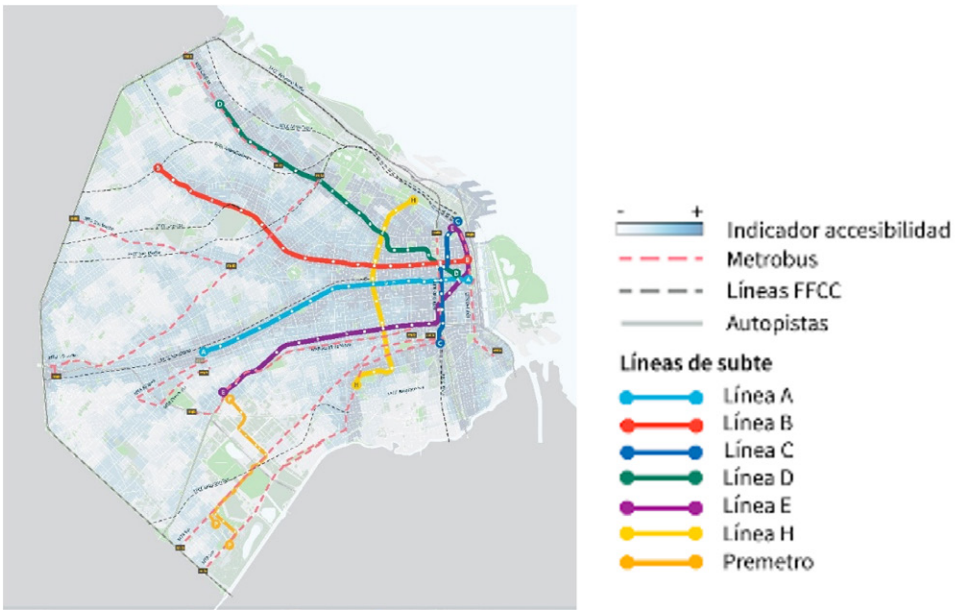
4. EL SISTEMA INTEGRADO DE TRANSPORTE PÚBLICO

Se entiende por Sistema Integrado de Transporte Público (SIT) al conjunto articulado de modos de transporte público urbano de mediana y gran capacidad que se encuentran integrados de manera física, tarifaria y/u operacional para garantizar una movilidad eficiente, continua, segura y accesible en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y su entorno metropolitano.

El sistema de movilidad urbana se basa en la complementariedad de modos de transporte masivos, como subtes, ferrocarriles metropolitanos, y líneas de colectivos, que se alimentan de otros sistemas como la red de ciclovías protegidas. Este enfoque busca una red funcional y sostenible que facilite desplazamientos eficientes, evitando la competencia entre servicios y promoviendo conectividad multimodal.

El SIT constituye un modelo en evolución que busca consolidarse como la base estructurante de una ciudad más sustentable, inclusiva y orientada al bienestar ciudadano. Su éxito dependerá de la continuidad de políticas públicas integradas, la innovación tecnológica, y la capacidad de adaptación frente a los nuevos desafíos urbanos.

Figura 4: Sistema Integrado de Transporte actual. Indicador de accesibilidad al transporte público



5. EL SISTEMA TRAMBUS

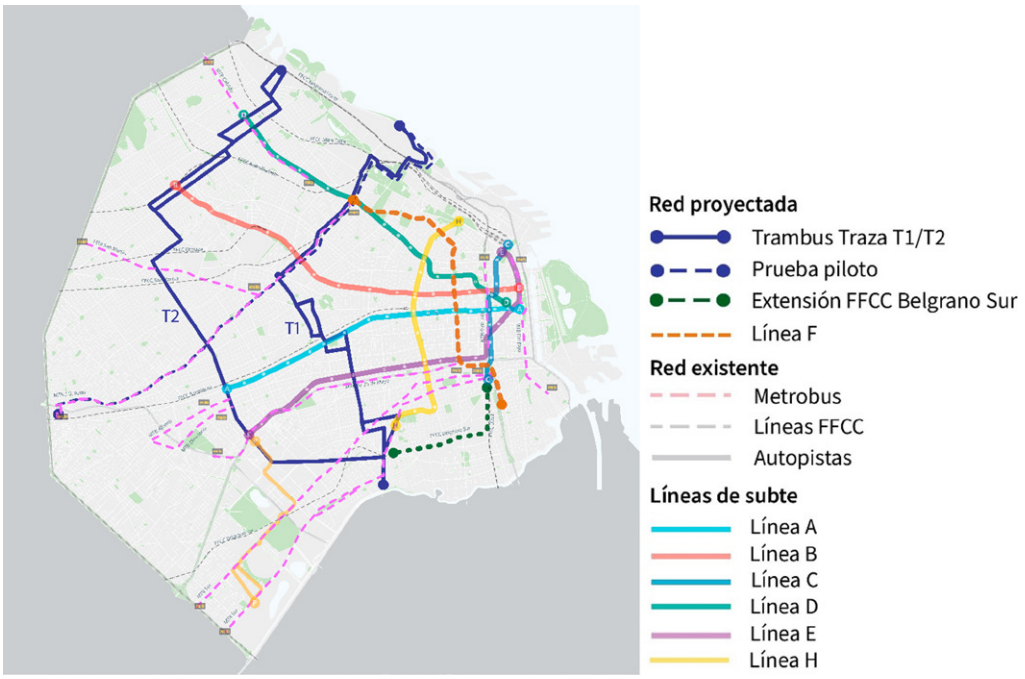
Fundamentos

Uno de los ejes centrales de las últimas décadas, en línea con las políticas públicas de movilidad sustentable en la Ciudad, fue la consolidación de la red de transporte de superficie mediante un proceso de jerarquización vial y modal. Esta estrategia ordenó las calles y avenidas según su función dentro del entramado urbano, estableciendo corredores prioritarios para el transporte público (como los carriles exclusivos para colectivos o el sistema Metrobus). Estas intervenciones sobre la red de superficie demostraron ser efectivas, flexibles y escalables.

No obstante, la red de transporte mantiene una conectividad transversal norte-sur limitada. La estructura histórica radial de la red de transporte facilita principalmente los desplazamientos hacia el centro, pero no responde adecuadamente a los flujos de viaje entre zonas periféricas o fuera del área central. Este déficit plantea la necesidad de pensar soluciones estructurales para conseguir una red integral.

En este sentido, el Plan Urbano Ambiental ya contempla la planificación de corredores transversales para fortalecer la conectividad norte-sur de la Ciudad. Siguiendo estos lineamientos, se proyectan tres nuevas trazas de transporte público: dos líneas de Trambus (T1 y T2) y la Línea F de subterráneo, que buscan diversificar la red y mejorar la integración del sistema metropolitano de movilidad.

Figura 5: Planificación del Sistema Integrado de Transporte



¿Qué es el Sistema Trambus?

El Trambus constituye un sistema de capacidad intermedia caracterizado por la utilización de energías limpias de bajo o nulo impacto ambiental y una estética identitaria que, contando con una infraestructura dedicada de carriles exclusivos o preferenciales que prioricen su circulación y operación, formará parte del Sistema Integrado de Transporte de la Ciudad de Buenos Aires.

Su flexibilidad lo convierte en una alternativa más económica y escalable que los modos guiados, capaz de mejorar la conectividad transversal en superficie, complementando principalmente a la red de subterráneos y favoreciendo la integración del sistema de transporte público.

Para garantizar una operación eficiente y regular, el sistema requerirá de infraestructura exclusiva, lo que permitirá alcanzar niveles de fluidez y frecuencia imposibles de lograr en convivencia con el tránsito general. Además, esta infraestructura podrá beneficiar a las líneas convencionales que compartan parte de su recorrido o que se deriven hacia dichas vías preferenciales, generando externalidades positivas sobre el conjunto del sistema.

Son propósitos del sistema:

• Mejorar la accesibilidad: Brindar mayor cantidad de interconexiones y una completa cobertura espacial; establecer una vinculación de calidad entre los subcentros de la Ciudad y entre éstos y el Área Central de la Ciudad.

• Eliminar barreras de movilidad: Aumentar la conectividad transversal en el eje Norte-Sur.

• Impulsar prácticas sostenibles: Reducir los impactos ambientales del transporte urbano; conferir prioridad a la circulación y operación del transporte masivo, reduciendo los tiempos de viaje de los usuarios y desalentando la utilización del automóvil particular; optimizar la oferta de la flota y el kilometraje recorrido; incorporar vehículos con tecnologías energéticas alternativas al diésel y favorecer el desarrollo urbano sustentable.

• Potenciar la Intermodalidad: Implementar la integración física y tarifaria con el sistema de transporte público subterráneo.

6. COMPONENTES DEL SISTEMA TRAMBUS

Vehículos Sustentables y Accesibles

En línea con el marco normativo y las tendencias internacionales en materia de movilidad sostenible, se destaca la necesidad de realizar un cambio energético en el transporte público de la Ciudad, considerando que el 99,83% de la flota total de colectivos tiene una motorización diesel, el 0,03% a GNC y el 0,14% son eléctricos.

Como antecedente, la Ciudad implementó en el año 2025 el eBus, la primera línea de buses 100% eléctrica, concebida como experiencia piloto de electromovilidad. Este servicio, compuesto por minibuses eléctricos, opera en un recorrido corto de aproximadamente 8 km dentro del área central, un sector de baja densidad poblacional.

Si bien el eBus y el Trambus comparten la electromovilidad como principio, el primero es un servicio experimental y de escala reducida, mientras que el Trambus se proyecta como un sistema estructural de transporte público eléctrico, diseñado para operar sobre corredores de alta demanda y conectividad transversal.

El Trambus incorporará vehículos eléctricos que contribuirán a la descarbonización del transporte público, y contarán con una imagen identitaria única. Se prevén dos tipologías:

• Articulados de aproximadamente 18 metros de largo, con una autonomía teórica de 350 km. Tienen una capacidad de alrededor de 120 pasajeros.

• No articulados, o convencionales, de aproximadamente 12 metros con una autonomía teórica de 270 km. Tienen una capacidad aproximada de entre 70 y 85 pasajeros.

Figura 6: Modelos ilustrativos de vehículos articulados y convencionales

Aplicación de tecnologías ITS

Las unidades del Trambus contarán con tecnología embarcada, como dispositivos de monitoreo, cámaras de Asistencia al Conductor, detección de puntos ciegos, servicio de conectividad WI-FI a bordo, contadores de pasajeros, información general de las unidades en tiempo real y un sistema audiovisual de información al pasajero como el estado de los servicios, recorrido y anuncios de próximas paradas. Asimismo, se incorporará tecnología aplicada a la semaforización para la priorización y agilización de la circulación dentro del sistema que, en conjunto con la infraestructura dedicada, permitirá la reducción de los tiempos de viaje.

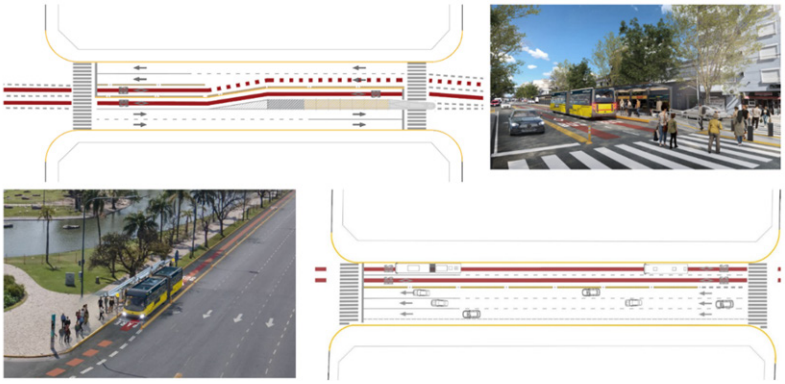
Infraestructura Dedicada

Por otra parte, la traza del Trambus contará con circulación priorizada mediante infraestructura dedicada que se dispondrá de acuerdo a las siguiente tipologías:

• Tipología *Metrobus*: Se aprovechará la infraestructura existente y se generarán nuevos corredores de corredores de Metrobús y Centros de Transbordo, que cuentan con carriles exclusivos en el sector central de la calzada y paradores elevados y accesibles, con una elevación de 40 cm respecto al nivel de calzada, facilitando la operación y el ascenso y descenso de pasajeros.

• Tipología Carriles exclusivos o preferenciales: En aquellos tramos donde por cuestiones geométricas o de tránsito general, no pueda implementarse la tipología *Metrobus*, se desarrollarán carriles exclusivos o preferenciales, que presentan segregación con demarcación horizontal y/o separadores físicos. Podrán disponerse de 1 o 2 carriles mayormente sobre la margen derecha de la calzada. En este caso los paradores serán laterales, elevados o a nivel de la vereda, en consideración del espacio disponible en su zona de implantación.

Figura 7: Ejemplos de Tipología Metrobus y tipología Carriles exclusivos



• Paradores Icónicos: se ubicarán en puntos estratégicos de la Ciudad, como cabeceras o áreas de combinación con el subte, y funcionarán como espacios innovadores que integran sustentabilidad, tecnología e intermodalidad. Contarán con guardabicis seguros, estaciones de Ecobici, lockers tipo pick up y, en algunos casos, cargadores eléctricos, aportando una identidad distintiva al nuevo concepto de Trambus.

• Predio y cargadores: cada traza contará con uno o más predios para la regulación y carga de los vehículos que serán utilizados como cabeceras. Contarán con las instalaciones para el uso del personal afectado a la operación y se instalarán cargadores requeridos para cada traza.

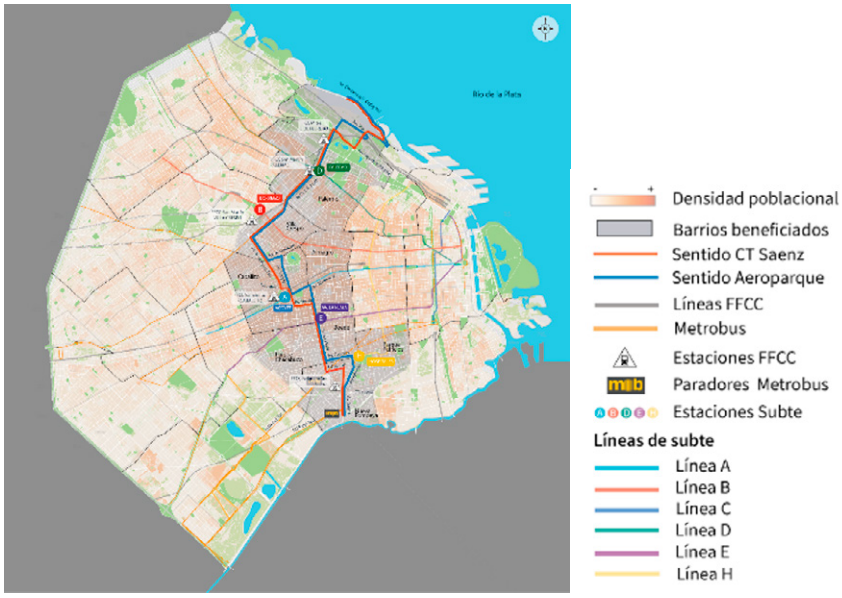
7. TRAZAS

A la fecha de elaboración del presente documento se encuentran en distinto grado de avance la implementación de 3 trazas componentes del Sistema Trambus, las cuales pueden observarse en la Figura 5, presentada precedentemente.

• Prueba Piloto: Como paso inicial de la puesta en marcha del sistema la Ciudad implementará en 2025 un servicio experimental de Trambus con una flota 100% eléctrica para evaluar su operación e integración con el Sistema Integrado de Transporte previo a la implementación de la Traza T1. Este se dispondrá en un servicio preexistente, que utiliza la infraestructura del Metrobus Juan B. Justo.

• Traza T1: En segunda instancia, se encuentra próxima al inicio de su construcción la infraestructura correspondiente a la denominada Traza T1. La misma circulará en forma transversal a la red de subterráneos desde el Aeroparque Jorge Newbery hasta el Centro de Transbordo Sáenz, en el barrio de Nueva Pompeya. Tendrá un desarrollo aproximado de 20 km de extensión, atravesando 8 barrios de 6 comunas de la Ciudad. En su recorrido se prevé la instalación de paradas cada 500 metros, aproximadamente,

Figura 8 : Traza T1 de Trambus



donde se destacan, la incorporación de paradas en puntos de conexión intermodal con 5 líneas de subterráneo y con 4 líneas de ferrocarril. Esta traza se constituye como un primer arco de vinculación transversal de transporte en superficie que complementa al servicio subterráneo.

• Traza T2: Esta traza se encuentra en instancias de planificación. Se concibe como un segundo arco de vinculación transversal al oeste de la Ciudad, uniendo las cabeceras de las 4 líneas de subte que se disponen en sentido este-oeste y vinculando con varias líneas ferroviarias.

8. CONCLUSIONES

La implementación del Trambus representa una gran oportunidad y un avance significativo para el robustecimiento del SIT de la Ciudad y la modernización del transporte público, junto a otros importantes proyectos como el de la Línea "F" de subte. Su desarrollo, además de articular estratégicamente la red de transporte público fortaleciendo la movilidad transversal norte-sur de la Ciudad, incorpora tecnologías limpias y potencia la intermodalidad. El Sistema contribuye con ello a reducir emisiones y ruidos y a modernizar el transporte urbano, avanzando hacia una movilidad más resiliente e inclusiva, capaz de transformar la Ciudad bajo una visión integral y sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (2020). *Plan de Acción Climática (PAC) 2050*. Recuperado de: https://buenosaires.gob.ar/vicejefatura/ambiente/cambio-climatico/plan-de-accion-climatica-2050

Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (2023). *Buses eléctricos: el nuevo modo de transporte de la Ciudad*. Recuperado de: https://buenosaires.gob.ar/infraestructura/colectivos/buses-electricos-el-nuevo-modo-de-transporte-de-la-ciudad

González, F., & Anapolsky, S. (2022). *Identificando la desigualdad en los patrones de movilidad en transporte público*. Abad, J., & Moleres, C. (Eds.). Recuperado de: https://doi.org/10.18235/0004305

Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (2017) *Estándar DOT*. Recuperado de: https://mexico.itdp.org/download/estandar-dot-2017/

Legislatura de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. *Constitución de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires* [Const.]. (1996) Recuperado de: https://buenosaires.gob.ar/justicia/instituto-de-gestion-electoral/normativa-electoral/1-constitucion-de-la-ciudad-autonoma-de-buenos-aires

Ley 2.930 (2018) *Plan Urbano Ambiental*. Recuperado de: https://buenosaires.gob.ar/sites/default/files/media/document/2020/09/18/1f10c9c1d6860d6d017a4ff4272071ec0520cfac.pdf

Observatorio de Movilidad y Seguridad Vial de la Ciudad de Buenos Aires. (2023) *Encuesta de Movilidad Domiciliaria 2018. Informe de resultados*. Recuperado de: https://buenosaires.gob.ar/sites/default/files/2023-10/Informe%20ENMODO%20AMBA%20y%20jurisdicciones%20-%20SEPTIEMBRE%202023.pdf

Observatorio de Movilidad y Seguridad Vial de la Ciudad de Buenos Aires. (2025). *Informes estadísticos y Mapas*. Recuperado de: https://buenosaires.gob.ar/infraestructura/movilidad/informes-de-movilidad

Secretaría de Transporte. *Resolución N° 66/SECT/25 [Res.]. (2025) Sistema Trambus.* Secretaría de Transporte de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Secretaría de Transporte. *Resolución N° 97/SECT/25 [Res.]. (2025) Autorizar la realización de la Prueba Piloto denominada "Movilidad Urbana de Buses Eléctricos – TRAMBUS"*, en el ámbito de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Secretaría de Transporte de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Secretaría de Transporte. *Resolución N° 171/SECT/25 [Res.]. (2025) Implementación Prueba Piloto denominada Movilidad Urbana de Buses Eléctricos "TRAMBUS"*. Secretaría de Transporte de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

EVALUACIÓN INTEGRAL DE LA SATISFACCIÓN DE LOS USUARIOS EN UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO TIPO BRT EN CARTAGENA DE INDIAS

Juan Sebastián Torrado Morelo
Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Bolívar, Colombia (jtorradom@unicartagena.edu.co)

Francesca Torres Mier
Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Bolívar, Colombia (ftorresm3@unicartagena.edu.co)

Jose Agustin Vallejo-Borda
Tecnologico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Monterrey, México (JoseVallejo@tec.mx)

RESUMEN

Este artículo analiza la experiencia subjetiva de los viajes en el sistema de transporte masivo Transcaribe, en la ciudad de Cartagena de Indias, Colombia, a partir del concepto de placer percibido por personas usuarias y no usuarias. Con base en el modelo teórico S-O-R (Estímulo-Organismo-Respuesta) y mediante la aplicación del modelo estadístico MIMIC (Modelo de Indicadores Múltiples y Causas Múltiples), se evaluaron los efectos de diversos indicadores del entorno físico y sociodemográfico en la percepción emocional del sistema. Entre los principales hallazgos se identificó que variables como la condición del bus, el espacio en la estación, la agilidad en la taquilla, el tiempo de espera y la iluminación interna inciden significativamente en la percepción de placer, especialmente durante las horas pico. Asimismo, se evidenció que dicha percepción varía según características como el género, la edad, el modo de transporte habitual y la finalidad del desplazamiento. El estudio destaca la importancia de incorporar variables subjetivas y emocionales en la evaluación de los sistemas de transporte público, y propone considerar estos hallazgos para el diseño de estrategias que mejoren la experiencia de viaje y fomenten una mayor aceptación y uso del sistema por parte de la ciudadanía.

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de sistemas integrados de transporte masivo ha sido clave para mejorar la movilidad urbana y promover la sostenibilidad en las ciudades (Lättman & Otsuka, 2024). En este contexto, el SITM Transcaribe inició operaciones en Cartagena de Indias hace ocho años, inspirado en modelos como TransMilenio en Bogotá, Colombia y el BRT de Curitiba, Brasil, con el objetivo de ofrecer un servicio económico, rápido y seguro (Cartagena Cómo Vamos, 2023). Aunque ha contribuido a reducir tiempos de viaje y disminuir la contaminación ambiental (Wirasinghe et al., 2013), los usuarios manifiestan insatisfacción por problemas como hacinamiento, retrasos, falta de cobertura y fallas en los vehículos, lo que refleja factores subjetivos y emocionales no considerados en las estrategias de mejora (El Universal, 2024).

Este estudio busca analizar la influencia de variables como la condición del bus, tiempos de espera y agilidad en la taquilla en la satisfacción del usuario, integrando aspectos racionales y emocionales a través del modelo de Mehrabian y Russell, que incorpora la dimensión afectiva del placer. Este enfoque permite comprender mejor la relación entre la experiencia del usuario y su comportamiento frente al sistema, aportando recursos para mejorar el servicio y fomentar su uso.

2. ESTADO DEL ARTE

El transporte público es clave para el desarrollo sostenible al reducir la congestión y el impacto ambiental (Javid et al., 2024). Dentro de sus modalidades, el Bus de Tránsito Rápido (BRT) destaca por su eficiencia y bajo costo, siendo ampliamente empleado en el sur global (Mwesigwa et al., 2024; Wirasinghe et al., 2013). No obstante, en América Latina enfrenta problemas de congestión, inseguridad y evasión de tarifas que afectan la percepción de calidad y satisfacción de los usuarios (Guzmán et al., 2021).

La satisfacción está estrechamente vinculada al placer, emoción que refleja bienestar y promueve conductas positivas hacia el sistema (Gatersleben & Uzzell, 2007). Según el modelo de Mehrabian y Russell (1974), los estímulos del entorno influyen en emociones como placer, excitación y dominancia, determinando la actitud del usuario (Ortiz-Ramírez et al., 2021). En el ámbito del transporte, el placer depende de factores como comodidad, limpieza y seguridad (Javid et al., 2024).

Esta investigación aporta una visión innovadora al integrar el componente emocional con el análisis físico del sistema BRT, destacando cómo el placer influye en la satisfacción y disposición a usar el servicio, contribuyendo así a mejorar la experiencia del transporte público.

3. METODOLOGÍA

3.1 Aproximación de modelación

El placer asociado al sistema Transcaribe, al ser una variable que no puede medirse

directamente, se identificó mediante la percepción subjetiva de los usuarios sobre factores como la comodidad, limpieza, estado de los buses e iluminación. Estos indicadores fueron evaluados a través de un Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) para validar su pertinencia y el ajuste del modelo (Giraldo & Torres, 2023).

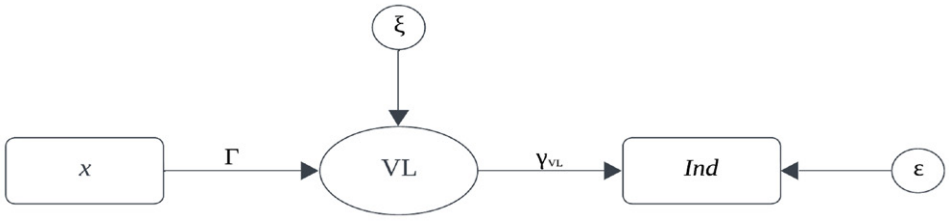
Para el análisis se utilizó un modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM) del tipo MIMIC (Modelo de Indicadores Múltiples y Causas Múltiples), en el cual la variable latente (VL), placer, se relacionó tanto con indicadores observables (Ind) como con atributos medidos objetivamente (x), tales como características sociodemográficas y del sistema. El procesamiento de datos se realizó con el paquete "lavaan" de R (R Core Team, 2019; Rosseel, 2012), estableciendo un nivel de confianza del 90 % para pruebas bilaterales y considerando significativas las relaciones con t > |1,64|. El modelo se definió mediante un modelo de medición, dado por la ecuación (1), y un modelo estructural, definido por la ecuación (2).

$$Ind_i = \Upsilon_{i\,VL} \cdot VL + \varepsilon_i \qquad (1)$$

$$VL = \Gamma_i \cdot x_i + \xi \qquad (2)$$

Las relaciones entre las ecuaciones planteadas deben analizarse de manera conjunta, como se muestra en la figura 1, en donde el lado derecho de la figura corresponde al modelo de medición y el lado izquierdo al modelo estructural.

Figura 1: Modelo MIMIC



De acuerdo con las ecuaciones (1) y (2), Ind representa el vector de indicadores que permiten identificar las variables latentes; Υ_{VL} es el vector de coeficientes que muestra la variación en el valor de los indicadores cuando la variable latente cambia en una unidad; VL se refiere a la variable latente; ε es el vector de error asociado a los indicadores; Γ es el vector del parámetro estructural que indica la variación en el valor de la variable latente cuando el atributo medido objetivamente cambia en una unidad; x representa los atributos medidos objetivamente; y ξ corresponde al error aleatorio de la variable latente. Cabe destacar que, en este tipo de modelos, se asume como premisa estadística que los términos de error (ε y ξ) tienen un valor esperado de cero, es decir, que no presentan sesgo sistemático en sus estimaciones.

Una vez planteado el modelo, es necesario verificar si se ajusta bien a los datos. Para ello, se emplearon diversas métricas de ajuste, entre las cuales se encuentran los índices de ajuste absolutos (χ^2 normado y SRMR), incrementales (CFI y TLI) y parsimoniosos (RMSEA). Vallejo-Borda et al. (2023a) considera aceptable un χ^2 normado < 3,00; SRMR < 0,05; CFI > 0,95; TLI > 0,95; RMSEA < 0,05.

Los coeficientes estandarizados se interpretaron según su magnitud: efectos débiles (< 0,1), moderados (0,1–0,5) y grandes (> 0,5) (Vallejo-Borda et al., 2023a). Además, la población se segmentó por horario de viaje en cuatro categorías: horario pico de salida (7:00 a.m. – 9:00 a.m.), horario pico de regreso (5:00 p.m. – 8:00 p.m.), horario no pico de salida (antes de 7:00 a.m. y después de 9:00 a.m.) y horario no pico de regreso (antes de 5:00 p.m. y después de 8:00 p.m.). Esta segmentación, basada en estudios previos (Allen et al., 2018) y en la normativa local de pico y placa (Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias, s.f.), permitió explorar diferencias en la percepción del placer según la hora del viaje, identificando patrones de comportamiento específicos en cada franja horaria.

3.2 Recolección de datos

Los datos utilizados en esta investigación se obtuvieron mediante encuestas de recolección mixta, combinando encuestas en línea y encuestas por interceptación, lo cual permitió mejorar la cobertura y reducir sesgos (Dillman et al., 2014). El cuestionario incluyó secciones sobre el uso de Transcaribe, percepciones asociadas al placer y datos sociodemográficos.

La construcción del instrumento de medición fue un proceso cuidadoso y estructurado que inició con la identificación de indicadores representativos de la variable latente (placer). A partir de estos indicadores, se formularon afirmaciones (Tabla 1) que luego fueron revisadas por un experto y validadas mediante un grupo focal. Posteriormente, se llevó a cabo una prueba piloto del cuestionario con una submuestra, garantizando claridad, coherencia y permitiendo realizar los ajustes finales al instrumento.

Cabe destacar que, los datos para la modelación fueron codificados de la siguiente forma: las afirmaciones relacionadas con los indicadores de la variable latente se recolectaron mediante encuestas con una escala Likert de 5 puntos, donde 1 significaba "Totalmente en desacuerdo" y 5 "Totalmente de acuerdo", para medir el nivel de acuerdo o desacuerdo de los encuestados. Por su parte, los atributos cualitativos fueron transformados en variables *dummy*, asignando un valor binario de 1 si la condición se cumplía y 0 en caso contrario.

Tabla 1: Indicadores y afirmaciones utilizadas para definir la variable latente placer

Indicadores	Afirmaciones
Condición del bus	Normalmente, los buses en los sistemas de transporte público tipo Transcaribe se encuentran en buenas condiciones (climatización, funcionamiento de las puertas y timbres, etc.)
Espacio en la estación	El espacio en las estaciones de sistemas de transporte público tipo Transcaribe me permite esperar el bus con comodidad.
Agilidad en la taquilla	El proceso de recarga de tarjetas en sistemas de transporte público tipo Transcaribe es rápido y eficiente.
Tiempo de espera	Me siento satisfecho/a con los tiempos de espera de buses al utilizar sistemas de transporte público tipo Transcaribe.
Iluminación	Me siento satisfecho/a con la iluminación interna de los buses en sistema de transporte público tipo Transcaribe.

En total, se recopilaron 755 encuestas recolectadas de la siguiente forma: 408 en línea (mediante publicidad en redes sociales), 239 presenciales y 108 adicionales por WhatsApp para alcanzar el número mínimo de respuestas requerido por segmento. La tabla 2 a continuación, presenta la información medida objetivamente en las encuestas.

Tabla 2: Información medida objetivamente en las encuestas de recolección de datos

Atributo medido objetivamente	Opciones
Identidad de género	Mujer, Hombre*.
Orientación sexual	Heterosexual, Otro (Homosexual, Bisexual, Pansexual, Asexual, Prefiero no decirlo)*.
Edad	18 a 24, 25 a 30, 31 a 40*, 41 a 50, 51 a 60, más de 60.
Estrato socioeconómico según recibo de luz	Bajo, Medio*, Alto.
Personas en el hogar	Número de personas.
Nivel educativo	Primaria o Secundaria, Técnico, Tecnólogo, Profesional, Postgrado*.
Tiempo actividades de cuidado	No dedico tiempo a labores de cuidado, Tiempo parcial - algunas/pocas horas al día*, Tiempo parcial - medio día, Tiempo completo - todo el día.
Bicicletas en el hogar	0, 1*, más de 1.
Patinetas en el hogar	Sí, No.
Realización de desplazamientos para actividades de ocio	No realiza, poco frecuente*, frecuente.
Realización de desplazamientos para asuntos de salud	No realiza, poco frecuente*, frecuente.
Uso de carro para movilizarse	No usa, poco frecuente*, frecuente.
Uso de motocicleta para movilizarse	No usa, poco frecuente*, frecuente.
Uso de transporte público para movilizarse	No usa, poco frecuente*, frecuente.
Uso de bicicleta para movilizarse	No usa, poco frecuente*, frecuente.
Caminar para movilizarse	No camina, poco frecuente*, frecuente.
Tipo de usuario de Transcaribe	No usuario, Usuario poco frecuente (1-3 días por semana)*, Usuario frecuente (4-7 días por semana).
Horario de salida en hora pico (7 a.m.-9 a.m.)	Sí, No.
Horario de regreso en hora pico (5 p.m.-8 p.m.)	Sí, No.

* Utilizado como base en el modelo.

El estudio analizó cuatro categorías de horario (pico y no pico de salida y regreso), calculando un tamaño muestral mínimo de 176 encuestas por segmento mediante análisis de potencia (poder 0,80; $\alpha = 0,05$; tamaño del efecto = 0,03). Tras la recolección, se aplicó una limpieza rigurosa de datos, eliminando respuestas de menores de edad, no autorizadas, incompletas, con tiempos de respuesta excesivos o de "speeders" (Vallejo-Borda et al., 2023b). Las encuestas presenciales solo se depuraron por datos faltantes y se usó el rango intercuartílico (IQR) para detectar valores atípicos en la variable de edad. En total, se eliminaron 64 respuestas, quedando 691 válidas.

Adicionalmente, se incorporó información secundaria del Mapa Interactivo Digital de Asuntos de Suelo (MIDAS, 2025) para caracterizar los lugares de residencia, integrando variables del entorno como áreas recreativas, cámaras de seguridad, estaciones y paraderos de Transcaribe, zonas verdes, densidad poblacional y área del barrio.

4. RESULTADOS

La variable latente de placer percibido se construyó con cinco indicadores (condición del bus, espacio en la estación, agilidad en la taquilla, tiempo de espera e iluminación) y se analizó por horario. Los coeficientes estandarizados del modelo permitieron comparar los resultados entre las diferentes franjas horarias (Tabla 3).

Tabla 3: Coeficientes estimados y estandarizados de los atributos objetivos del modelo

Indicador	Total	Hora pico de salida	Hora no pico de salida	Hora pico de regreso	Hora no pico de regreso
Condición del bus	1,00 / 0,68 (-)	1,00 / 0,74 (-)	1,00 / 0,65 (-)	1,00 / 0,74 (-)	1,00 / 0,66 (-)
Espacio en la estación	0,87 / 0,60 (14,01)	0,77 / 0,58 (9,52)	0,93 / 0,61 (10,24)	0,87 / 0,65 (12,53)	0,80 / 0,55 (8,19)
Agilidad en la taquilla	0,85 / 0,58 (13,73)	0,78 / 0,59 (9,16)	0,80 / 0,59 (10,24)	0,74 / 0,56 (11,47)	0,98 / 0,65 (9,17)
Tiempo de espera	1,08 / 0,73 (14,72)	1,01 / 0,74 (10,69)	1,10 / 0,71 (10,39)	0,94 / 0,70 (12,54)	1,22 / 0,78 (9,56)
Iluminación	0,84 / 0,58 (13,25)	0,85 / 0,64 (9,76)	0,84 / 0,56 (9,69)	0,76 / 0,57 (11,07)	0,86 / 0,58 (9,56)

Nota 1: En cada celda, el primer valor corresponde al coeficiente estimado, seguido del coeficiente estandarizado, y entre paréntesis, el t-estadístico.
Nota 2: El indicador "Condición del bus" presentó un símbolo (-) en el t-estadístico, ya que fue utilizado como base en el modelo.

Luego, se identificaron los diversos atributos sociodemográficos y los obtenidos a partir de la información secundaria que definen estadísticamente la variable latente. El modelo MIMIC se consideró para cada segmentación, basándose en treinta atributos y cinco indicadores de la VL. Asimismo, los coeficientes estimados y estandarizados de los atributos medidos objetivamente se presentan en la tabla 4.

Tabla 4: Coeficientes estimados y estandarizados de las externalidades percibidas del modelo de estructural

Atributo	Total	Hora pico de salida	Hora no pico de salida	Hora pico de regreso	Hora no pico de regreso
No usuario de Transcaribe	0,12 / 0,07 (1,04)	0,06 / 0,03 (0,45)	**0,22 / 0,14 (2,06)**	-0,05/-0,03 (-0,31)	**0,36 / 0,23 (2,51)**
Usuario frecuente	**-0,16/-0,11 (-2,31)**	-0,11/ -0,07 (-0,83)	-0,07/-0,05 (-0,67)	-0,12/-0,08 (-0,93)	-0,10/-0,07 (-0,87)
Mujer	**-0,12/-0,09 (-1,91)**	**-0,35/-0,22 (-3,16)**	-0,07/-0,05 (-0,77)	**-0,18/-0,11 (-1,86)**	**-0,18/-0,13 (-1,99)**
Orientación heterosexual	**-0,18/-0,08 (-1,82)**	-0,21/-0,09 (-1,30)	-0,24/-0,09 (-1,47)	**-0,25/-0,10 (-1,71)**	-0,02/-0,00 (-0,10)
Edad 18-24	**-0,17/-0,11 (-2,09)**	**-0,52/-0,27 (-2,87)**	0,02 / 0,01 (0,16)	-0,12/-0,07 (-1,04)	**-0,36/-0,21 (-3,10)**
Edad 25-30	-0,12/-0,05 (-0,98)	**-0,41/-0,17 (-2,05)**	0,08 / 0,03 (0,50)	-0,17/-0,07 (-0,96)	0,05 / 0,02 (0,28)
Edad 41-50	**0,14 / 0,08 (1,68)**	0,17 / 0,09 (1,00)	**0,22 / 0,13 (1,83)**	**0,21 / 0,11 (1,75)**	0,06 / 0,03 (0,54)
Edad 51-60	**0,15 / 0,08 (1,80)**	0,16 / 0,08 (0,94)	**0,27 / 0,13 (1,95)**	0,11 / 0,05 (0,69)	0,15 / 0,08 (1,06)
Edad > 60	0,18 / 0,06 (1,30)	**-0,47 -0,15 (-1,85)**	**0,61 / 0,23 (3,91)**	0,05 / 0,02 (0,25)	0,18 / 0,07 (0,89)
Estrato socioeconómico bajo	-0,06/-0,04 (-0,75)	-0,09/-0,05 (-0,67)	-0,08/-0,06 (-0,86)	0,03 / 0,02 (0,29)	**-0,24/-0,16 (-2,31)**
Estrato socioeconómico alto	**0,17 / 0,10 (2,00)**	0,06 / 0,03 (0,30)	0,07 / 0,04 (0,42)	0,09 / 0,04 (0,49)	-0,08/-0,05 (-0,49)
Áreas recreativas	0,00 / 0,03 (0,72)	0,01 / 0,05 (0,69)	0,00 / 0,02 (0,32)	**0,01 / 0,16 (2,61)**	**-0,00/-0,13 (-1,93)**
Cámaras de seguridad	**0,02 / 0,11 (2,53)**	0,02 / 0,10 (1,42)	**0,02 / 0,11 (2,01)**	**0,02 / 0,10 (1,80)**	0,02 / 0,09 (1,40)
Paraderos de Transcaribe	0,00 / 0,03 (0,06)	-0,01/-0,07 (-0,97)	0,00 / 0,06 (1,04)	**-0,00/-0,10 (-1,69)**	**0,01 / 0,14 (2,28)**
Áreas verdes	0,00 / 0,05 (1,11)	0,00 / 0,04 (0,58)	0,00 / 0,02 (0,35)	-0,00/-0,03 (-0,47)	**0,01 / 0,16 (2,41)**
Densidad poblacional	0,00 / 0,04 (0,71)	-0,00/-0,08 (-1,14)	**0,00 / 0,14 (2,45)**	-0,00/-0,02 (-0,26)	0,00 / 0,11 (1,34)
Personas en el hogar	0,02 / 0,03 (0,67)	**0,07 / 0,13 (2,12)**	-0,02/-0,04 (-0,67)	0,02 / 0,04 (0,64)	0,01 / 0,02 (0,29)
Nivel educativo tecnólogo	0,02 / 0,01 (0,27)	-0,06/-0,03 (-0,40)	0,01 / 0,01 (0,11)	-0,20/-0,09 (-1,51)	**0,31 / 0,12 (2,37)**
Tiempo de cuidado completo	**0,26 / 0,10 (2,33)**	0,11 / 0,04 (0,57)	**0,39 / 0,16 (2,61)**	0,17 / 0,06 (0,85)	**0,46 / 0,17 (2,95)**
No bicicleta	0,06 / 0,04 (0,90)	**0,23 / 0,14 (1,97)**	-0,02/-0,02 (-0,25)	0,03 / 0,02 (0,26)	0,11 / 0,07 (1,06)
Patineta	0,20 / 0,07 (1,58)	0,24 / 0,07 (0,99)	**0,25 / 0,09 (1,80)**	**0,24 / 0,08 (1,96)**	0,15 / 0,05 (0,76)
No realiza desplazamientos para ocio	**0,31 / 0,17 (3,68)**	**0,42 / 0,18 (2,79)**	**0,19 / 0,11 (1,89)**	-0,02/-0,01 (-0,20)	**0,64 / 0,34 (4,79)**
Realiza desplazamientos frecuentes por ocio	0,15 / 0,06 (1,29)	0,14 / 0,05 (0,70)	0,06 / 0,02 (0,35)	**0,41 / 0,14 (2,16)**	-0,02/-0,01 (-0,12)

Realiza desplazamientos frecuentes por salud	**-0,16/-0,08 (-1,86)**	-0,07/-0,03 (-0,44)	-0,14/-0,07 (-1,27)	-0,14/-0,06 (-1,06)	**-0,26/-0,13 (-1,91)**
No usa carro para movilizarse	0,07 / 0,05 (1,03)	0,01 / 0,01 (0,11)	0,09 / 0,06 (0,99)	**0,23 / 0,15 (2,45)**	**-0,16/-0,11 (-1,68)**
Usa carro con frecuencia para movilizarse	-0,09/-0,05 (-0,98)	0,16 / 0,09 (1,34)	**-0,23/-0,14 (-2,11)**	-0,13/-0,07 (-0,87)	-0,09/-0,05 (-0,72)
Usa motocicleta con frecuencia para movilizarse	-0,11/-0,06 (-1,36)	-0,15/-0,07 (-1,04)	-0,11/-0,06 (-1,03)	**-0,25/-0,13 (-2,17)**	-0,07/-0,04 (-0,62)
No usa transporte público para movilizarse	-0,02/-0,01 (-0,16)	0,19 / 0,10 (1,05)	-0,12/-0,07 (-0,75)	**0,29 / 0,15 (1,75)**	-0,20/-0,12 (-1,33)
Usa bicicleta con frecuencia para movilizarse	-0,15/-0,05 (-1,02)	0,36 / 0,09 (1,38)	**-0,31/-0,11 (-1,86)**	-0,28/-0,08 (-1,22)	0,03 / 0,01 (0,13)
No camina para movilizarse	**-0,14/-0,10 (-2,22)**	**-0,30/-0,18 (-2,66)**	-0,05/-0,03 (-0,57)	**-0,18/-0,11 (-1,76)**	**-0,16/-0,10 (-1,78)**

Nota 1: En cada celda, el primer valor corresponde al coeficiente estimado, seguido del coeficiente estandarizado, y entre paréntesis, el t-estadístico.
Nota 2: Los coeficientes estadísticamente significativos (valores de t-estadístico igual o mayor a 1,64) se pueden evidenciar en negrita en la tabla.

El modelo MIMIC aplicado mostró un buen ajuste, como lo indican los índices obtenidos: χ^2 normalizado = 2,70 (< 3,00), SRMR = 0,03 (< 0,05), CFI = 0,96 y TLI = 0,99 (ambos > 0,95), y RMSEA = 0,04 (< 0,05), indicando una adecuada correspondencia con los datos y no requirió de modificaciones adicionales.

5. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

Los resultados del estudio evidenciaron variaciones significativas en la percepción de satisfacción con el sistema Transcaribe según diferentes características individuales y contextuales.

Respecto a la frecuencia de uso del sistema, se puede afirmar que los no usuarios de Transcaribe valoran mejor la experiencia potencial en horarios no pico. En cambio, los usuarios frecuentes son más críticos presentando valoraciones negativas; lo cual puede explicarse puesto que, al utilizar Transcaribe para sus desplazamientos diarios, están más expuestos a las fallas del sistema (Anh Tuan et al., 2022).

En cuanto al género, se observó que las mujeres manifestaron mayores niveles de insatisfacción en todas las franjas horarias, especialmente durante la hora pico de salida. Esta tendencia puede explicarse a partir de los resultados de otros estudios, en los que se concluyó que las mujeres otorgan mayor importancia a aspectos como la seguridad, la comodidad y la congestión (Olmo & Maeso, 2016).

En relación con la edad, los jóvenes entre 18 y 30 años fueron quienes presentaron una percepción más negativa del servicio, mientras que los adultos de mediana edad reportaron una experiencia más favorable. Por su parte, los adultos mayores de 60 años valoraron positivamente el sistema únicamente durante las horas no pico, cuando las condiciones de viaje son más tranquilas (Leung et al., 2025).

Respecto al modo de transporte habitual, las personas que se movilizan con frecuencia en bicicleta, automóvil o motocicleta tienden a percibir negativamente a Transcaribe, al considerar que no les ofrece los niveles de autonomía, comodidad y control del tiempo que encuentran en sus modos habituales (Giraldo & Torres, 2023). Por otro lado, las personas que deben recorrer largas distancias a pie para acceder al sistema tienden a valorar el Transcaribe de forma menos favorable, lo que pone en evidencia las limitaciones de conectividad peatonal con las estaciones (Murata et al., 2017).

Por otro lado, se identificó que la presencia de cámaras de seguridad contribuye a una percepción más positiva del servicio, al generar mayor sensación de bienestar y confianza durante el viaje (Rodrigues & da Silva, 2022). Finalmente, las personas que se dedican al cuidado de otras personas tienen una buena percepción sobre el servicio brindado, en cambio, las personas que se desplazan por temas de salud tienden a tener una mala percepción sobre Transcaribe.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los hallazgos de la investigación revelan que factores como la condición del bus, el espacio en la estación, la agilidad en la taquilla, el tiempo de espera y la iluminación interna inciden significativamente en la percepción del placer tanto de los usuarios como de los no usuarios de Transcaribe al interactuar con el sistema. El grupo poblacional más insatisfecho o que percibe negativamente el sistema de Transcaribe fueron las mujeres, adultos jóvenes y usuarios frecuentes en especial durante las horas pico, por ende, las propuestas de mejora deben ir dirigidas a satisfacer las necesidades de este grupo poblacional.

Estos resultados reflejan la importancia de ofrecer un servicio que no solo sea puntual, sino que también garantice condiciones de comodidad, eficiencia y seguridad. Contar con buses en buen estado, espacios físicos adecuados para la espera y el abordaje, procesos ágiles para la recarga de tarjetas, tiempos de espera razonables y ambientes bien iluminados no solo mejora la experiencia de viaje, sino que también podría incrementar la satisfacción general y fomentar tanto la fidelización de los usuarios actuales como la atracción de nuevos usuarios hacia el sistema.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía Mayor de Cartagena de Indias. (s. f.). *Nueva rotación del pico y placa para vehículos particulares y motocicletas*. Recuperado de https://www.cartagena.gov.co/noticias/nueva-rotacion-pico-placa-para-vehiculos-particulares-motocicletas#:~:text=El%20horario%20de%20pico%20y,am%20a%2011%3A00%20pm el 30 de octubre de 2024.

Allen, J., Muñoz, J. C., Ortúzar, J. (2018) Modelling service-specific and global transit satisfaction under travel and user heterogeneity, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 113, 2018, Pages 509-528, ISSN 0965-8564, https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.05.009.

Anh Tuan, V., Van Truong, N., Tetsuo, S., Ngoc An, N. (2022). Public transport service quality: Policy prioritization strategy in the importance-performance analysis and the three-factor theory frameworks, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 166, 2022, Pages 118-134, ISSN 0965-8564, https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.10.006.

Cartagena cómovamos. (2023). *Transcaribe ¿Cómo le ha ido al SITM?* Cartagena Cómovamos. Recuperado de https://cartagenacomovamos.org/wp-content/uploads/2023/03/Situacion-de-Transcaribe-historia-Cartagena-Cartagena-Como-Vamos.pdf el 7 de mayo de 2025.

Dillman, D. A., Smyth, J. D., & Christian, L. M. (2014). *Internet, phone, mail, and mixed-mode surveys: The tailored design method* (4th ed.). Wiley.

El Universal. (2024). *Transcaribe: ¿qué hará el sistema con las demoras y los buses varados? El Universal.* Recuperado de https://www.eluniversal.com.co/cartagena/2024/12/10/transcaribe-que-hara-el-sistema-con-las-demoras-y-los-buses-varados/ el 8 de mayo de 2025.

Gatersleben, B., & Uzzell, D. (2007). Affective Appraisals of the Daily Commute: Comparing Perceptions of Drivers, Cyclists, Walkers, and Users of Public Transport. *Environment and Behavior*, 39(3), 416–431. https://doi.org/10.1177/0013916506294032

Giraldo, A., & Torres, S. (2023). ¿Por qué las personas en Cartagena de Indias usan mototaxi?: una aproximación desde los modelos de ecuaciones estructurales. *Biblioteca Digital Universidad de Cartagena*; Universidad de Cartagena. https://repositorio.unicartagena.edu.co/entities/publication/0b3fef5f-5d62-40be-9049-b9f23d756c00

Guzman, L. A., Arellana, J., Camargo, J. P. (2021). A hybrid discrete choice model to understand the effect of public policy on fare evasion discouragement in Bogotá's Bus Rapid Transit, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 151, 2021, Pages 140-153, ISSN 0965-8564, https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.07.009.

Javid, M.A., Tahir, Q., Ammar, M.M., Khan, B.A., Mehdi, Y., & Ali, N. (2024). Customers' Satisfaction and Intentions with Public Transportation in Faisalabad, Pakistan: Implications for a Bus Rapid Transit Service. *Transactions on Transport Sciences*, 15(1), 28-39. doi: 10.5507/tots.2023.018

Lättman, K., & Otsuka, N. (2024). Sustainable Development of Urban Mobility through Active Travel and Public Transport. *Sustainability*, 16(2), 534. https://doi.org/10.3390/su16020534

Leung, A., Burlando, C., Pavanini, T. (2025), Market segmentation and willingness to pay for public transport annual passes among older adults: insights from Genoa, Italy, *Research in Transportation Business & Management*, Volume 58, 2025, 101243, ISSN 2210-5395, https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2024.101243.

MIDAS. (2025). Recuperado de https://midas.cartagena.gov.co/#/home el 25 de febrero de 2025.

Murata, M., Delgado, J., Suárez, M. (2017) ¿Por qué la gente no usa el Metro? Efectos del transporte en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, 93, 158–176. https://doi.org/10.14350/rig.56661.

Mwesigwa, L., Yin, Z., Farber, S. (2024). Evaluating the level of access and equity of the bus rapid transit (BRT) system: The case of Dar-Es-Salaam, Tanzania, *Journal of Transport Geography*, Volume 119, 2024, 103953, ISSN 0966-6923, https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2024.103953.

Olmo, M. I. & Maeso, E. (2016). Gender Differences in Commuting Behavior: Women's Greater Sensitivity, *Transportation Research Procedia*, Volume 18, 2016, Pages 66-72, ISSN 2352-1465, https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.12.009.

Ortiz-Ramirez, H. A., Vallejo-Borda, J. A., Rodriguez-Valencia, A. (2021). Staying on or getting off the sidewalk? Testing the Mehrabian-Russell Model on pedestrian behavior, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Volume 78, 2021, Pages 480-494, ISSN 1369-8478, https://doi.org/10.1016/j.trf.2021.03.007.

R Core Team. (2019). R: A Language and Environment for Statistical Computing. https://www.r-project.org/

Rodrigues, T. M., & da Silva, M. C. (2022). Perception of safety in public transport in Brazil. *International Journal of Law and Public Administration*, 5(2), 20–29. https://www.researchgate.net/publication/366054588_Perception_of_safety_in_Public_Transport_in_Brazil

Rosseel, Y. (2012). {lavaan}: An {R} Package for Structural Equation Modeling. J. Stat. Softw. 48 (2), 1–36. http://www.jstatsoft.org/v48/i02/

Vallejo-Borda, J. A., Barchelot-Aceros, L. J., Barrero, G., Ortiz-Ramirez, H. A., Pabón-Poches, D. K., Silva-Fernández, C. S. (2023a). Addressing pedestrian perceived externalities influenced by motor vehicles: A perspective from curb space typologies, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 178, 2023, 103876, ISSN 0965-8564, https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103876.

Vallejo-Borda, J. A., Bhaduri, E., Ortiz-Ramirez, H. A., Arellana, J., Choudhury, C. F., Rodriguez-Valencia, A., Wadud, Z., & Goswami, A. K. (2023b). Modeling the COVID-19 Travel Choices in Colombia and India: A Hybrid Multiple Discrete-Continuous Nested Extreme Value Approach. *Transportation Research Record*, 2677(4), 778-801. https://doi.org/10.1177/03611981231162588

Wirasinghe, S. C., Kattan, L., Rahman, M. M., Hubbell, J., Thilakaratne, R., & Anowar, S. (2013). Bus rapid transit – a review. International Journal of Urban Sciences, 17(1), 1–31. https://doi.org/10.1080/12265934.2013.777514

FACTORES CLAVE EN LA EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE PÚBLICO EN ESPAÑA

Dr. Andrés Monzón
Catedrático Ingeniería del Transporte
andres.monzon@upm.es

Dra. Cristina López García de Leaniz
Profesora de Urbanismo y Desarrollo Regional

Centro de Investigación del Transporte-TRANSyT
Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad Politécnica de Madrid, España

RESUMEN

El crecimiento disperso de las ciudades, junto con las amenazas para la salud provocadas por la pandemia COVID-19 han cambiado las pautas de movilidad, cambiando el equilibrio modal en zonas urbanas y metropolitanas.

Para ello, en España se han diseñado estrategias finalistas, utilizando fondos específicos post-covid para recuperar la actividad económica, incluida la demanda de transporte. En el caso del transporte público urbano y metropolitano, se han centrado en dos ejes para modernizar el sector: la digitalización y la descarbonización. El resultado ha sido no solo la recuperación del nivel de viajeros previo a la pandemia, sino también lograr un sistema de transporte público más competitivo y eficiente frente a la presión del vehículo privado. No obstante, los resultados no son igualmente positivos en todos los ámbitos territoriales, ni en todos los tipos de ciudades. Las mejoras son más evidentes en las grandes ciudades, en lo referente a los viajeros en transporte público, y en los centros urbanos densos en cuanto a la promoción de los viajes en bicicleta y a pie.

El Observatorio de la Movilidad Metropolitana en España ha monitoreado los efectos de las medidas mediante indicadores, y el debate entre las autoridades de transporte público para coordinar acciones e intercambiar buenas prácticas.

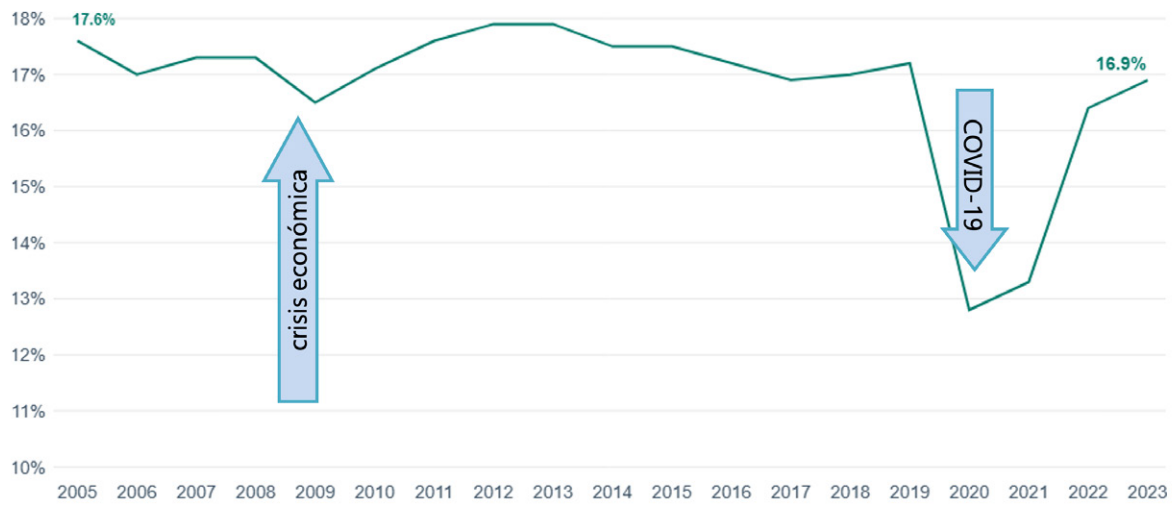
1. INTRODUCCION

El transporte es fundamental para configurar las ciudades, determinar la intensidad energética de la movilidad y facilitar el acceso a importantes oportunidades sociales y económicas. El sector del transporte también desempeña un papel crucial en la estrategia global de mitigación del cambio climático, y la descarbonización y la sostenibilidad de la movilidad urbana trascienden los límites sectoriales, especialmente en lo que respecta a la energía y las materias primas necesarias para la electrificación del sector (ERTRAC, *Integrated Urban Mobility Roadmap*, 2024).

La demanda de movilidad en las economías en desarrollo y emergentes seguirá aumentando, impulsada por el desarrollo económico y la urbanización, y, en consecuencia, tenderán a crecer las emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes, los problemas de seguridad y la congestión. Desarrollar soluciones asequibles para una movilidad baja en carbono y fomentar la capacidad de los actores de los sectores público y privado para implementarlas apoya la acción climática y crea oportunidades para que la industria del sector transporte.

Una de las políticas clave para controlar las externalidades del transporte es hacer del transporte público la columna vertebral de la movilidad urbana y metropolitana (UITP, 2024). El transporte público es fundamental para la movilidad urbana en Europa, con más de 50 mil millones de pasajeros al año. Es la opción de transporte urbano más sostenible, eficiente, inclusiva, democrática y fiable para la movilidad diaria, y facilita el acceso de los ciudadanos al empleo, la educación, la atención sanitaria y la cultura. El transporte colectivo es esencial para crear ciudades habitables y centradas en las personas, con aire más limpio, menos congestión, menos ruido y más espacios verdes. Por estas razones, la mayoría de las ciudades tienen como pilar clave de su política de movilidad el fomento del transporte público, junto con la movilidad a pie y en bicicleta.

Figura 1: Evolución viajes en TP en la Unión Europea (2005-2023)



La pandemia provocada por la COVID-19 en 2020 produjo un cambio en la percepción ciudadana sobre el transporte público, que pasó a ser considerado un ámbito de riesgo de contagio, a pesar de las medidas de protección y las distancias. La consecuencia fue una pérdida sustancial del número de viajeros, que se transfirieron en parte a modos no motorizados, pero sobre todo al coche y a la moto.

Sin embargo, el transporte público continúa, en los años de postpandemia, ofreciendo servicios de pasajeros seguros y de alta calidad, con innovación constante y una mejor atención al cliente. El servicio que recibe el cliente ha mejorado drásticamente gracias al mayor uso de la tecnología de la información, con planificadores de viajes, monitoreo en tiempo real y billetes multiviaje ya habituales; estas tecnologías también tienen un impacto en los costos. Por último, pero no menos importante, el transporte público requiere muchos recursos humanos y la escasez actual y futura de personal pone en riesgo las ambiciones de cambio modal.

La recuperación de la demanda, en un contexto de oferta de calidad, tiene que superar dos dificultades para recuperar la demanda perdida y seguir creciendo: por un lado, superar el miedo a viajar en vehículos de transporte público como lugar propenso a la transmisión de enfermedades; y, en segundo lugar, recuperar los viajeros transferidos al coche, que, aunque tiene unos costes mayores, ofrece trayectos puerta a puerta, más rápidos y cómodos.

2. EL OBSERVATORIO DE LA MOVILIDAD METROPOLITANA EN ESPAÑA

La EEA (*Agencia Europea del Medio Ambiente*), desde su creación en 1994, se planteó la necesidad de desarrollar una serie de indicadores para controlar el progreso hacia los objetivos de sostenibilidad, de acuerdo con el paradigma de que *"no se puede gestionar lo que no se puede medir"*.

Alineado con esta política europea, en 2002 se creó en España el *Observatorio de la Movilidad Metropolitana* (www.observatoriomovilidad.es). El Observatorio es un foro de análisis y reflexión cuyo objeto es analizar y comunicar la contribución del transporte público a la mejora de la calidad de vida y al desarrollo sostenible en las ciudades.

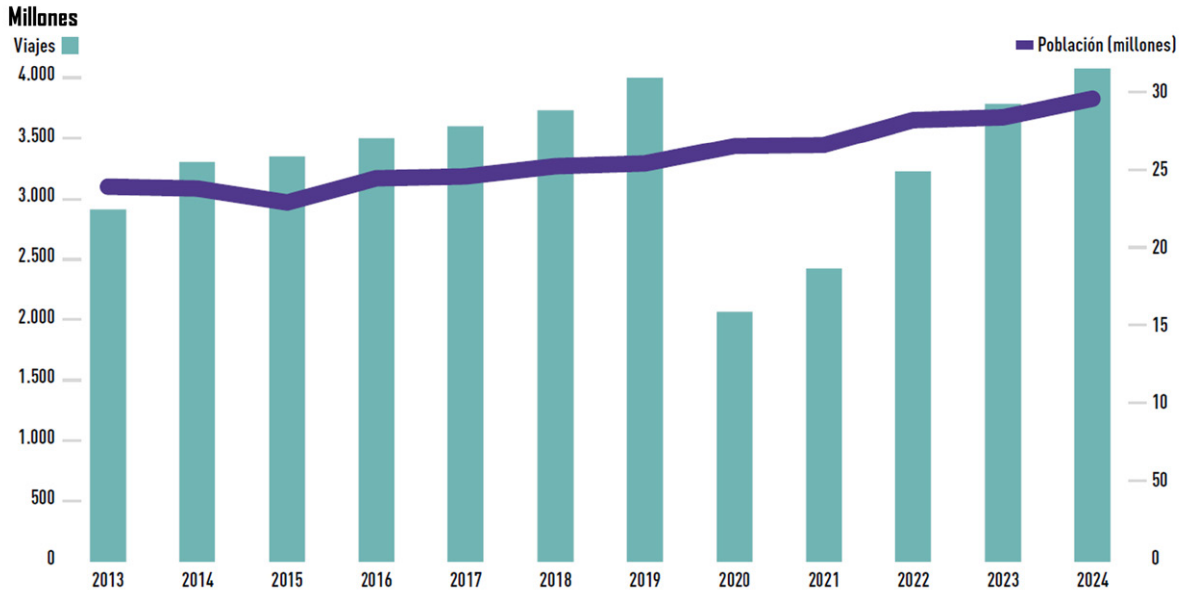
El OMM publica un *informe anual* desde 2003 en el que se analiza la movilidad de las áreas metropolitanas participantes, 25 en la actualidad, incluyendo las ciudades mayores del país, que suman 28,5 millones de habitantes, lo que representa el 59% de la población española. El informe anual sirve para analizar las diversas problemáticas y sus soluciones en el contexto de las Jornadas Técnicas que se realizan cada año.

3. LA EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA DE TP EN LA ERA POSTCOVID

En 2023, se registró un total de 3.801 millones de viajes en transporte público en las áreas metropolitanas analizadas. De estos viajes, 1.820 millones correspondieron a viajes en autobús y 1.981 millones a los modos ferroviarios (metro, tranvía y ferrocarril).

El número total de viajes en 2023 ha aumentado un 23% respecto a 2022, con un incremento del 29,1% en el uso de autobuses y del 17,8% en los modos ferroviarios.

Figura 2: Recuperación de la demanda de TP en España (2013-2024)



Como se puede ver, se ha recuperado por completo el nivel de demanda previo a la pandemia, lo que indica una buena gestión por parte de las autoridades de transporte de cada núcleo (ATP), y la adopción de mejoras tecnológicas y tarifarias que se comentan en el apartado siguiente.

Los viajes en transporte público varían según el tamaño de las áreas metropolitanas: la cuota modal es mayor en las áreas grandes, donde se realizaron en 2023 una media de 132 viajes en transporte público por habitante y año, mientras que en el caso de las áreas medianas se realizaron 70 y en áreas pequeñas 59.

También varía el reparto modal según los motivos de viaje y el ámbito territorial en el que se producen los desplazamientos. Así, en 2023 desplazamientos por motivo trabajo y estudios (motivos obligados) fueron del 61% el coche y moto, seguido de los viajes no motorizados, a pie y bicicleta (24%), y por último el transporte público (12,7%). En cambio, cuando el motivo es ocio, compras y otras gestiones (movilidad no obligada), se usan más los modos no motorizados (49,1%), seguidos del coche (39,8%) y, por último, del transporte público (10,3%).

Si nos centramos en los desplazamientos en el interior de las ciudades, estos siguen un patrón más sostenible, siendo los modos no motorizados los más utilizados (50,6%), seguidos del coche y de la moto (32,4%) y del transporte público (15,4%). Esto indica que la densidad es un factor claro de sostenibilidad en las pautas de movilidad urbana.

Tabla 1: Reparto modal de viajes urbanos según tamaño de ciudad y motivos de viaje en España (2023)

Tamaño ciudad	Coche	Moto	T Público	A Pie	Bicicleta
Movilidad en el Área Metropolitana					
todos los motivos viaje					
grande (>1mill)	39,0	1,4	16,0	**42,0**	1,6
mediana	**46,0**	2,2	9,4	39,7	2,7
pequeña (<500K)	44,6	1,2	8,8	**44,7**	0,7
movilidad obligada: trabajo, estudios					
grande (>1mill)	**50,5**	**3,8**	**18,8**	**24,8**	**2,1**
mediana	**60,9**	**3,5**	**11,5**	**22,6**	**1,5**
pequeña (<500K)	**65,8**	**1,9**	**9,3**	**21,8**	**1,2**
movilidad no obligada: ocio, compras, visitas, sport,…					
grande (>1mill)	32,9	1,9	14,7	**48,6**	1,9
mediana	**45,1**	1,7	7,6	**44,4**	1,2
pequeña (<500K)	37,8	1,1	9,5	**50,8**	0,8
movilidad ciudad central (más densidad)**-todos motivos**					
grande (>1mill)	24,3	1,6	19,5	**52,2**	2,4
mediana	29,7	3,4	16,5	**48,6**	1,8
pequeña (<500K)	39,2	1,4	10,9	**47,3**	1,2

Para atender la demanda de 2023, las ATP de estas áreas metropolitanas ofertaron un total de 1.049,1 millones de vehículos-km, de los cuales 687,5 millones corresponden a autobuses, tanto urbanos como metropolitanos, y 361,6 millones a los sistemas ferroviarios.

La movilidad ciclista en las ciudades españolas va consolidándose y los datos de 2023 muestran un claro crecimiento respecto a 2022. Se ha incrementado en un 80% el número de usuarios inscritos en los sistemas públicos de préstamo de bicicletas, hasta 475.000. Por su parte, el número de bicicletas ofertadas creció un 36,9 % hasta alcanzar las 25.000 unidades en 20 ciudades.

El análisis de los datos muestra la recuperación paulatina de la demanda tras la pandemia de COVID-19. Se puede afirmar que en 2023 se han recuperado los niveles previos a la pandemia, e incluso se han superado. Eso indica que las medidas adoptadas, subvenciones, mejoras de la oferta y de la calidad del servicio, han dado los frutos esperados. Estos resultados contrastan con los del contexto de la Unión Europea, donde la recuperación está siendo más lenta, no alcanzado los niveles de demanda previos a la pandemia.

4. MEDIDAS Y ESTRATEGIA DE RECUPERACIÓN

Para impulsar la recuperación de los diversos sectores económicos, tras la pandemia 2020-2023, se han destinado fondos de diversa procedencia a un completo Plan de Recuperación y Resiliencia, que, en lo que se refiere al transporte, ha estado orientado a renovar la oferta de transporte y modernizar los sistemas de gestión de flotas e información al usuario.

Mejora de la calidad de las flotas: descarbonización y digitalización.

En la actualidad, el 100% de las flotas de autobuses urbanos están equipadas con SAE, lo que permite que muchas paradas dispongan de paneles con información en tiempo real, informando de los servicios que están por llegar y el tiempo de espera.

También se ha invertido en la mejora de las flotas, tanto en cuanto a la tipología de motores como al tipo de combustible que utilizan. En 2023, el combustible más usado por los autobuses urbanos fue el GNC (gas natural comprimido) (44%), frente al diésel (25%), que era dominante hace una década. Por otra parte, se está haciendo un esfuerzo por electrificar las flotas, de modo que actualmente casi el 18% son autobuses híbridos y el 7% eléctricos.

Subvenciones al precio del billete y sistemas integrados de pago.

En 2023, los ingresos tarifarios en el conjunto de las áreas metropolitanas estudiadas fueron de 1.681,8 millones de euros, mientras que los costes de explotación ascendieron a 4.717,9 millones de euros, lo que dio lugar a un ratio de cobertura del 35 %. Esto es consecuencia de la política de subvenciones al transporte público, para impulsar la demanda. Hace 10 años la cobertura de costes se acercaba al 50%. Esto es consecuencia de una política de subvenciones, para diversos colectivos –jóvenes, mayores, personas en paro, etc.– así como compensaciones aportadas por las autoridades regionales y el gobierno central para abaratar el precio de los billetes multiviaje y multimodales.

5. CONCLUSIONES

Los datos presentados, permiten afirmar, que tras la reducción de demanda de viajes en transporte público provocada por la pandemia COVID-19 las diversas medidas, económicas y de mejora de los servicios, para hacerlos eficientes y seguros, han alcanzado los resultados esperados, pudiéndose afirmar que el transporte público ha recuperado en el conjunto del país, los niveles de viajeros previos a la pandemia, e incluso se están superando en muchas ciudades y regiones.

Esto contrasta, con los datos disponibles de otros ámbitos geográficos y países, como el global de la Unión Europea, donde la recuperación está siendo más lenta y aún no alcanzan el número de viajeros de 2019.

La recuperación en España no ha sido sin coste, pues durante cuatro años tanto el gobierno central como las regiones han destinado fondos públicos a la renovación de flotas, la digitalización del sector y la integración tarifaria. El diseño de estas políticas pretendía no solo el objetivo clave de recuperar la demanda de usuarios del transporte público, sino también establecer bases sólidas para hacerlo más eficiente, atractivo y de calidad, como alternativa válida y competitiva a los viajes en vehículo privado. Como dice el dicho, se trataba de hacer de la necesidad virtud; es decir, no solo recuperar el número de viajeros en el transporte público, sino también lograr un sistema de movilidad urbana más eficiente, sostenible y resiliente. Los resultados antes indicados avalan las medidas implementadas y auguran un futuro más sostenible de la movilidad urbana en España.

Ha de tenerse en cuenta que los niveles de motorización en las ciudades españolas se sitúan en la franja de 500-600 vehículos por cada mil habitantes, por lo que sólo una pequeña parte de la población es "cautiva" del transporte público. Por tanto, las políticas de movilidad sostenible van orientadas a que los que tienen vehículo particular, no lo utilicen en sus viajes cotidianos, mediante una oferta económica, atractiva y eficiente de transporte público, junto con la posibilidad de caminar y usar la bicicleta.

REFERENCIAS

Al-Akioui, A. & A. Monzon (2023) Spatial Analysis of COVID-19 Pandemic Impacts on Mobility in Madrid Region. SUSTAINABILITY, 15.

Benita, F. (2021) Human mobility behavior in COVID-19: A systematic literature review and bibliometric analysis. Sustainable Cities and Society, 70.

ERTRAC (20024) Urban Mobility Roadmap. https://www.ertrac.org

Ilham, M. A., Fonzone, A., Fountas, G., & Mora, L. (2024). To move or not to move: A review of residential relocation trends after COVID-19. Cities, 151. https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105078

UN-Habitat (2022). World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities. United Nations Human Settlements Programme. https://doi.org/10.18356/9789210028592

Monterde-I-Bort, H., M. Sucha, R. Risser & K. Honzickova (2022) A European-Wide Study on the Effects of the COVID-19 Threat on Active Transport Modes. Sustainability, 14.

Marra, A. D., L. H. Sun & F. Corman (2022) The impact of COVID-19 pandemic on public transport usage and route choice: Evidences from a long-term tracking study in urban area. Transport Policy, 116, 258-268.

Observatorio de la Movilidad Metropolitana. www.observatoriomovilidad.es

UITP, 2024 Position Paper: Public Transport as backbone of sustainable urban mobility. www.uitp.org

Shibayama, T., Sandholzer, F., Laa, B., & Brezina, T. (2021). Impact of COVID-19 lockdown on commuting: A multi-country perspective. European Journal of Transport and Infrastructure Research, 21(1), 70–93. https://doi.org/10.18757/ejtir.2021.21.1.5135

Shortall, R., Mouter, N., & Van Wee, B. (2022). COVID-19 passenger transport measures and their impacts. Transport Reviews, 42, 441–466. https://doi.org/10.1080/01441647.2021.1976307

MARKETING Y COMUNICACIÓN EN EL TRANSPORTE PÚBLICO

David Álvarez Castillo
Instituto de Movilidad, España
d.alvarez@institutodemovilidad.com

RESUMEN

Uno de los puntos débiles del transporte público suele ser el proceso de comunicación, no generando ser tan atractivo o exclusivo como el uso del vehículo privado. Las ventajas y bondades del transporte público no llegan así a la población. Existen carencias hoy en día que requieren un enfoque integral, un enfoque más continuo y cotidiano, pero las Administraciones no le dedican la atención y esfuerzos que se requiere, ni las propias empresas, tanto públicas como privadas, que vienen acatando la mentalidad de "lo que se viene haciendo siempre", si bien, hoy en día no es el camino, además de la potencia e importancia que tiene el marketing y la comunicación actualmente.

El transporte público no suele contar con un buen marketing, ya que predomina la idea de que lo usa el que no puede hacer uso del coche, lo que lleva a que la gente pase a desear poder disponer de su vehículo propio para abandonar el transporte público, y ese concepto se puede cambiar con el marketing correcto.

Las tendencias están cambiando, la moda de la movilidad sostenible es una carta que viene jugando incluso las marcas comerciales de coches, pero el transporte público aún no ha sabido conquistar. También está el papel de los influencer en la sociedad, que tienen un fortísimo altavoz sobre todo en los jóvenes y, sin duda, es otra pieza más del ajedrez de acciones y medidas que se deben tener en cuenta hoy en día.

1. QUÉ COMPRARIAS CON 30.000 EUROS

Existe una pregunta que me gusta realizar a las personas, en cualquier tipo de marco, como es "Si yo te diera 30.000 euros, ¿qué te comprarías? ¿en qué lo usarías?". Y es que cuando he realizado este ejercicio, he comprobado que se ha venido presentando una clara evolución al respecto, con el paso del tiempo. E incluso, antes de que sigas leyendo, te animo a que valores y pienses cual sería tu respuesta.

Es claro que desde siempre, hemos pensando que el coche ha sido el objeto de deseo. El punto de inicio se basaba en las necesidades y carencias que se tenía hace muchos años, con nuestros padres y abuelos, de forma que el primer indicativo de éxito y posicionamiento en la sociedad era la familia o persona que adquiría su propio coche. Con el tiempo, este aspecto se ha ido generalizando, de forma que incluso a nuestros hijos, parecía que el premio de alcanzar a cumplir los 18 años era el sacarse el carné de conducir y comprarles el primer coche.

Pero por suerte, esta tendencia ha empezado a evolucionar, y digo por suerte, porque de lo contrario, se seguiría llenando los hogares y las ciudades de coches. De más si cabe, porque cuando se realizan encuestas de movilidad en los hogares, se comprueba como el índice de motorización sigue creciendo y creciendo, y ya no es que en la mayoría de hogares haya un coche, si no que empiezan a obtenerse datos de disponer de dos coches… de tres coches… incluso más. Una barbaridad.

Y es aquí donde vuelvo a retomar la pregunta que comentaba. Y esa evolución que indicaba también. Cuando hace años se le preguntaba a la gente qué haría con 20.000 o 30.000 euros, un alto porcentaje de personas responderían lo mismo: comprarme un coche, cambiar el coche, comprarle un coche a mi hij@, ...

En los últimos años he podido comprobar como existe una tendencia cambiante, incluso por edades. En aquellos foros en los que he tenido oportunidad de lanzar la pregunta a los asistentes, se ha podido comprobar como en la población de más de 40 años, las respuestas sí se dirigían hacia el interés por la compra de un coche, de una moto, de una caravana, renovar su vehículo, … En cambio, cuando el preguntado era población de menos de 30-40 años, los intereses eran otros.

Incluso, este consultor ha procedido a realizar dos sondeos, uno a través de redes sociales y otro a través de la herramienta WhatsApp, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 1: Sondeo en redes sociales

Deseo	%
Viajar	53%
Piso	26%
Coche	14%
Otro	6%

La principal respuesta era la de viajar, en el 53% de las respuestas, seguido de dedicarlo al hogar. Sólo el 14% respondió en la adquisición de un nuevo vehículo.

Tabla 2: Sondeo en WhatsApp

Deseo	%
Viajar	37%
Piso	10%
Coche	21%
Otro	32%

Cuando se hizo el sondeo de forma privada, se comprobó como el interés por la compra de un vehículo se elevó hasta el 21%, pero seguía sin ser prioritario.

La conclusión que se obtiene es que el coche no se desea. Es un objeto que hoy en día se entiende como una necesidad, y sólo cuando se requiere sustituirlo o renovarlo, se procede a plantearse su compra. Cuando ya se dispone, se piensa en qué se desea disfrutar, y de ahí que la principal respuesta era viajar (el 40-50% de las respuestas). Cuando te regalan dinero, es decir, cuando te dan la opción de poder conseguir algo sin coste, pensaríamos en algo que queremos disfrutar. Y el coche hoy en día no es un deseo.

2. EL MARKETING Y LA PUBLICIDAD EN LA TELEVISIÓN

Una de las vías más potentes de publicidad y marketing ha sido, durante mucho tiempo, la publicidad en la televisión. Es uno de los que más llegada y penetración tiene en los hogares y siempre ha sido el tipo de publicidad más costosa, por una parte, y la de mayor influencia. Es por ello, que cabría preguntarse qué nos intentan vender hoy en día por la televisión. Saber la presencia publicitaria de coches en televisión. Es por ello que, en 2018, este consultor procedió a realizar un sondeo identificando qué tipos de anuncios se emitían por las cadenas estatales españolas en prime time. El resultado arrojó que el 12% del total de anuncios eran de coches, junto a otro 8% de anuncios con temas relacionados con coches (gasolineras, talleres, seguros de auto, …), mientras que el restante 80% cubría el resto de cosas: telefonía, comida, bebida, moda, belleza, salud, tecnología, cine, etc. La conclusión es que el papel de la publicidad del sector automotor, era muy potente, con una cuota significativa.

Ha pasado el tiempo, y hoy en día, la población consume menos las cadenas genéricas de televisión, acudiendo a plataformas y canales de pago como Netflix, HBO Max, Prime Video, etc. Es por ello que ha sido ahora en el año 2025, que se ha vuelto a repetir el mismo ejercicio, obteniendo un resultado ligeramente (y peligrosamente) similar: el 16% de los anuncios eran de coches (4 puntos por encima de los observado 7 años atrás), junto a otro 8% de anuncios relacionados con los coches (se mantiene el nivel). Quedaría sólo un 76% para el resto de anuncios: deportes, bebidas, comida, tecnología, bancos, seguridad, etc. La conclusión es que ha aumentado la potencia publicitaria del coche, y los motivos se pueden dirigir a un descenso de las ventas de

coches, *descenso del interés de su adquisición*. Lo que sí parece un aspecto positivo es que el *100% de esos anuncios de coches anunciaban vehículos híbridos o eléctricos*.

Se ha procedido a realizar igualmente un estudio de qué muestran los anuncios de coches, cómo buscan vender y convencer para que elijas su marca, y se han observado, de forma global, hasta e tipos bien diferenciados de anuncios:

- La primera opción son anuncios que muestran un único vehículo en la calle, el que se desea vender, circulando por una ciudad moderna, cómoda, no hay tráfico, acompañada de una melodía agradable, de noche, … son anuncios que te muestran un escenario ficticio, calles vacías, sin tráfico ni estrés.

- La segunda opción son anuncios de gran agilidad y aventura. Se muestra de nuevo un único coche, pero circulando por montañas, ríos, desiertos, bosques… tratan de trasladar la idea de aventura y diversión, pero siempre en letra pequeña se indica que el anuncio se ha realizado en circuitos cerrados y con especialistas. De nuevo, tratan de vender un escenario ficticio.

- Pero lo más interesante es el tercer bloque, en el que han empezado a surgir anuncios que se aprovechan de la movilidad sostenible. Se basan en mostrar la bondad de la movilidad sostenible, animándote a usar otros modos de transporte sostenibles, y que sólo cuando quieras disfrutar, usa la marca del anuncio. Un ejemplo es BMW, que vendía la movilidad en bicicleta, y que sólo cuando quieras disfrutar, uses el coche que aparece en el estacionamiento del hogar. O el anuncio del Toyota Yaris, híbrido, que muestra dos jóvenes disfrutando del coche aparcado, pero que para ir al centro de la ciudad, optan por emplear el transporte público.

Este último bloque de anuncios debería hacer recapacitar que, si las marcas de coches entiende y aprovechan que la movilidad eficiente y sostenible vende, y lo usan, las Administraciones deberían aprovechar más este "gancho" de la movilidad sostenible para apostar por un marketing más potente y de mayor penetración del transporte público.

Incluso se ha querido hacer un análisis del número, papel y presencia de la publicidad del transporte público en televisión, y apenas hay excepciones, incluso en momentos puntuales del año (campañas de navidad o Semana santa) pero sin un papel, ni presencia ni potencia en los mensajes, en la actualidad. Estas reflexiones deberían hacernos entender que *la herramienta de la publicidad en la televisión, vendiendo las virtudes y ventajas del transporte público es clave, en un mundo y una sociedad competitiva, donde se debe entrar por los ojos al público en general, y hacerle entender que el transporte público tiene grandes ventajas, apostando por la movilidad sostenible.*

3. QUÉ SE PUEDE HACER EN EL MARKETING DEL TRANSPORTE PÚBLICO

Como ya se ha indicado, hoy en día no existe una apuesta en la publicidad del transporte público que transmita mensajes potentes para fomentar su uso, como sí ocurre con el resto de productos y servicios que se ofrecen en los medios de comunicación, como la televisión, la radio o la prensa.

Pero existe todo un abanico de fórmulas a las que se debe acudir y aprovechar para lograr ese fomento del uso del transporte público, mejorar los espacios urbanos, nuestras ciudades, apostando por el uso de medios más competitivos y sostenibles.

Uno de los aspectos importantes que se debe tener en cuenta es que la publicidad y la comunicación, *los mensajes, deben ser dirigidos, no a los actuales usuarios, sino a los que actualmente no son usuarios del transporte público*. Las personas que ya lo utilizan, no requieren convencerse ni animarlos, pero en cambio, el mensaje debe llegar a las personas que no lo usan y deben conocer las ventajas, beneficios y servicio que se ofrece y existe.

Una oportunidad que se debe aprovechar las Administraciones es que, cada vez que arrancan nuevos contratos, nuevos servicios, se adjudican nuevas concesiones, se proceda a darle difusión. Pero no sólo informativa, como se viene haciendo hasta ahora, que se le da un enfoque de información objetiva y concreta sin más, sino de dedicar recursos económicos para crear publicidad y marketing potente que permita llegar a la población y que les haga valorar y analizar su uso, que les permita predisponerse a usar ese nuevo servicio, que entiendan las ventajas y beneficios.

El marketing del transporte público, debe por tanto, apoyarse en mensajes potentes, provocar, apoyarse en modas y tendencias, apostar por mensajes imaginativos, que finalmente suponga una llamada de atención y predisposición al cambio.

Otra fórmula interesante es el papel de los propios buses. En muchos países, como España por ejemplo, la flota se puede convertir en auténticos escaparates móviles. Son una fuente de ingresos en los balances de operación del transporte público, y suponen un aspecto llamativo. Es ahí donde se abre una puerta a llamar la atención y mostrar el transporte público como la vía de moverte por la ciudad.

Figura 1. Los autobuses como escaparates móviles

No obstante, en relación al aprovechamiento publicitario de los propios autobuses, existen malas prácticas que se deben evitar, y sorprende como la gestión del transporte público ha permitido y aceptado que se den casos como el que se muestra a continuación, donde se procede a hacer publicidad de tu propia competencia.

Figura 2. Lo que no se debe hacer

Una de las fórmulas que más presencia empiezan a tener en materia de marketing en transporte es el de *vender experiencias*. Se trata de dar un paso más allá de la simple venta de billetes, de la venta de títulos de transporte. Se trata de generar un espacio en el cual el cliente, el viajero, sienta que está viviendo una experiencia (positiva, lógicamente), que el uso del transporte público no es por eliminación o porque no haya otra opción, sino que es el propio viajero quien lo elije por la experiencia que le supone.

Ahí cobra especial interés el papel de las redes sociales. Son una vía de comunicación que, aprovechando la bidireccionalidad, permite *crear una comunidad entorno al servicio*. Y es, de esta forma, en la que se generan experiencias asociadas al transporte. Supone una *apuesta activa* que permite transformar la percepción del servicio. Se consigue ofrecer al viajero la oportunidad de quejarse, de lanzar preguntas, de sentirse escuchado y respondido, consiguiéndose tres hitos: fortalecer la identidad de marca, generar una fidelización, y sobre todo, *crear una relación emocional*. Se consigue una cercanía hasta ahora no alcanzada en el transporte público.

Con todo ello, se alcanza ese objetivo final marcado: conseguir que el transporte sea más que un medio de transporte, *una parte esencial de la ciudad y fomentar un modelo de movilidad sostenible*.

4. EL LENGUAJE DE LA MOVILIDAD

De forma complementaria, pero también transversal, a todo lo relacionado con la comunicación en el transporte, se debe valorar cual es el lenguaje de la movilidad a emplear.

El punto de partida a este tema es que se ha ido evolucionando igualmente. El lenguaje de la movilidad ha ido teniendo variaciones, e incluso, a medida que fue identificándose y apareciendo, se ha visto afectado de forma inconsciente de la mentalidad antigua, de la apuesta del coche que existía, de forma que, tal y como se va a analizar y mostrar aquí, parte del lenguaje que se emplea hoy en día en la movilidad tiene un cariz negativo.

El primer aspecto que se quiere citar es el término que se le daba a los estudios que se realizan en el pasado. Hasta hace algunos años, se hablaba de *estudios de tráfico* a aquellos estudios de planificación del transporte, donde el papel principal lo ocupaban los vehículos ligeros y pesados, el nivel del tránsito, niveles de servicio y diseño de viales. Hace algunos años, se dio un paso más, y se empezó de hablar de *estudios de transporte*, en el que se incluía de forma complementaria, la figura del transporte público en relación con el tránsito. El último paso y más global ha sido la transición a identificarlos como *estudios de movilidad*, donde se apuesta por la famosa pirámide invertida, y la planificación apuesta por la movilidad activa (peatón y ciclista), transporte público y tráfico.

Otro concepto que ha ido evolucionando ha sido el relativo con las personas de movilidad reducida. En el pasado, se les identificaba como *discapacitados* (incluso previamente se acudía al doloroso concepto de minusválidos), si bien se entendió que dejaba fuera a ciertos perfiles, pasándose a definir como *Personas de Movilidad Reducida* (PMR). En la actualidad se ha ampliado la globalidad y se emplea el termino de *accesibilidad universal*. Y se trata del concepto más acertado, ya que, en cada país, aproximadamente el 9-10% de la población presentan algún tipo de discapacidad. A ello se le añade otro 17-20% de la población de más de 65 años que presentan sus propias dificultades de movilidad. Y estos rangos se acompañan de otro 15% de la población que presentan algún tipo de reducción de la movilidad temporal (lesionados temporales, embarazadas, etc.). Con ello se alcanza que el 40% de la población es beneficiaria directa de la accesibilidad, a lo que se une que, el 100% de la población, en algún momento de su vida, se ve incluido dentro de este 40%. Por tanto, es fundamental pensar en accesibilidad universal, ya que, si la movilidad se adapta a ese 40%, se adapta a todas las personas.

Un aspecto muy extendido es hablar de forma genérica de "carriles bici" para referirse a todo tipo de infraestructura dirigida a la bicicleta. Realmente, existe todo un abanico de opciones como pista bici, ciclocalle, carril bici (con o sin protección), acera bici, ciclo senda,.. Es por ello que se anima a emplear el concepto de *vías ciclistas* cuando se quiera referir de forma genérica a las infraestructuras ciclistas.

Otro concepto que se viene empleando con asiduidad es el de "carriles segregados". Realmente, si se acude al Diccionario, el concepto de segregar viene de apartar, que tiene una vertiente negativa ya que a nadie le gusta sentirse apartado. Crear carriles segregados transmite un sesgo de querer apartar a los ciclistas, que siempre produce cierto rechazo. Es por ello, que se puede optar por otras terminologías en clave positiva, como *vías separadas o exclusivas*. ¿A quién no le gusta hacer uso de algo que se considere exclusivo?

En la misma línea estaría el concepto de aparcamientos o estacionamientos disuasorios. El sesgo que se transmite es el de pretender disuadir a las personas, cuando realmente a nadie le gusta que le intenten disuadir de sus ideas. Es por ello que se puede proponer otro tipo de concepto que sí tenga una facción positiva o de atracción para el que lo pueda usar, pudiendo emplearse el concepto de *aparcamientos/estacionamientos de integración o de cortesía*. Es siempre bien recibido cuando se te ofrece a modo de cortesía algún servicio.

En el transporte público, un concepto habitualmente empleado es el de usuario, pero conlleva un efecto neutro, de forma que resulta mucho más atractivo e incentivador si se habla de *clientes del transporte público*, deben sentirse como clientes, no como simples usuarios.

Finalmente, el último concepto que está generando un efecto negativo es el de las llamadas Zonas de Bajas Emisiones, donde se procede a implantar medidas de cierre al tráfico de vehículos de ciertas condiciones mecánicas, buscando así generar espacios de menor contaminación, principalmente en los centros urbanos de las grandes ciudades europeas. Si bien ese aspecto de prohibir o limitar el paso a ciertos vehículos lleva una connotación negativa, se ha empezado a emplear en algunos ámbitos y asociaciones el concepto de *Zonas de Bienestar*, que sin duda, aportan una visión positiva y de aceptación de la población.

En resumen, el lenguaje en la movilidad requiere ciertos ajustes para tratar de convertir ciertas denominaciones y definiciones con connotaciones negativas, en un lenguaje atractivo y positivo.

PASADO, PRESENTE Y FUTURO DEL TRANSPORTE PÚBLICO DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ Y SU REGIÓN METROPOLITANA

Castro García, William - wcastrog@unal.edu.co
Barón Collazos, Andrea Marcela - ambaronc@unal.edu.co
Forero Peña, Madeleyden Johaira - mjforerop@unal.edu.co
Programa de Investigación en Transporte, Movilidad y Territorio (PIT)
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

RESUMEN

El transporte público ha acompañado la historia de Bogotá desde hace más de un siglo, transformando la manera en que sus habitantes se conectan, viven y construyen ciudad. Desde los primeros tranvías de mulas en 1884 hasta los proyectos más recientes como el Metro, el RegioTram, TransMiCable y el sistema de bicicletas compartidas Tembici, la movilidad ha sido parte esencial del crecimiento urbano y de la identidad bogotana. A continuación, se presenta un recorrido que muestra cómo el transporte público ha pasado de ser un conjunto de servicios aislados a convertirse en un sistema cada vez más integrado, moderno y sostenible. El pasado (1884–2000) estuvo marcado por el paso del tranvía y el ferrocarril a los trolebuses y buses, reflejando el proceso de modernización de la ciudad. El presente (2000–2025) trajo consigo la creación de TransMilenio, el SITP con el componente zonal y la expansión de modos sostenibles como los cables aéreos y las bicicletas compartidas. Finalmente, el futuro (2025–2050), con la integración del metro y los trenes regionales, apunta hacia una movilidad limpia, digital y centrada en las personas. Hoy Bogotá cuenta con la flota eléctrica más grande de América Latina y más del 69 % de los viajes se hacen en modos sostenibles. La historia demuestra que la movilidad ha sido mucho más que un reto: es una herramienta de equidad, innovación y progreso que sigue moviendo a toda una ciudad hacia un futuro más humano y sostenible.

1. INTRODUCCIÓN

La movilidad urbana es fundamental para el funcionamiento y evolución de las ciudades, conectando comunidades e impulsando el desarrollo social y económico. En una ciudad como Bogotá, en la que se evidencia una fuerte interdependencia con los municipios vecinos (16,92% de viajes diarios) y que cuenta con cerca de 14,6 millones de viajes diarios, el transporte público es un reto y una oportunidad para avanzar hacia un sistema más eficiente y sostenible. La Encuesta de Movilidad de 2023 muestra un avance hacia medios sostenibles: 34,7% en transporte público, 27,5% a pie y 7,3% en bicicleta. La evolución del transporte público —desde los tranvías del siglo XIX hasta los proyectos de metro y flotas eléctricas actuales— refleja la historia urbana de la ciudad. El presente artículo propone un recorrido por tres etapas (pasado: 1884–2000, presente: 2000–2025 y futuro: 2025–2050) para analizar esta evolución, enfocándose en el transporte público como eje de una movilidad más sostenible, equitativa y moderna.

2. OBJETIVO

El objetivo principal del artículo es examinar la evolución histórica del sistema de transporte público de Bogotá. Abarca desde los primeros tranvías hasta modelos contemporáneos como TransMilenio, y futuras iniciativas clave como la primera línea del metro, trenes regionales, cables y sistemas de bicicletas compartidas, proyectando cómo estas transformaciones cambiarán la imagen y el uso del transporte en la ciudad y su región metropolitana en los próximos cinco años.

3. METODOLOGÍA

La metodología del artículo se basa en un enfoque cualitativo de revisión histórica, utilizando fuentes secundarias como literatura académica, crónicas y documentos oficiales para trazar la línea de tiempo del transporte. Este análisis se complementa y contrasta cuantitativamente con datos de la Encuesta de Movilidad Bogotá - Región 2023, permitiendo una evaluación objetiva del impacto de los modelos de transporte actuales. Además, la investigación incluye entrevistas y revisión de documentos de entidades clave del sector movilidad como la Secretaría Distrital de Movilidad, TransMilenio, Empresa Metro de Bogotá, y la Región Metropolitana, entre otras.

4. RESULTADOS

De los tranvías al transporte automotor (1884–1951). El tranvía de mulas, inicio de la modernización

El tranvía de mulas, inaugurado el 24 de diciembre de 1884, marcó el inicio de la modernización del transporte en Bogotá. Impulsado inicialmente por William Randall y luego concretado por el ingeniero Frank W. Allen, el proyecto permitió el traslado de carros y rieles desde Filadelfia para establecer una ruta inicial entre la Plaza de Bolívar y Chapinero, convirtiéndose así en un éxito instantáneo, transportando a 20 pasajeros

por vagón por un costo de 2 centavos. Su implementación no solo impulsó el desarrollo urbano de la ciudad, sino que también trajo mejoras en servicios públicos como el agua y la electricidad, aunque a costa de reducir el espacio peatonal. En 1885, la ruta principal fue trasladada de la Calle Real al Parque Santander debido a la inconformidad de los comerciantes. El sistema continuó evolucionando, y en 1892, los rieles de madera fueron reemplazados por rieles de acero, y se inauguró una nueva línea que conectaba la Plaza de Bolívar con la Estación de la Sabana, ampliando su cobertura.

El tranvía eléctrico: símbolo de modernidad (1910–1951)

Bogotá dio un salto a la modernidad con la llegada del tranvía eléctrico en 1910, coincidiendo con el Centenario de la Independencia. Operado inicialmente por una compañía extranjera, el sistema, que utilizaba tecnología avanzada para la época, fue adquirido por el municipio ese mismo año, dando origen a la Empresa del Tranvía Municipal. Durante la primera mitad del siglo XX, el tranvía eléctrico se consolidó como el principal medio de transporte de la ciudad.

Para 1920, la red superaba los 31 kilómetros y había experimentado un crecimiento masivo de pasajeros, conectando barrios y dinamizando el comercio y el crecimiento urbano. No obstante, el sistema comenzó a perder protagonismo debido al rápido crecimiento demográfico de la ciudad, la popularización del automóvil y la competencia de los buses privados. Los disturbios del Bogotazo en 1948, durante los cuales varios vagones fueron incendiados, agravaron la situación, para finalmente en 1951 ser completamente desmontada la red de tranvías.

4.1 Los trolebuses y los buses: la era del transporte automotor (1948–1991)

Como parte de la transformación en la movilidad de Bogotá, en 1946, se autorizó la compra de trolebuses a la Empresa del Tranvía Municipal, una alternativa eléctrica, silenciosa y flexible, que comenzó a circular en 1948, en las mismas rutas del antiguo tranvía. De manera simultánea, en la ciudad proliferaron las empresas privadas y los vehículos particulares, expandiéndose sin una planificación clara a nuevas zonas de la ciudad. En 1958, la creación de la Empresa Distrital de Transportes Urbanos (EDTU) consolidó el modelo de transporte basado en buses, sin embargo, durante la segunda mitad del siglo XX, la EDTU perdió capacidad operativa ante el crecimiento desordenado de las empresas privadas, llegando a que el sistema, en los años 90, operara de manera informal y desordenada, dando lugar a la "guerra del centavo", caracterizada por la congestión y el deterioro del servicio. Finalmente, en 1991, el sistema de trolebuses fue suspendido, cerrando el capítulo del transporte eléctrico en la ciudad.

4.2 Expansión urbana y transporte regional

El desarrollo del transporte en Bogotá ha estado históricamente ligado a su entorno metropolitano, con los ferrocarriles jugando un papel esencial desde finales del siglo XIX. El Ferrocarril de la Sabana (1889), el del Norte (1898) y el del Sur (1895) conectaron la capital con municipios clave como Facatativá, Zipaquirá y Soacha. Estos sistemas impulsaron la economía regional, facilitaron el movimiento de mercancías y personas, y sentaron las bases para los corredores urbanos e industriales que estructuran el territorio

actual. Aunque el ferrocarril perdió protagonismo a mediados del siglo XX con el auge del transporte automotor, su legado perdura en la configuración espacial de la ciudad, con barrios y zonas industriales que crecieron alrededor de las antiguas vías. Hoy, esa herencia ferroviaria se reinterpreta como una oportunidad para la sostenibilidad. Proyectos modernos como el Regiotram de Occidente y el Regiotram del Norte buscan recuperar la conectividad regional mediante trenes eléctricos, integrando la memoria histórica con una visión de movilidad limpia y eficiente para el futuro.

4.3 La consolidación del transporte automotor su transformación (1950–2000)

Durante la segunda mitad del siglo XX, Bogotá experimentó una profunda transformación urbana impulsada por la consolidación del transporte automotor tras la desaparición del tranvía y el trolebús. La ciudad se volcó hacia el uso del bus y el automóvil, lo que coincidió con la construcción de grandes avenidas que priorizaron a los vehículos sobre los peatones y transformaron a Bogotá de una ciudad compacta a una metrópoli extensa. El sistema de transporte público colectivo, dominado por empresas privadas, operaba de forma fragmentada y desregulada, generando ineficiencia, contaminación y una baja calidad del servicio. Este desorden, conocido como la "guerra del centavo", junto con el auge del automóvil como símbolo de estatus, provocó graves problemas de congestión y deterioro urbano. Ante esta situación, en las décadas de 1980 y 1990 surgieron los primeros planes para un transporte masivo integrado, aunque no se concretaron en ese momento. Finalmente, la inauguración de TransMilenio en el año 2000 marcó un punto de inflexión, dando inicio a una nueva etapa de planificación y modernización en el transporte público de la ciudad. El período entre 1950 y 2000 dejó un legado de tensiones entre el progreso y el desorden, que aún influye en la movilidad de la capital.

La bicicleta: un modo alternativo y complementario

La historia de la bicicleta en Bogotá comenzó en 1976 con la implementación de vías exclusivas para ciclistas y peatones, y la creación de la Ciclovía dominical y festiva, que transformó el espacio público en un lugar de recreación y encuentro ciudadano. Con el tiempo, la bicicleta evolucionó de ser un simple elemento recreativo a un medio de transporte real. En 1995, la gestión de las Ciclovías pasó al IDRD, consolidándose como una política pública de bienestar y salud. Las administraciones siguientes impulsaron la expansión de las ciclorrutas, reconociendo su papel en la movilidad sostenible. Actualmente, Bogotá es líder en infraestructura para bicicletas, contando con 630 km de ciclorrutas permanentes y 127 km de Ciclovía dominical, utilizada por cerca de 2 millones de personas semanalmente. Además, el sistema de bicicletas compartidas Tembici fortalece su uso como una alternativa ecológica y económica, haciendo de la bicicleta no solo un modo de transporte, sino un símbolo de identidad bogotana.

4.4 Integración, multimodalidad y sostenibilidad (2000–2025)

Durante las dos últimas décadas, Bogotá ha dado pasos firmes hacia un modelo de movilidad más integrada, sostenible y equitativa. La ciudad, que alguna vez dependió casi por completo del transporte automotor, hoy avanza hacia una red multimodal que combina buses, metro, trenes, cables aéreos y bicicletas compartidas.

El nacimiento de TransMilenio: un modelo de movilidad para el siglo XXI

El año 2000 marcó un hito en la historia del transporte público de Bogotá con la inauguración de TransMilenio, un sistema BRT (Bus Rapid Transit) inspirado en el modelo de Curitiba, Brasil. La empresa TransMilenio S.A. se creó para planificar y regular el sistema, cuya primera ruta inició operaciones en la Avenida Caracas el 18 de diciembre de 2000, introduciendo planificación y eficiencia tras décadas de informalidad. El sistema se expandió en fases sucesivas, incorporando importantes troncales como la Calle 80, la Autonorte, la NQS, Suba y El Dorado, hasta consolidar una red de 114,4 kilómetros de carriles exclusivos. La infraestructura actual se complementa con servicios alimentadores, patios-taller y amplios cicloparqueaderos que fomentan la intermodalidad. En 2025, TransMilenio cuenta con una flota de más de 2.200 buses que movilizan a un promedio de 2,03 millones de pasajeros diarios, situándose entre los sistemas BRT más utilizados de América Latina. A pesar de desafíos como la saturación en horas pico, TransMilenio transformó la movilidad de la ciudad, modernizó la infraestructura y sentó las bases para un transporte público más planificado y sostenible.

El Sistema Integrado de Transporte Público (SITP)

El Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) marcó un punto de inflexión en la movilidad de Bogotá, implementándose a partir de 2012 para modernizar y unificar el transporte colectivo bajo un modelo único de planeación, control y pago. Esta reforma buscó resolver problemas históricos como la fragmentación empresarial, la sobreoferta de vehículos y la competencia desordenada. Gestionado por TransMilenio S.A., el SITP, en su componente zonal (TransMiZonal), inició operaciones cubriendo inicialmente cerca del 28% del área urbana y expandiéndose hasta alcanzar la cobertura total de la ciudad en 2019. En la actualidad (2025), el sistema cuenta con una flota de más de 7.300 buses distribuidos en 345 rutas y miles de paraderos, operados por 16 concesionarios que movilizan millones de pasajeros diariamente. Más allá de las cifras, el SITP representa la transición de un modelo caótico e individualista hacia un sistema articulado, regulado y más sostenible, mejorando la cobertura, eficiencia y sentando las bases para una movilidad urbana más equitativa y limpia.

Principales resultados de las últimas encuestas origen-destino

Durante el presente siglo, la Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá realiza regularmente encuestas de hogares cada cuatro años. Estas encuestas son fundamentales para la planificación de la ciudad y la región, ya que permiten construir la matriz origen-destino y analizar las tendencias en el uso de los diferentes modos de transporte. Según los resultados de estas encuestas, aproximadamente el 45% de los viajes diarios en la capital se realizan utilizando el transporte público colectivo o masivo, lo cual lo consolida como el principal modo de movilidad urbana en Bogotá.

Tabla 1. Evolución de distribución modal del transporte en Bogotá (2005–2023)

Año	Viajes diarios (millones)	Transporte público (%,millones)	Transporte privado (%,millones)	Caminata (%,millones)	Bicicleta (%,millones)
2005	10.8	46%(5.0)	13%(1.4)	36%(3.9)	2%(0.2)
2011	12.5	41%(5.1)	16%(2.0)	36%(4.5)	3%(0.4)
2015	13.2	42%(5.5)	16%(2.1)	35%(4.6)	3%(0.4)
2019	13.5	39%(5.3)	18%(2.4)	36%(4.9)	4%(0.5)
2023	12.1	35%(4.2)	14%(1.7)	28%(3.4)	7%(0.8)

Fuente: Encuestas de Movilidad de Bogotá (SDM, 2005–2023)

TransMiCable: movilidad aérea con sentido social

El TransMiCable de Ciudad Bolívar se ha consolidado como un ejemplo de movilidad sostenible e inclusiva en Bogotá. Este sistema de transporte aéreo eléctrico conecta zonas de difícil acceso con el Portal Tunal, transportando diariamente a unos 26.000 usuarios y reduciendo significativamente las emisiones de CO_2. Más allá del transporte, el TransMiCable ha transformado la vida de más de 80.000 habitantes al reducir los tiempos de viaje hasta en un 70% y mejorar la conexión con el sistema TransMilenio. Su infraestructura complementaria ha fomentado la inclusión social y el desarrollo urbano, sirviendo como un modelo de movilidad con enfoque humano. Su éxito ha impulsado nuevos proyectos en la capital: el Cable Aéreo de San Cristóbal, que se conectará al Portal 20 de Julio y entrará en operación en 2026, ganador del "Premio Shanghái 2025" para el Desarrollo Sostenible en Ciudades, uno de los reconocimientos más prestigiosos a nivel mundial en materia de sostenibilidad urbana. El Cable de Potosí está en etapa de diseño para integrarse con el Portal del Sur. A futuro, el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) contempla hasta siete nuevos corredores de transporte aéreo para consolidar una red metropolitana sostenible e inclusiva.

Tembici y la movilidad activa: la bicicleta como sistema público

En 2022, Bogotá dio un salto decisivo hacia la movilidad activa con la implementación del Sistema de Bicicletas Compartidas Tembici, el primero a gran escala en Colombia y el más grande de América Latina. Mediante una alianza público-privada, el sistema introdujo más de 3.300 bicicletas (incluyendo 1.500 eléctricas) distribuidas en 300 estaciones en el centro expandido de la ciudad. Los resultados en sus primeros dos años han sido sobresalientes, superando los 4 millones de viajes, reduciendo más de 800 toneladas de emisiones de CO_2 y fomentando una alta participación femenina. Este sistema ha fortalecido la cultura del pedaleo y la apropiación del espacio público. Junto a la extensa red de ciclorrutas de la ciudad y otros programas, Tembici consolida a Bogotá como una de las capitales ciclistas más importantes del continente, reconocida internacionalmente como un modelo de innovación urbana y sostenibilidad.

Metro de Bogotá: el eje estructurante del futuro

Tras más de siete décadas de estudios, el Metro de Bogotá se ha convertido en realidad, representando la obra de infraestructura más importante del país. La construcción de la Primera Línea del Metro (PLMB) se inició en 2020. Esta línea, que recorrerá 24 kilómetros con 16 estaciones, está diseñada para movilizar hasta 72.000 pasajeros por hora/sentido a partir de 2028. La PLMB conectará el sur con el norte de la ciudad (desde Bosa y Kennedy hasta Suba y Chapinero) y se integrará completamente con los demás sistemas de transporte, como TransMilenio, el SITP, el Regiotram y la red de ciclorrutas. Utilizando tecnología 100% eléctrica y sistemas de conducción autónoma, el proyecto posiciona a Bogotá hacia una movilidad inteligente. Además, la planificación de una segunda línea próxima a adjudicarse, una tercera en diseño, y las líneas 4 y 5 en el POT, conformarán una red que cambiará significativamente los hábitos de viaje de los bogotanos.

Regiotram: integración metropolitana y conexión regional

El próximo paso en la evolución del transporte público de Bogotá es su integración con la región metropolitana, donde los proyectos Regiotram de Occidente y Regiotram del Norte marcan el regreso del tren como eje de movilidad sostenible. Estos sistemas buscan conectar la capital con municipios clave de Cundinamarca. El Regiotram de Occidente, actualmente en construcción, unirá Facatativá con el centro de Bogotá a lo largo de 39,6 kilómetros, con nueve de sus diecisiete estaciones dentro del Distrito Capital. Se espera que movilice a 130.000 pasajeros diarios mediante trenes eléctricos, reduciendo significativamente los tiempos de viaje e impulsando la renovación urbana.

El Regiotram del Norte, en fase de estructuración, conectará Zipaquirá y Cajicá con Bogotá a lo largo de 48,9 kilómetros, integrando más de diez municipios y ofreciendo una alternativa eficiente al vehículo privado. Ambos proyectos se integrarán plenamente con el Metro de Bogotá y TransMilenio, conformando una red multimodal que reducirá la congestión, mejorará la calidad del aire y fortalecerá la competitividad económica de toda la región. El retorno del tren, ahora eléctrico y moderno, simboliza una nueva etapa hacia una ciudad más conectada y sostenible.

4.5 Mirando hacia el futuro del transporte público en Bogotá (2025–2050)

Tras más de un siglo de transformaciones en su sistema de transporte, Bogotá está configurando una nueva visión de movilidad que integra tecnología, sostenibilidad, inclusión y gobernanza metropolitana. El futuro de la movilidad en la capital dependerá no solo de la infraestructura física que se está construyendo, sino también de la capacidad de gestión y planificación integrada y coordinada entre Bogotá y toda su región metropolitana.

Movilidad eléctrica y transición energética

Bogotá se proyecta como una de las primeras ciudades de América Latina con una red de transporte público 100% eléctrica. Este proceso ya inició con la flota de buses eléctricos más grande del continente y se expandirá para incluir el Metro, los Regiotram

y los cables aéreos, todos operados con energía limpia. El Distrito tiene la ambiciosa meta de eliminar progresivamente los vehículos diésel del sistema público antes de 2040, lo cual implicará la integración regional con nuevos modos de transporte sostenible, evitando que buses tradicionales de municipios vecinos ingresen a la capital. La transición energética no solo busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, sino también mejorar la calidad del aire y la salud pública. En conjunto, estas acciones permitirán avanzar hacia una ciudad y región más resiliente frente al cambio climático y más consciente de su huella ambiental.

Planeación urbana y movilidad de proximidad

Entre los grandes retos futuros de Bogotá está el de reducir la necesidad de desplazarse largas distancias. Para lograrlo, la ciudad apuesta por el concepto de la "ciudad de 30 minutos", que busca que los habitantes puedan acceder a servicios esenciales, trabajo, educación y recreación en menos de media hora, preferiblemente a pie, en bicicleta o en transporte público. El Plan de Ordenamiento Territorial (POT Bogotá Reverdece 2022–2035) refuerza este enfoque al promover una ciudad policéntrica, compacta y verde, con la movilidad sostenible como eje estructurante. La futura red de transporte masivo (cinco líneas de Metro, dos trenes regionales y cables aéreos) se alineará con esta visión, fortaleciendo la integración entre la vivienda, el transporte y el espacio público. Además, la expansión de TransMilenio, las ciclorrutas, los senderos peatonales y las zonas de bajas emisiones permitirán equilibrar el uso del espacio público y priorizar la movilidad activa sobre el automóvil particular, haciendo la ciudad más vivible y sostenible.

Gobernanza metropolitana y participación ciudadana

La consolidación de la Región Metropolitana Bogotá–Cundinamarca abre una nueva etapa en la gestión del transporte público, permitiendo planificar y ejecutar proyectos de manera coordinada y garantizando la continuidad operativa de los sistemas regionales. La participación ciudadana jugará un papel decisivo en este nuevo modelo. Los procesos de planeación, evaluación y control del transporte deberán incorporar activamente la voz de las comunidades, incluyendo grupos como mujeres, jóvenes, personas mayores y población rural. En última instancia, la movilidad del futuro será más inclusiva, equitativa y participativa, reconociendo el derecho fundamental a moverse como parte integral del derecho a habitar la ciudad y la región.

La visión 2050: una movilidad sostenible e incluyente

Hacia 2050, Bogotá aspira a consolidarse como una capital latinoamericana de movilidad sostenible, caracterizada por la integración total de sus modos de transporte, emisiones casi nulas y desplazamientos seguros, accesibles y confortables. Esta visión se sustenta en cuatro pilares fundamentales: (1) Electromovilidad y energía limpia: Uso de sistemas 100% eléctricos y recarga solar. (2) Multimodalidad eficiente: Conexión total entre metro, trenes, buses, bicicletas y transporte regional. (3) Inclusión social y accesibilidad universal: Servicios diseñados para todas las edades y condiciones. (4) Innovación tecnológica y gobernanza digital: Uso de datos, plataformas inteligentes y una tarjeta de viaje integrada para mejorar la experiencia del usuario en toda la región.

En última instancia, el futuro del transporte bogotano busca mover a la sociedad hacia un modelo más justo, sostenible y humano.

5. CONCLUSIONES

La historia del transporte público en Bogotá y su futuro, abarca más de un siglo de transformaciones urbanas, tecnológicas y sociales, las mismas han sido y serán un motor esencial del desarrollo de la capital y su región metropolitana.

El texto divide esta evolución en tres etapas clave que explican el crecimiento de la ciudad junto a sus medios de transporte: El Pasado (1884–2000): Esta etapa transitó desde los tranvías de tracción animal hasta los buses colectivos, evidenciando una falta de planificación integral y una expansión desordenada dominada por el transporte automotor y la informalidad. Sin embargo, sentó las bases para una cultura de transporte público que moldeó la estructura urbana y social de la ciudad. El Presente (2000–2025): Bogotá consolidó un sistema de transporte masivo basado en la planificación, regulación y sostenibilidad. La implementación de TransMilenio, el SITP, TransMiCable y el sistema de bicicletas compartidas Tembici representó un cambio profundo hacia la cobertura, la intermodalidad y la transición energética, aunque persisten desafíos en calidad del servicio, equidad territorial y congestión. El Futuro (2025–2050): La construcción de las líneas del Metro, los trenes de cercanías (Regiotram) y la expansión de la movilidad eléctrica proyectan una nueva etapa orientada hacia un sistema limpio, integrado y centrado en las personas. La meta es transformar la experiencia del usuario, reducir emisiones y consolidar una red metropolitana articulada con Cundinamarca.

En síntesis, el transporte público de Bogotá es un eje estructurante del desarrollo urbano y la sostenibilidad. Su evolución demuestra que el reto futuro no es solo la infraestructura, sino garantizar que la movilidad sea un derecho efectivo y una herramienta de cohesión regional, asegurando un futuro humano y sostenible para todos los habitantes. La siguiente imagen representa la visión futura del sistema de transporte público en Bogotá: una ciudad más conectada, eficiente y equitativa.

Mapa general del Transporte Público de Bogotá Colombia para el 2028.
Fuente: Transmilenio S.A.

BIBLIOGRAFIA

Archivo Bogotá, Secretaría General. (2022, 19 de diciembre). *Cartilla Historia del Transporte* (DDAB). https://archivobogota.secretariageneral.gov.co/sites/default/files/documentacion-archivo/Cartilla%20historia%20del%20transporte-DDAB%2019-12-2022.pdf

Archivo de Bogotá, Secretaría General. (2020, abril). *Historia del transporte en Bogotá*. Archivo de Bogotá. https://archivobogota.secretariageneral.gov.co/noticias/historia-del-transporte-bogota

Archivo de Bogotá. (2003). *Empresas públicas de transporte en Bogotá: Siglo XX*. Alcaldía Mayor de Bogotá, Secretaría General.

Banco de la República. (s. f.). *Ferrocarril de la Sabana y Cundinamarca (1881-1909)*. Banco de la República. https://www.banrepcultural.org/ferrocarriles/secciones/ferrocarril_sabana.htm

Banco de la República. (s. f.). *Ferrocarril del Norte (1889-1935)*. Banrepcultural. https://www.banrepcultural.org/ferrocarriles/secciones/ferrocarril_norte.htm

Banco de la República. (s. f.). *Ferrocarril del Sur (1895-1927)*. Banrepcultural. https://www.banrepcultural.org/ferrocarriles/secciones/ferrocarril_sur.htm

Biblioteca Digital de Bogotá. (s. f.). *Una ciudad de bicicletas*. En *Literatura y deporte Bogotá*. Recuperado de https://www.bibliotecadigitaldebogota.gov.co/expositions/literatura-y-deporte-bogota/una-ciudad-de-bicicletas/

Canal Capital. (2017, 12 de septiembre). *Transformación del transporte público y la movilidad en Bogotá empezó con TransMilenio*. Canal Capital. Recuperado de https://www.canalcapital.gov.co/transmilenio/transformacion-del-transporte-publico-y-la-movilidad-bogota-empezo-transmilenio

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2006). *Censo general 2005: resultados población Bogotá y municipios metropolitanos* [PDF]. Recuperado de https://www.dane.gov.co/files/censo2005/bogota_mun/Resultados_poblacion.pdf

El tranvía de Bogotá, 1882-1951. (s. f.). *Revista de Economía Institucional*. Universidad Externado de Colombia. Recuperado de https://revistas.uexternado.edu.co/index.php/ecoins/article/view/4891/6889

Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá. (s. f.). *Mapa de ciclorrutas de Bogotá*. Recuperado de https://www.movilidadbogota.gov.co/web/mapa_de_ciclorrutas_de_bogota

PERCEPCIÓN DE ANSIEDAD EN EL TRANSPORTE PÚBLICO TRANSCARIBE CON ENFOQUE DE GÉNERO

Juliana Contreras Meneses
Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Bolívar, Colombia (jcontrerasm@unicartagena.edu.co)

César Luis Pérez Contreras
Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Bolívar, Colombia (cperezc@unicartagena.edu.co)

Jose Agustin Vallejo-Borda
Tecnologico de Monterrey, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Monterrey, México (JoseVallejo@tec.mx)

RESUMEN

Este estudio investiga la percepción de ansiedad de los usuarios y no usuarios del sistema de transporte público Transcaribe en la ciudad de Cartagena, Colombia, teniendo como enfoque los riesgos de siniestros, acoso sexual y robo desde una perspectiva de género. Se emplea un modelo de ecuaciones estructurales para analizar datos recolectados a través de encuestas, con el objetivo de evaluar cómo estos factores influyen en la experiencia del usuario y no usuario. Los resultados indican que el principal determinante de la ansiedad en los hombres es el riesgo de ser víctimas de un siniestro. Al mismo tiempo las mujeres muestran una mayor preocupación por sufrir acoso sexual y robos en el sistema, reflejando diferencias significativas en la percepción de seguridad entre géneros. Además, se identifican factores sociodemográficos que afectan esta percepción, destacando que las mujeres entre 18 y 50 años, especialmente aquellas que cuentan con empleo, reportan niveles más altos de ansiedad; mientras que los adultos que superan los 50 años, representan niveles de ansiedad poco representativos. Este hallazgo sugiere que las características del entorno social influyen en la percepción y experiencia de movilidad. Este artículo concluye que es fundamental implementar políticas públicas con enfoque de género para reducir la percepción de ansiedad y mejorar la experiencia de los usuarios y no usuarios en el transporte público.

1. INTRODUCCIÓN

El tema de la conducta de viaje en el transporte público ha sido indagado por varios autores para entender cómo la sensación de seguridad y riesgo influye en la toma de decisiones de los ciudadanos para movilizarse. Entre estos autores está León et al. (2021), el cual identificó que el tema de la inseguridad es un factor altamente determinante en los patrones de movilidad de los usuarios en Tunja, Colombia. León et al. (2021) detectó que esta percepción se presenta no solo al trasladarse dentro de los articulados del sistema de transporte público, sino también en los paraderos del sistema. En adición a lo anterior, King et al. (2021) realizó el mismo análisis del patrón de viaje, en Bangladesh, y obtuvo que la imposibilidad de elegir transportes que se perciban como seguros modifica los comportamientos de viaje haciendo que la frecuencia de uso se reduzca.

Ahora bien, en el contexto de la ciudad de Cartagena, no se cuenta con investigaciones recientes referentes al análisis de la ansiedad percibida en el sistema de transporte público actual. A raíz de lo anterior, la finalidad de este estudio es dar a conocer un análisis realizado en los usuarios y no usuarios del sistema de transporte público Transcaribe, para determinar el nivel de ansiedad generado teniendo en cuenta la presencia de escenarios de riesgo como siniestro, acoso sexual y robo, desde un enfoque de género, para reconocer cómo se perciben cada uno de estos indicadores.

2. ESTADO DEL ARTE

El progreso de las ciudades está estrechamente relacionado con el acceso a un sistema de transporte público eficiente, como los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM), que incluyen el Bus Rapid Transit (BRT). Este modelo ha sido adoptado en varias ciudades latinoamericanas y se destaca por su tránsito entre estaciones, tarifas estandarizadas y rutas preestablecidas, lo que lo convierte en una opción rápida y de alta calidad para los usuarios (Ojeda et al., 2023; Jagiello, 2017). Sin embargo, la calidad del BRT no solo se mide por sus ventajas operativas, sino también por la experiencia y percepción de los usuarios ya que influyen en su aceptación y uso (Ojeda et al., 2023).

La psicología social y ambiental juega un papel crucial en entender cómo los estímulos del entorno afectan el comportamiento de los usuarios del transporte público. El modelo de Mehrabian y Russell (MRM) explica que las respuestas emocionales a estos estímulos pueden llevar a conductas de acercamiento o evitación, basándose en dimensiones afectivas como el placer, la excitación y la dominancia (Ortíz-Ramírez et al., 2021). La excitación, en particular, se relaciona con la intensidad de la percepción de los estímulos y puede ser influenciada por factores como tiempos de espera y seguridad, afectando la experiencia del usuario y su disposición hacia el transporte público (Friman, 2010).

La investigación se centra en la dimensión de la excitación, que abarca desde la tranquilidad hasta la tensión, y cómo esta se manifiesta en el contexto del transporte público. Factores como la seguridad (King et al., 2021), la inclusión de personas con capacidades reducidas (Dirix et al., 2022) y el riesgo de contagio son elementos que

afectan la percepción de excitación (Nielsen, 2023; Krusche et al., 2022; Shelat et al., 2022; Campisi et al., 2021). Este estudio aborda la influencia de la excitación en el uso del transporte público, un enfoque que, según la literatura, ha sido poco explorado, enfatizando la necesidad de entender cómo el propio sistema de transporte puede impactar en la experiencia emocional y el comportamiento de los usuarios.

3. METODOLOGÍA

3.1 Aproximación a la modelación

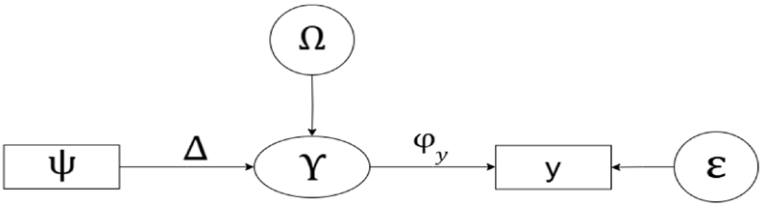
Las variables latentes hacen referencia a constructos que no se pueden determinar directamente, pero se obtienen del análisis de información subjetiva secundaria que se extrae de las percepciones ante diferentes estímulos (Vallejo-Borda et. al., 2023a). El presente estudio se basa en la obtención de información subjetiva relacionada con la dimensión de excitación medida desde la sensación de alerta cuando se hace uso del transporte público, debido a esto se usará un modelo de variables latentes.

La identificación de estas variables se realizará a través de las variables objetivas que se relacionan con ellas, estableciendo relaciones de significancia estadística. Con un nivel de confianza del 90%, se descartarán las variables con valores de t estadístico inferiores a 1.64 y se verificará la coherencia entre las variables objetivas y las latentes.

Se utilizó el Modelo de Ecuaciones Estructurales (SEM), específicamente el modelo de Indicadores Múltiples y Causas Múltiples (MIMIC), derivado del SEM (Bollen, 2014). Este modelo permite interpretar la variable latente a partir de las características observables de los usuarios y no usuarios de Transcaribe. Como el estudio consideró una sola variable latente, no se analizaron relaciones entre variables latentes.

Finalmente, el modelo se aplicará para evaluar la excitación en el transporte público diferenciando por género (hombres y mujeres), considerando que sus experiencias difieren por motivos de seguridad, movilidad y roles sociales (Calatayud et al., 2022). Las relaciones entre atributos objetivos y la variable latente se evaluarán mediante coeficientes estandarizados, eliminando aquellos con valores menores a 0.5. A continuación, se presenta la figura 1 que contiene el gráfico con los elementos que permitirán el desarrollo del modelo de análisis de la variable latente de excitación.

Figura 1: Modelo MIMIC



Ahora, se presentan las ecuaciones planteadas, las cuales respetan la estructura de los modelos SEM la cual está compuesta por un modelo de medición y uno estructural (Vallejo-Borda et. al., 2022), indicados en las ecuaciones 1 y 2 respectivamente.

$$y = \varphi_y \Upsilon + \varepsilon \quad \textbf{(1)}$$
$$\Upsilon = \Delta\psi + \Omega \quad \textbf{(2)}$$

En las ecuaciones 1 y 2, 'y' se refiere al vector de indicadores que identifica a la variable latente; φ_y, indica el cambio en el valor de los indicadores si hay variación en una unidad de la variable latente; Υ representa a la variable latente; ε es el vector de errores asociado a los indicadores; Δ es el vector fila que indica el cambio en el valor de la variable latente respecto a un cambio en una unidad de algún atributo objetivo; ψ representa al vector columna de los atributos medidos objetivamente; y Ω es el término de error aleatorio de la variable latente. Para este estudio, se asumirá que los errores estarán normalmente distribuidos, con un valor esperado de 0 y con varianza igual a 1 (Bahamonde, 2021).

Cabe resaltar que todas las variables que se analicen con el modelo MIMIC planteado anteriormente, deben definirse mediante indicadores de ajuste para establecer la confiabilidad del modelo y verificar su capacidad para representar los datos. Para esto, se considerarán indicadores estadísticos de ajuste que, de acuerdo con Vallejo-Borda et.al. (2022), se clasifican en *absolutos* como el Chi-Cuadrado normado (χ^2), Goodness of Fit Index (GFI) y Standardized Root Mean Square Residual (SRMR); *incrementales* como el Comparative Fit Index (CFI) y Tucker-Lewis Index (TLI); y *parsimoniosos* como el Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA).

3.2 Recolección de datos

La recolección de datos del estudio se realizó mediante una encuesta, diseñada específicamente para medir la variable latente de excitación, entendida como los estímulos generados al usar el transporte público tipo Transcaribe. El instrumento de medición fue un cuestionario que pasó por tres etapas de validación: revisión de experto, grupo focal para adaptar el lenguaje a la cotidianidad, y prueba piloto para verificar la representatividad de los indicadores. Una vez desarrollados los filtros anteriores, se ajustó el cuestionario y se obtuvo el instrumento de medición definitivo.

Se aplicó una estrategia mixta de recolección para reducir sesgos, combinando encuestas presenciales (interceptación) y en redes sociales (Instagram, Facebook, LinkedIn y WhatsApp). El objetivo de muestra fue de 400 respuestas, considerando una segmentación según el género. Siguiendo las recomendaciones de literatura indicadas por Vallejo-Borda et al. (2023a), el tamaño mínimo por segmento debía ser de 176 respuestas, para un nivel de significancia de 0.05, una potencia de 0.80 y un tamaño de efecto de 0.3. En la tabla 1, se indican las categorías y opciones de respuestas para los atributos medidos objetivamente en las encuestas.

Tabla 1: Atributos medidos objetivamente

Atributo	Opciones de respuesta
Edad	18-24, 25-30, más de 60*
Discapacidad	Sí, no
Estrato socioeconómico	Alto*
Nivel educativo	Primaria o secundaria, postgrado*
Ocupación	Empleado/a, otro (trabajo no remunerado en el hogar)*
Estado civil	Casado/a, otro (divorciado/a)*
Tiempo para actividades de cuidado	No dedica, algunas/pocas horas del día*
Licencia para motocicleta	Sí, no
Carros en el hogar	Más de 1*
Motocicletas en el hogar	Sí, no
Bicicletas en el hogar	0, más de 1*
Tipo de usuario Transcaribe	No usuario, usuario frecuente (4-7 días a la semana)*
Días de desplazamiento al trabajo	Usuario frecuente (4-7 días a la semana)*
Días de desplazamiento a hacer compras	No usuario, usuario frecuente (4-7 días a la semana)*
Días de movilización en motocicleta	Usuario frecuente (4-7 días a la semana)*
Días de movilización en transporte público	No usuario, usuario frecuente (4-7 días a la semana)*
Días de movilización caminando	No usuario, usuario frecuente (4-7 días a la semana)*

* Usado como base en la modelación de datos.

Finalizada la recolección, se procedió con la limpieza de los datos, eliminando las respuestas de menores de edad, los "No acepto" del tratamiento de datos, speeders, faltantes y datos extremos. Cabe resaltar que los speeders se evaluaron únicamente para encuestas online, eliminado las respuestas cuya duración excedía el umbral de corte seleccionado con base en lo que Vallejo-Borda et al. (2023b) rescata de la literatura.

En total se obtuvieron 755 respuestas, de estas resultaron 691 respuestas limpias. Para la modelación, las variables sociodemográficas se transformaron en dummies, mientras que las afirmaciones de la variable latente de excitación, es decir, los estímulos provocados al hacer uso del Transcaribe, se calificaron en una escala tipo Likert de 1 a 5 (de "Totalmente en desacuerdo" a "Totalmente de acuerdo").

Finalmente, se utilizó la información del barrio de residencia para caracterizar los contextos sociales de los encuestados mediante el Mapa Interactivo Digital de Asuntos de Suelo (MIDAS, 2025), considerando factores como densidad poblacional, áreas verdes, estaciones de Transcaribe y cámaras de seguridad, con el fin de analizar la relación entre el entorno y las percepciones del transporte público Transcaribe.

4. RESULTADOS

La variable latente de excitación asociada al uso del transporte público, enfocada en la percepción de ansiedad, se definió mediante un modelo MIMIC que consideró la estimulación emocional generada ante situaciones de siniestro, agresión sexual y robo durante el uso del sistema de transporte público. El análisis se realizó diferenciando por género para identificar variaciones en las percepciones. La significancia de los

indicadores se evaluó a través de los valores de t estadístico, mientras que su fuerza se determinó con los coeficientes estandarizados, obtenidos del análisis de las respuestas. En la tabla 2 se presenta el modelo de medición, el cual corresponde a los valores estadísticos de la segmentación para cada indicador de la variable latente de excitación.

Tabla 2: Coeficientes estadísticos de cada segmentación por indicador

Indicador	Hombre	Mujer	Total
Siniestro	1.00 / 0.73 (-)	1.00 / 0.48 (-)	1.00 / 0.62 (-)
Agresión sexual	0.97 / 0.71 (10.75)	1.41 / 0.65 (6.12)	1.14 / 0.70 (12.43)
Robo	0.94 / 0.69 (11.46)	1.63 / 0.73 (6.05)	1.14 / 0.69 (13.06)

Nota 1: (-) Usado como "base" por el modelo.
Nota 2: La nomenclatura indica: [coeficiente estimado] / [coeficiente estandarizado] (t estadístico).

Luego, se procedió a determinar los atributos objetivos que intervienen en el análisis puntual de la variable latente de excitación en el transporte público. Para esto, se verificó que se cumpliera la significancia definida para este estudio, indicada en la sección previa de aproximación a la modelación. Estos resultados se reflejan en la tabla 3.

Tabla 3: Atributos objetivos del modelo

Atributo	Hombre	Mujer	Total
No usuario de Transcaribe			0.22 / 0.15 (2.18)
Edad 18 - 24	0.44 / 0.26 (3.02)	0.55 / 0.47 (4.83)	0.47 / 0.32 (5.26)
Edad 25 - 30		0.20 / 0.13 (1.98)	0.24 / 0.12 (2.57)
Edad más de 60			-0.20 / -0.08 (-1.70)
Discapacidad			0.23 / 0.09 (1.95)
Estrato alto			0.18 / 0.11 (2.08)
Densidad poblacional	0.00 / 0.15 (2.27)		
Educación primaria-secundaria			-0.14 / -0.09 (-1.91)
Ocupación empleado	0.19 / 0.12 (1.81)	0.16 / 0.15 (1.77)	0.21 / 0.15 (3.06)
Estado civil casado	0.20 / 0.12 (1.76)	0.20 / 0.15 (2.24)	0.15 / 0.10 (2.06)
No dedica tiempo a actividades de cuidado	-0.31 / -0.20 (-2.18)	-0.32 / -0.30 (-3.34)	-0.32 / -0.24 (-3.87)
Dedica poco tiempo a actividades de cuidado		-0.36 / -0.34 (-3.84)	-0.26 / -0.20 (-3.26)
Licencia para motocicleta	-0.23 / -0.13 (-1.77)		-0.18 / -0.10 (-2.21)
Tiene más de 1 carro	-0.45 / -0.17 (-2.47)		-0.27 / -0.11 (-2.15)
Posee motocicleta	0.26 / 0.15 (1.96)		
No tiene bicicleta		0.20 / 0.18 (2.44)	0.16 / 0.12 (2.49)
Posee patineta	-0.48 / -0.16 (-2.72)		
Trabaja de 4 a 7 días a la semana	0.19 / 0.12 (1.79)		
No sale a hacer compras	-0.38 / -0.18 (-2.92)		-0.18 / -0.10 (-2.31)
No se transporta en carro		-0.16 / -0.16 (-2.33)	
Se transporta en motocicleta de 4 a 7 días a la semana	-0.27 / -0.15 (-2.15)	0.22 / 0.16 (2.22)	
No se moviliza en transporte público			-0.22 / -0.14 (-2.11)
No se moviliza caminando		0.16 / 0.15 (2.13)	
Se moviliza caminando de 4 a 7 días a la semana			-0.17 / -0.13 (-2.75)

El modelo MIMIC empleado demostró un buen ajuste de los datos con los siguientes indicadores: χ^2 (1.10), CFI (0.99), TLI (1.00), GFI (0.97), RMSEA (0.01) y SRMR (0.01).

5. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS

5.1 Impacto de los indicadores de riesgo

El estudio evidencia que tres factores principales influyen significativamente en la percepción de ansiedad al usar el sistema de transporte público Transcaribe: el riesgo de siniestros, de agresión sexual y de robo. El riesgo de siniestros mostró un efecto fuerte, especialmente entre los hombres, quienes lo perciben como un determinante principal de su ansiedad, en concordancia con González et al. (2018), quienes señalan que los hombres reportan más incidentes de violencia en el transporte público.

Respecto a los riesgos de agresión sexual y de robo, ambos factores muestran una relación significativa con la ansiedad, aunque afectan de manera diferente a hombres y mujeres. Las mujeres presentan mayores coeficientes estimados, lo que indica una mayor propensión a sentir ansiedad frente a estas amenazas, mientras que en los hombres la fuerza de la relación entre el indicador y la variable latente es ligeramente mayor. Esto sugiere que, aunque ambos géneros experimentan ansiedad, las mujeres son más vulnerables frente al acoso y el robo, mientras que los hombres enfrentan con mayor frecuencia situaciones de violencia, tal como también concluye González et al. (2018).

5.2 Influencia de factores sociodemográficos de acuerdo con el género

Ahora bien, de acuerdo con los resultados de la tabla 3, es posible establecer algunas relaciones entre la percepción de ansiedad y algunos factores sociodemográficos que están ligados al contexto social de los usuarios. Entre estos factores se encuentra la edad, donde los resultados indican que los adultos entre 18 y 30 años perciben una mayor ansiedad en el transporte público que los adultos mayores a 31 años. Específicamente, se evidencia que las mujeres entre 18 y 50 años son más propensas a percibir ansiedad, lo que se relaciona de igual manera con el estudio de González et al. (2018), que indica que las mujeres que suelen utilizar transporte público son aquellas que reflejan mayor temor, acoso y vulnerabilidad al movilizarse en este tipo de sistemas. En contraste, los adultos mayores de 51 años no muestran un efecto significativo en la ansiedad percibida.

Asimismo, se identificaron características sociodemográficas específicas que influyen en el nivel de ansiedad. Los efectos más notorios se presentan en mujeres empleadas, que no se movilizan caminando ni en bicicleta y que usan motocicleta con frecuencia. En cambio, la poca dedicación al cuidado de otros y no transportarse en carro no representan factores relevantes. Herrera (2021) respalda estos resultados al señalar que las mujeres empleadas y las estudiantes universitarias son más propensas a sentir ansiedad por la prevalencia de conductas de agresión sexual en el transporte público.

Seguidamente, Martínez-Martínez et al. (2021) plantea que quienes tienen personas a su cuidado desarrollan una mayor preocupación por la seguridad de sus familiares, lo cual concuerda con los resultados del estudio: quienes no realizan actividades de cuidado tienden a manifestar menor ansiedad.

Finalmente, las personas que poseen vehículo, tienen licencia de conducción y usan otros modos de transporte durante la semana presentan menor ansiedad al utilizar el

sistema Transcaribe, ya que no dependen exclusivamente de él. Esta relación también es respaldada por Filho et al. (2023), quienes afirman que los propietarios de vehículos emplean el transporte público solo de manera ocasional.

6. CONCLUSIONES

Este artículo de investigación ha tenido como enfoque evaluar la sensación de ansiedad percibida por las personas cuando hacen uso del sistema de transporte público Transcaribe. Se encontró que los riesgos de siniestros, agresiones sexuales y robos afectan de manera diferente a hombres y mujeres. Además, las características sociodemográficas ayudan a entender cómo varía la ansiedad según el grupo social.

Los resultados reflejan una mayor tendencia de ansiedad en hombres cuando están expuestos a siniestros cuando hacen uso del sistema, mientras que las mujeres perciben un mayor riesgo de sufrir acoso sexual y/o robos al movilizarse. A raíz de lo anterior, es importante que se planteen políticas públicas con enfoque de género para reducir la percepción de ansiedad y mejorar la experiencia de usuarios y no usuarios.

Es importante recalcar que el enfoque de este estudio depende de la subjetividad de las personas, por ello se debe tener en cuenta que es aplicable para el contexto de ciudad que se consideró, es decir, se pueden continuar las investigaciones de esta temática haciendo uso de estos resultados si la población de interés tiene características similares a los usuarios y no usuarios de Transcaribe en Cartagena. Por tanto, las próximas investigaciones pueden hacer uso de estos resultados complementando con información del entorno físico del sistema, y analizando cómo varía esa percepción de ansiedad con el tiempo, para verificar, a su vez, si se ven involucrados los mismos atributos.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bahamonde-Birke, F. J., & Ortúzar, J. de D. (2021). How to categorize individuals on the basis of underlying attitudes? A discussion on latent variables, latent classes and hybrid choice models. Transportmetrica A Transport Science, 17(4), 856–877. https://doi.org/10.1080/23249935.2020.1817171

Bollen, KA. (2014). Ecuaciones estructurales con variables latentes, segunda edición. John Wiley & Sons Inc. https://doi.org/10.1002/9781118619179

Calatayud, A., & Cruz, P. (2022). Movilidad diferenciada: perspectiva de género en el transporte público de Bogotá. Moviliblog. Recuperado de https://blogs.iadb.org/transporte/es/movilidad-diferenciada-perspectiva-de-genero-en-el-transporte-publico-de-bogota/ el 21 de noviembre de 2024

Campisi, T., Basbas, S., Al-Rashid, M. A., Tesoriere, G., & Georgiadis, G. (2022). A region-wide survey on emotional and psychological impacts of COVID-19 on public transport choices in Sicily, Italy. Transactions On Transport Sciences, 12(3), 34-43. https://doi.org/10.5507/tots.2021.010

Dirix, H., Ross, V., Brijs, K., Bertels, L., Alhajyaseen, W., Brijs, T., Wets, G., & Spooren, A. (2022). Autism-friendly public bus transport: A personal experience–based perspective. Autism, 27(5), 1219-1234. https://doi.org/10.1177/13623613221132106

Filho, A. C. G., Pires, L. C., Nabarro, M. A., & De Lima, R. G. A. K. (2023). Transporte coletivo: um desafio para a mobilidade urbana na cidade de Londrina/PR. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo Do Conhecimento, 05-25. https://doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/administracao/transporte

Friman, M. (2010). Affective dimensions of the waiting experience. Transportation Research Part F Traffic Psychology And Behaviour, 13(3), 197-205. https://doi.org/10.1016/j.trf.2010.04.006

González Quiñones, F., Contreras, C. P., & Jurado Rodríguez, C. R. (2018). Vulnerabilidad en el transporte público: análisis cuantitativo de percepciones sobre movilidad segura. Revista De Urbanismo, (39), 1–14. https://doi.org/10.5354/0717-5051.2018.49399

Herrera, C. A. H. (2021). La percepción de los universitarios sobre el acoso sexual en los espacios públicos. Deleted Journal, 12, e922. https://doi.org/10.33010/ie_rie_rediech.v12i0.922

Jagiełło, A. (2017). The role of the Bus Rapid Transit in public transport. Transportation Overview - Przeglad Komunikacyjny, 2017(2), 1-9. https://doi.org/10.35117/a_eng_17_02_01

King, J., King, M., Edwards, N., Carroll, J., Watling, H., Anam, M., Bull, M., & Oviedo-Trespalacios, O. (2020). Exploring Women's Experience of Gender-Based Violence and Other Threats to Safety on Public Transport in Bangladesh. International Journal For Crime Justice And Social Democracy, 10(4), 158-173. https://doi.org/10.5204/ijcjsd.2086

Krusche, A., Wilde, L., Ghio, D., Morrissey, C., Froom, A., & Chick, D. (2022). Developing public transport messaging to provide crowding information during COVID-19: Application of the COM-B model and behaviour change wheel. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 13, 100564. https://doi.org/10.1016/j.trip.2022.100564

León, A., Díaz, S., & Márquez, L. (2021). Análisis de la percepción de inseguridad con enfoque de género en la elección del transporte público. Estudio de caso Tunja, Colombia. *EURE; Pontificia Universidad Católica de Chile*. https://doi.org/10.7764/eure.49.147.02

Martínez-Martínez, O. A., & Martínez-Carreón, Y. (2021). PERCEPCIÓN DE LA INSEGURIDAD y BIENESTAR SUBJETIVO EN MÉXICO. UNA APROXIMACIÓN CUALITATIVA. Revista de Ciencias Sociales, 169, 207-220. https://doi.org/10.15517/rcs.v0i169.45492

MIDAS. (2025). Recuperado de https://midas.cartagena.gov.co/#/home el 15 de febrero de 2025

Nielsen, A. F. (2023). Universal design for people with psychosocial disabilities – The effect of COVID-19. Research In Transportation Economics, 98, 101280. https://doi.org/10.1016/j.retrec.2023.101280

Ortiz-Ramirez, H. A., Vallejo-Borda, J. A., & Rodriguez-Valencia, A. (2021). Staying on or getting off the sidewalk? Testing the Mehrabian-Russell Model on pedestrian behavior. T*ransportation Research Part F Traffic Psychology And Behaviour, 78*, 480-494. https://doi.org/10.1016/j.trf.2021.03.007

Shelat, S., Van de Wiel, T., Molin, E., Van Lint, J. W. C., & Cats, O. (2022). Analysing the impact of COVID-19 risk perceptions on route choice behaviour in train networks. PLoS ONE, 17(3), e0264805. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264805

Vallejo-Borda, J. A., Barchelot-Aceros, L. J., Barrero, G. A., Ortiz-Ramirez, H. A., Pabón-Poches, D. K., & Silva-Fernández, C. S. (2023a). Addressing pedestrian perceived externalities influenced by motor vehicles: A perspective from curb space typologies. Transportation Research. Part A, Policy and Practice, 178(103876), 103876. https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103876

Vallejo-Borda, J. A., Bhaduri, E., Ortiz-Ramirez, H. A., Arellana, J., Choudhury, C. F., Rodriguez-Valencia, A., Wadud, Z., & Goswami, A. K. (2023b). Modeling the COVID-19 Travel Choices in Colombia and India: A Hybrid Multiple Discrete-Continuous Nested Extreme Value Approach. Transportation Research Record Journal Of The Transportation Research Board, 2677(4), 778-801. https://doi.org/10.1177/03611981231162588

Vallejo-Borda, J. A., Giesen, R., Basnak, P., Reyes, J. P., Lira, B. M., Beck, M. J., Hensher, D. A., & De Dios Ortúzar, J. (2022). Characterising public transport shifting to active and private modes in South American capitals during the COVID-19 pandemic. Transportation Research Part A Policy And Practice, 164, 186-205. https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.08.010

POLÍTICA DE GRATUIDADE NO TRANSPORTE PÚBLICO: ANÁLISE DO CASO DE SÃO PAULO NO CONTEXTO PÓS-PANDEMIA

Celio Daroncho
Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo, Fatec Registro
Registro, São Paulo, Brasil - celio.daroncho@fatec.sp.gov.br

RESUMO

Este trabalho analisa a política de gratuidade no transporte público municipal de São Paulo aos domingos (Tarifa Zero dominical), implementada em dezembro de 2023, no contexto pós-pandemia da COVID-19. Partindo da concepção de mobilidade urbana como direito social fundamental, o estudo resgata a evolução histórica da Tarifa Zero no Brasil, desde a proposta de Lúcio Gregori (1989-1993) até as manifestações de 2013 e a expansão para mais de 130 municípios em 2024. Com base em dados da SPTrans (2013-2025), a pesquisa compara a volumetria de passageiros aos domingos antes e após a gratuidade, revelando recuperação significativa do uso do sistema a partir de 2024, com patamares próximos aos de 2019, embora inferiores aos de 2018. Os resultados sugerem eficácia da medida na promoção da inclusão social, estímulo ao lazer e consumo dominical, e redução da dependência de veículos particulares. Contudo, a persistência de volumes abaixo dos níveis pré-2019 aponta para mudanças estruturais de hábitos, como aumento do desemprego e migração urbana. Conclui-se que a Tarifa Zero dominical cumpre objetivos de equidade, mas sua sustentabilidade e ampliação demandam planejamento financeiro robusto e fontes alternativas de custeio, reforçando o transporte coletivo como instrumento de justiça espacial.

1. INTRODUCCION

A mobilidade urbana tem sido um dos principais desafios enfrentados pelas grandes cidades contemporâneas, especialmente em metrópoles como São Paulo. A política de transporte público é um dos pilares para garantir o direito à cidade, promovendo o acesso de todos os cidadãos aos espaços urbanos e aos serviços essenciais (Lefevbre, 2016). Desde 2013, com as manifestações conhecidas como "Junho de 2013", a discussão sobre o acesso universal ao transporte coletivo ganhou força no Brasil, tendo como uma das principais reivindicações o congelamento do aumento das tarifas e, posteriormente, a ideia de gratuidade no transporte público. Nesse contexto, surgiram diversas iniciativas voltadas para a tarifa zero ou passe livre, sendo a gratuidade aos domingos uma dessas medidas que visam ampliar o acesso da população ao transporte público e reduzir as desigualdades na mobilidade urbana (Caribé, 2019).

Em 2023 a Cidade de São Paulo implementou a tarifa zero aos domingos. Essa medida foi pensada como uma forma de aliviar o impacto financeiro das tarifas sobre as famílias de baixa renda, além de estimular o uso do transporte coletivo em detrimento do transporte individual. Em paralelo, a política também buscava promover benefícios ambientais, reduzindo o uso de veículos particulares e, consequentemente, as emissões de carbono. A política de gratuidade nos transportes públicos, especialmente aos domingos, tem sido objeto de estudo de especialistas em mobilidade urbana, que buscam entender seu impacto na dinâmica social e econômica da cidade, além de avaliar sua eficácia na promoção de uma mobilidade mais sustentável (Gomes et al., 2023; Estadão, 2022; Folha de São Paulo, 2023).

Este estudo aborda a política de gratuidade do transporte público aos domingos na cidade de São Paulo, implementada em dezembro de 2023. A pesquisa parte do pressuposto de que a mobilidade urbana deve ser compreendida como um direito social fundamental, sendo o transporte coletivo um dos principais mecanismos de acesso à cidade, sobretudo em contextos metropolitanos marcados por desigualdade espacial, exclusão social e saturação das infraestruturas viárias (Sartori, 2023). Nesse sentido, a iniciativa da Tarifa Zero dominical surge como uma alternativa concreta para ampliar o acesso de populações de baixa renda às oportunidades urbanas, ao mesmo tempo em que revela a necessidade de ampliar o uso do sistema de ônibus urbanos e garantir dinamicidade econômica e financeira, gerando movimento comercial no domingo, mas traz à tona o problema da sustentabilidade do sistema de transportes (Caribé, 2019).

A análise insere-se em um contexto histórico que remonta às primeiras propostas de tarifa gratuita elaboradas por Lúcio Gregori no final da década de 1980, retomadas em momentos críticos como os protestos de 2013, que tiveram como estopim os aumentos tarifários (Fix et al., 2015). A trajetória desse debate reforça o transporte público não apenas como serviço essencial, mas como instrumento de justiça social e política urbana. São Paulo, maior metrópole do país, torna-se um laboratório privilegiado para observar os efeitos dessa política, devido à sua dependência de um sistema majoritariamente composto por carros, marcado por infraestrutura insuficiente e forte pressão por eficiência em uma rede que transporta milhões de passageiros diariamente.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Histórico e Evolução da Tarifa Zero no Transporte Público

As grandes metrópoles enfrentam desafios crescentes em termos de mobilidade urbana, em grande parte devido ao rápido crescimento populacional e à expansão desordenada das áreas urbanas. A infraestrutura existente, muitas vezes inadequada para atender à demanda crescente, não acompanhou o aumento da população, resultando em congestionamentos constantes e no uso excessivo de veículos particulares. Em cidades como São Paulo, os habitantes passam horas no trânsito diariamente, o que afeta a qualidade de vida e a produtividade (Sombini, 2024; Santarém, 2023; Santini, 2019).

Além disso, a infraestrutura de transporte nas grandes metrópoles sofre com a falta de manutenção e modernização. Linhas de ônibus antigas, sistemas de metrô sobrecarregados e poucas opções para ciclistas e pedestres limitam a oferta de mobilidade sustentável. Em São Paulo, por exemplo, a falta de corredores de ônibus suficientes e de expansão da rede de trens e metrô dificulta a eficiência do transporte público, levando muitas pessoas a recorrerem ao transporte individual (Santarém, 2023; Sartori, 2023).

O financiamento adequado do sistema de transporte também é uma questão crítica. Muitos governos municipais enfrentam dificuldades para subsidiar o transporte público e ao mesmo tempo garantir sua qualidade e expansão. A tarifa paga pelos usuários muitas vezes não cobre os custos operacionais, levando ao aumento das tarifas e à insatisfação pública. Em resposta, surgem alternativas como a Tarifa Zero, que visam a resolver parte desse problema, mas que enfrentam desafios próprios de financiamento (Gomes et al., 2023; Santini, 2023).

2.2 A Evolução da Tarifa Zero: Das Primeiras Propostas às Manifestações e Expansão no Brasil (1989-2024)

A primeira proposta de Tarifa Zero no transporte público surgiu em São Paulo entre 1989 e 1993, durante a gestão da prefeita Luiza Erundina. O secretário de Transportes da época, Lúcio Gregori, foi o responsável por conceber a ideia de um sistema de transporte público totalmente gratuito para os usuários, financiado por uma política de subsídios baseada em tributos municipais, como o IPTU progressivo. Gregori argumentava que o transporte, assim como a coleta de lixo ou o fornecimento de água, deveria ser tratado como um direito universal e, portanto, ser gratuito para todos (Gregori et al., 2020). No entanto, a proposta encontrou resistência política e não avançou devido à falta de apoio tanto no governo municipal quanto na Câmara de Vereadores.

Apesar de não ter sido implementada à época, a proposta de Gregori plantou a semente de um debate sobre o financiamento do transporte público que ganharia força nas décadas seguintes. A proposta de Tarifa Zero tinha um caráter inovador, pois não apenas oferecia uma solução para o crescente problema das tarifas altas, mas também sugeria uma reconfiguração do espaço urbano, com uma mobilidade mais democrática e acessível. A ideia de que a mobilidade urbana é um direito e não um serviço pago foi central na formulação de Gregori, influenciando movimentos sociais que viriam a defender a causa anos depois (Caribé, 2019; Lopes et al., 2023).

Nos anos seguintes à proposta inicial, o debate sobre a Tarifa Zero permaneceu marginal, mas começou a ganhar visibilidade com o surgimento do Movimento Passe Livre (MPL), criado em 2005. O MPL surgiu como um movimento social que reivindicava a gratuidade no transporte público, inicialmente focado nos estudantes, mas depois ampliando sua demanda para a tarifa zero universal. O MPL defendia a mobilidade como um direito social, argumentando que o transporte público pago impõe barreiras à circulação das pessoas, especialmente das classes mais baixas, que dependem desse serviço para acessar oportunidades de trabalho, educação e saúde (Santarém, 2023).

O ano de 2013 foi um marco na história das reivindicações pelo transporte gratuito no Brasil. As chamadas "Jornadas de Junho" reuniram milhões de brasileiros em protestos contra o aumento das tarifas de ônibus, metrô e trem em diversas capitais. O Movimento Passe Livre foi um dos principais organizadores das manifestações, cuja principal bandeira era a redução ou eliminação das tarifas. Em São Paulo, os protestos começaram após o anúncio de um aumento de R$ 0,20 na tarifa dos transportes públicos, mas rapidamente se transformaram em uma mobilização de caráter nacional (Sombini, 2024; Oliveira; Leão, 2021).

As manifestações de 2013 não apenas forçaram o congelamento do aumento tarifário, como também colocaram a questão da mobilidade urbana no centro do debate político. O governo municipal de São Paulo, sob a gestão de Fernando Haddad, começou a discutir alternativas de subsídio ao transporte, e a tarifa zero voltou a ser considerada uma possibilidade, especialmente para grupos específicos como estudantes e idosos. Embora o MPL tenha sido severamente reprimido pela polícia em muitas cidades, as manifestações conseguiram sensibilizar a opinião pública sobre os impactos sociais de um transporte público caro e excludente (Caribé, 2019).

Após 2013, diversas cidades brasileiras começaram a experimentar políticas de gratuidade no transporte público. Um dos exemplos mais notáveis é o município de Maricá, no Rio de Janeiro, que implementou a tarifa zero de forma gradativa, a partir de 2014. Maricá é um dos maiores exemplos de sucesso da Tarifa Zero, onde a gratuidade no transporte gerou um aumento significativo no número de passageiros e uma melhora no acesso aos serviços básicos, como saúde e educação. A cidade financia a política por meio dos royalties do petróleo, o que permite a sustentabilidade do modelo (Gomes et al., 2023; Gonçalves; Santini, 2023).

Outro exemplo importante é a cidade de Caucaia, no Ceará, que adotou a tarifa zero em 2021 e, assim como Maricá, viu um aumento expressivo no número de passageiros. Esses exemplos demonstram que, apesar dos desafios de financiamento, a tarifa zero pode ser uma solução viável em cidades de porte médio, especialmente quando há fontes de receita específicas para sustentar o modelo. As experiências dessas cidades se tornaram referências para outras, que começaram a considerar a possibilidade de implementar a gratuidade como uma política pública (Carrança, 2024).

Entre 2013 e 2024, o número de cidades brasileiras que adotaram a tarifa zero cresceu de forma exponencial. De acordo com a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU), o número de municípios que implementaram algum tipo de gratuidade no transporte público aumentou de 42, em 2020, para mais de 130 em 2024. A expansão

se deu em diferentes formatos, com algumas cidades oferecendo gratuidade total e outras optando por gratuidade em dias específicos ou para determinados grupos sociais (Santini, 2024). Esse crescimento reflete a pressão social por um transporte mais acessível e a necessidade de soluções para a crise do transporte público.

A cidade de São Paulo, maior metrópole do Brasil, também adotou políticas de gratuidade no transporte público. Em 2023, o prefeito Ricardo Nunes instituiu a tarifa zero aos domingos como uma tentativa de aliviar a pressão financeira sobre a população de baixa renda e estimular o uso do transporte coletivo. A política, que foi implementada de forma gradual, visa também reduzir o uso de carros particulares e, consequentemente, as emissões de carbono. A medida é vista como um teste para a viabilidade de uma expansão mais ampla da tarifa zero na cidade, embora ainda enfrente desafios relacionados ao financiamento (Folha de São Paulo, 2023).

A expansão da tarifa zero no Brasil entre 2013 e 2024 reflete não apenas uma resposta à crise do transporte público, mas também uma mudança na forma como a mobilidade urbana é pensada. Ao transformar o transporte público em um direito acessível a todos, a tarifa zero busca promover a inclusão social e combater as desigualdades espaciais nas cidades brasileiras. No entanto, sua implementação ainda enfrenta barreiras financeiras e políticas, especialmente em grandes centros urbanos, onde a sustentabilidade do modelo requer investimentos significativos e uma reforma tributária que garanta sua viabilidade a longo prazo (santini, 2022).

A evolução da tarifa zero no Brasil demonstra que a ideia, que começou como uma proposta inovadora em São Paulo no final dos anos 1980, amadureceu e se tornou uma política real em várias cidades. Embora a sua implementação em metrópoles como São Paulo ainda seja limitada, os exemplos de cidades menores e médias indicam que, com planejamento adequado e fontes de financiamento sustentáveis, a tarifa zero pode ser uma solução eficaz para os problemas de mobilidade urbana no Brasil.

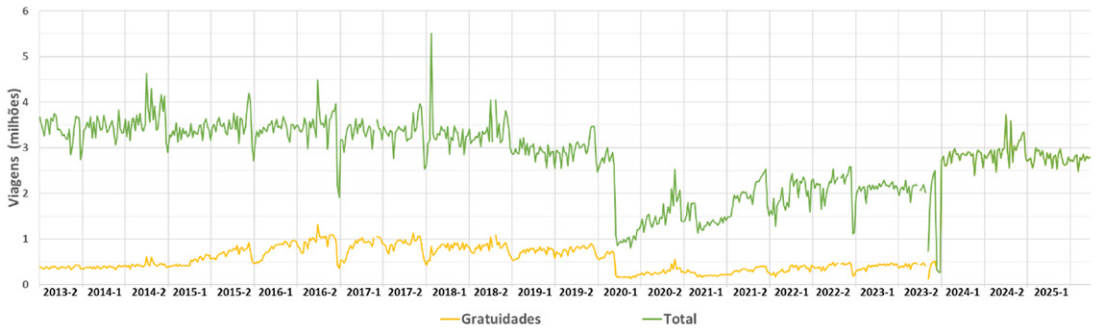
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A questão central deste estudo é avaliar a volumetria de passageiros no transporte público municipal da cidade de São Paulo aos domingos, comparando os volumes anteriores a pandemia e posteriores a implantação da Tarifa Zero aos domingos, em dezembro de 2023. O principal objetivo do programa Tarifa Zero dominical (ou Domingão tarifa zero) é de ampliar o acesso à mobilidade urbana e promover o lazer e o consumo aos domingos para a população como um todo, mas principalmente a população de baixa renda (SPTrans, 2025a).

Os dados foram coletados do site da SPTrans (São Paulo Transportes S.A.), empresa municipal responsável pelo transporte por ônibus no município de São Paulo (SPTrans, 2025b). Foram obtidos dados desde janeiro de 2013 até setembro de 2025. Após a coleta de dados os dados foram organizados e quantificados por dia, sendo que somente os volumes aos domingos foram utilizados. Com estes dados, fez-se a média anual, semestral e trimestral, para facilitar o entendimento e a verificação das variações temporais dos dados.

A Figura 1 apresenta a evolução do número de viagens, gratuitas e pagas, realizadas no transporte público de São Paulo aos domingos, no período de 2013 a 2025. A implementação da gratuidade no transporte aos domingos teve um impacto significativo na utilização do serviço. O gráfico demonstra as variações ao longo dos anos, com flutuações sazonais por causas diversas, mostrando a queda ocorrida a partir do final de março de 2020, momento em que teve início a pandemia da COVID-19, que afetou drasticamente a circulação de pessoas nas cidades.

Figura 1 – Comparativo entre as viagens totais e as com gratuidades



Fonte: Criado pelo autor a partir dos dados da SPTrans (2025b)

O gráfico da Figura 1 mostra uma trajetória de crescimento gradual até aproximadamente 2016, quando a utilização do transporte público gratuito aos domingos começou a ganhar maior adesão (Gonçalves; Santini, 2023). A partir de 2020, há uma queda acentuada no número total de viagens, um reflexo claro da pandemia da COVID-19, pois o fechamento de serviços não essenciais e a limitação de deslocamentos levaram à redução acentuada da demanda por transporte público, tanto para viagens pagas quanto para as gratuitas. Esse período expôs a vulnerabilidade financeira do sistema de transporte público, que depende tanto das tarifas pagas quanto dos subsídios governamentais (Santini, 2019).

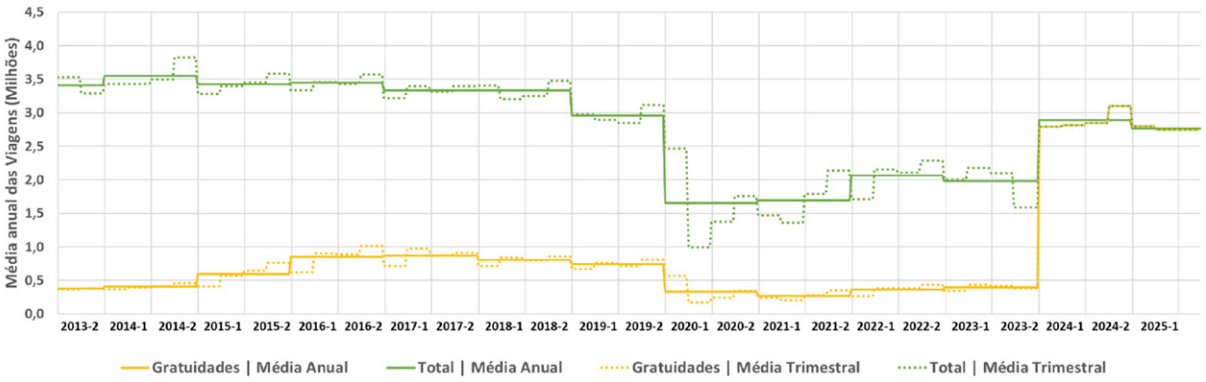
A partir de 2021, com o arrefecimento da pandemia e com a reabertura gradual da economia, os dados mostram a recuperação no número de viagens, embora chegando a patamares inferiores aos observados antes de 2020. Esse aumento mostra a importância do sistema de ônibus urbanos, assim como da gratuidade, para a população.

A partir de 2024, quando passa a vigorar a Tarifa Zero aos domingos, percebe-se que as linhas referentes ao total e a gratuidade se sobrepões, pois, todas as viagens passam a ser feitas com custo zero, para todos, e percebe-se um aumento nas viagens aos domingos, atingindo patamares semelhantes a 2019, mas inferiores aos períodos anteriores, mostrando que há uma acomodação em novo patamar das viagens aos domingos, mesmo com a gratuidade.

Para corroborar e melhorar a visualização destas nuances, a Figura 2 mostra o gráfico da variação anual (linhas cheias) e da variação trimestral (linhas pontilhadas) das viagens aos domingos (gratuitas e totais). Neste gráfico, pode-se verificar as variações

ocorridas, nos anos e nos trimestres, percebendo-se o crescimento das gratuidades até 2016 e a queda de 2016 até 2019, além da queda expressiva no primeiro trimestre de 2020, antes da pandemia.

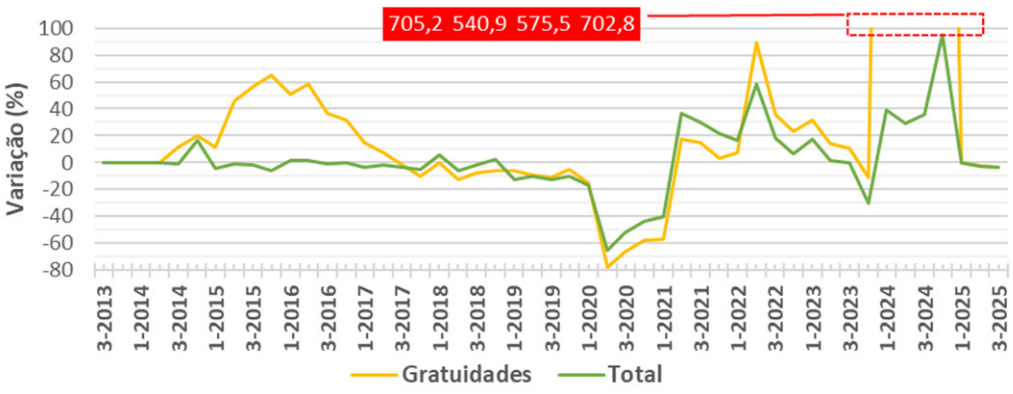
Figura 2 – Médias de viagens pagas e gratuitas, anuais e trimestrais aos domingos



Fonte: Criado pelo autor a partir dos dados da SPTrans (2025b)

A figura 3 mostra a variação do volume de viagens tendo-se como base o mesmo trimestre do ano imediatamente anterior, tanto para as viagens totais quanto para as gratuidades. Neste gráfico é possível verificar que as viagens totais estavam em queda, com alguns picos de pequena alta e que as viagens com gratuidade cresciam.

Figura 3 – Variação do volume de viagens com base no mesmo trimestre do ano anterior. Observação: Para permitir melhor visualização, o gráfico foi interrompido nos valores demasiadamente altos, parte vermelha tracejada e os valores foram inseridos ao lado, em vermelho.



Fonte: Criado pelo autor a partir dos dados da SPTrans (2025b)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados analisados, pode-se concluir que a política de gratuidade no transporte público aos domingos em São Paulo foi eficaz no aspecto de trazer novamente os usuários ao sistema de ônibus aos domingos, embora não tenha sido foco deste trabalho e não tenha sido verificado, pode-se inferir que estes usuários

são de baixa renda, que passaram a utilizar o sistema de ônibus para viagens diversas aos domingos.

Os valores totais observados aos domingos em 2024 e 2025 se aproximam aos valores observados em 2019, mas ainda estão consideravelmente abaixo dos valores observados até 2018. Isso mostra uma mudança de hábitos, que precisa ser melhor averiguada, da população. Algumas possibilidades são o aumento do número de veículos particulares, a mudança de trabalho para mais perto de casa, o aumento do desemprego e a migração de São Paulo para outras cidades.

Em síntese, a política de gratuidade aos domingos pode ter cumprido seu papel de inclusão social e de incentivo à mobilidade urbana e ao consumo e lazer aos domingos, mas sua continuidade e possível ampliação dependem de um planejamento financeiro mais detalhado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blank, C., Corrêa, F., Lindau, L. A., Santos, P. (2024). *Tarifa Zero no transporte público: impactos, desafios e recomendações.* WRI Brasil. Recuperado de https://www.wribrasil.org.br/noticias/tarifa-zero-transporte-publico-impactos-desafios-recomendacoes em 10 de novembro de 2025.

Caribé, D. A. (2019). *Tarifa Zero: Mobilidade Urbana, Produção do Espaço e Direito à Cidade*. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) — Universidade Federal da Bahia, Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Salvador. Recuperado de https://repositorio.ufba.br/handle/ri/32615 em 10 de novembro de 2025.

Carrança, T. (2024). *Por que cidades com tarifa zero triplicaram e proposta avança entre candidatos da direita*. BBC News Brasil, 25 de setembro de 2024. Recuperado de https://www.bbc.com/portuguese/articles/cdrjy0yrr3jo em 10 de novembro de 2025.

Estadão. (2025). *SP estuda adotar tarifa gratuita de ônibus*. UOL - Cotidiano, 19 de novembro de 2022. Recuperado de https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2022/11/19/sp-estuda-adotar-tarifa-gratuita-de-onibus.htm em 10 de novembro de 2025.

Fix, M., Ribeiro, G. E., Prado, A. D. (2015). Mobilidade Urbana e Direito à Cidade: Uma Entrevista com Lúcio Gregori sobre Transporte Coletivo e Tarifa Zero. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, 17(3), 175-191. Recuperado de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=513951514011 em 10 de novembro de 2025.

Folha de São Paulo. (2023). *Tarifa zero pode ser o novo Bolsa Família*. Folha de S.Paulo, 26 de agosto de 2023. Recuperado de https://www1.folha.uol.com.br/opiniao/2023/08/tarifa-zero-pode-ser-o-novo-bolsa-familia.shtml em 10 de novembro de 2025.

Gomes, T. V. Z., Baiardi, Y. C. L., Zioni, S. M. (2023). Caminhos para uma nova gestão e financiamento: experiências de Tarifa Zero na macrometrópole paulista. *Journal of Sustainable Urban Mobility* (JOSUM), 3(1). Recuperado de https://doi.org/10.53613/josum.2023.v3.008 em 10 de novembro de 2025.

Gonçalves, C. C., Santini, D. (2023). Tarifa Zero, Segregação e Desigualdade Social: Um Estudo de Caso sobre a Experiência de Mariana (MG). *Journal of Sustainable Urban Mobility* (JOSUM), 3(1). Recuperado de https://doi.org/10.53613/josum.2023.v3.009 em 10 de novembro de 2025.

Lopes, G., Fernandes, G., Aquino, I. (2023). Tarifa Zero e DOTS: assimetria de acesso a uma cidade sustentável. *Journal of Sustainable Urban Mobility* (JOSUM), 3(1). Recuperado de https://doi.org/10.53613/josum.2023.v3.004 em 10 de novembro de 2025.

Oliveira, I. T. M., Leão, G. (2021). Horizontes da luta pelo transporte público universal: a experiência do Tarifa Zero. *Linhas Críticas*, 27. Recuperado de https://doi.org/10.26512/lc.v27.2021.36336 em 10 de novembro de 2025.

Rolnik, R. (2022). *São Paulo: Planejamento da Desigualdade*. Fósforo. São Paulo.

Santarém, P. D. (2023). Do Ciclo Vicioso do Aumento da Tarifa ao Ciclo Virtuoso da Tarifa Zero. *Journal of Sustainable Urban Mobility* (JOSUM), 3(1). Recuperado de https://doi.org/10.53613/josum.2023.v3.003 em 10 de novembro de 2025.

Santini, D. (2019). *Passe Livre: As Possibilidades da Tarifa Zero Contra a Distopia da Uberização*. Fundação Rosa Luxemburgo. São Paulo, 2019.

SPTrans – São Paulo Transporte S/A. (2025a) *Domingão Tarifa Zero*. Recuperado de https://www.sptrans.com.br/domingao-tarifa-zero/ em 10 de novembro de 2025.

SPTrans – São Paulo Transporte S/A. (2025b) *Passageiros transportados*. Recuperado de https://www.sptrans.com.br/passageiros-transportados em 10 de novembro de 2025.

Sartori, A. O. (2023). Tarifa Zero, segregação, direito à cidade e democracia. *Journal of Sustainable Urban Mobility*, 3(1), 87-95. Recuperado de https://doi.org/10.53613/josum.2023.v3.007 em 10 de novembro de 2025.

Sombini, E. (2024). *Direita hoje vê tarifa zero como solução para colapso do transporte, diz Daniel Santini*. Folha de S.Paulo, 5 de outubro de 2024. Recuperado de https://www1.folha.uol.com.br/ilustrissima/2024/10/direita-hoje-ve-tarifa-zero-como-solucao-para-colapso-do-transporte-diz-daniel-santini.shtml em 10 de novembro de 2025.

REDISEÑO DE LA RED DE TRANSPORTE PÚBLICO DEL VALLE IMPERIAL DE CALIFORNIA. UNA OPORTUNIDAD PARA ESTRECHAR LAZOS ENTRE MÉXICO Y EE. UU.

Manuel A. Soto
Jarrett Walker & Associates
Portland, Oregon. EE. UU.
manuel@jarrettwalker.com

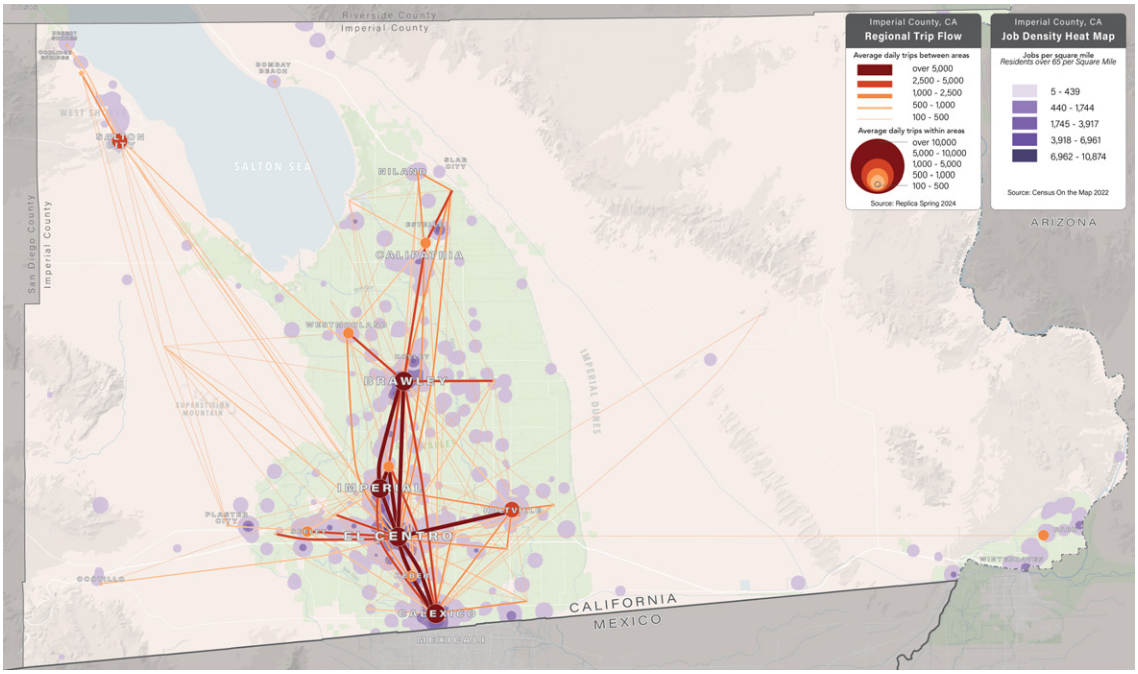
RESUMEN

La Comisión de Transporte del Condado de Imperial en California está en proceso de implementación de una nueva red de servicio de transporte público. El rediseño de la nueva red incorporó la exploración de dos alternativas para la estructuración de la misma, una alternativa que concentra el servicio en un menor número de rutas y en las áreas urbanas de mayor densidad residencial y de oportunidades de trabajo, con el objeto de proveer mayor frecuencia y disponibilidad de servicio; y otra alternativa que reparte el servicio en todas las áreas urbanas del Valle Imperial, incluyendo áreas de baja densidad residencial y de trabajo, con el objeto de proveer máxima cobertura de servicio y equidad en la distribución del servicio. Este enfoque metodológico permite contrastar los beneficios e impactos de perseguir una red de servicio de alta frecuencia versus una red de alta cobertura. La evaluación de los beneficios e impactos se enfoca en medir el nivel de acceso a oportunidades de trabajo, educación, compras y servicios, en base a un determinado umbral de tiempo para los viajes. El resultado del análisis muestra que mayor cobertura no se traduce en mayor acceso a oportunidades para el total de los habitantes del valle. Una alta frecuencia de servicio permite reducir los tiempos de espera. Éste es un elemento clave en el tiempo total de viaje y un factor relevante en la decisión de usar o no transporte público. Mayor frecuencia de servicio genera más acceso, y más acceso remite mayor libertad para los residentes del valle.

1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El valle imperial es un valle agrícola en el sureste de California, en el borde con Arizona y México. La actividad económica del valle ha sido por muchos años un atractivo para el millón de personas que habitan en Mexicali, en la frontera norte del Estado de Baja California, siendo el paso fronterizo hacia Calexico uno de los más transitados en el borde entre EE. UU. y México, con un flujo cercano a los 3 millones de peatones al año. Este flujo peatonal consiste en gran medida de jóvenes y adolescentes que van a estudiar en establecimientos de enseñanza secundaria y universitaria en las ciudades de Calexico y El Centro, así como también de empleados que trabajan en distintas localidades urbanas del valle, y personas que transitan por motivos de compra, servicios y una extensa red de lazos familiares.

Figura 1. Valle Imperial de California. Viajes Regionales y Ubicación de Lugares de Trabajo



Elaborado por Jarrett Walker & Associates

Funcionalmente, el Valle Imperial está íntimamente ligado al área metropolitana de Mexicali. Gran parte de su actividad económica, social y cultural depende de las demandas que genera Mexicali, y gran parte de la fuerza laboral del valle reside en Mexicali por razones económicas como el costo de la vivienda. Esto significa que una buena parte de la demanda por transporte público del Valle Imperial tiene como origen el paso peatonal de Calexico que se ubica en el centro de la ciudad. Tanto jóvenes, adolescentes, trabajadores y visitantes que cruzan el borde a pie buscan continuar su viaje en la red de transporte público del Valle Imperial (*Imperial Valley Transit*) para llegar a su destino.

2. DESAFÍOS DEL PROYECTO

Dado este contexto y los cambios en la demanda de viajes después de la pandemia del COVID-19, la Comisión de Transporte del Condado de Imperial, el operador de transporte público en esta parte de California (ICTC por sus siglas en inglés), se embarcó en un proceso de evaluación y rediseño de la red de servicios que comprende a todo el valle agrícola de Imperial.

Esta red de servicios se compone de rutas de conexión entre las distintas comunidades del valle, rutas de circulación local dentro de cada comunidad, servicios expresos en corredores de alta demanda y entre destinos de alta convocatoria, y servicios de acercamiento para comunidades de menor tamaño y en lugares remotos del valle.

El desafío del proyecto es incrementar la frecuencia y las horas de servicio en las rutas expresas y de conexión entre comunidades, para reducir los tiempos de viaje y satisfacer la demanda por viajes de larga distancia. El valle tiene una extensión de 66 kilómetros desde el paso fronterizo en Calexico y Niland, la comunidad agrícola en el extremo norte del valle.

3. DECISIONES CLAVES DEL PROYECTO

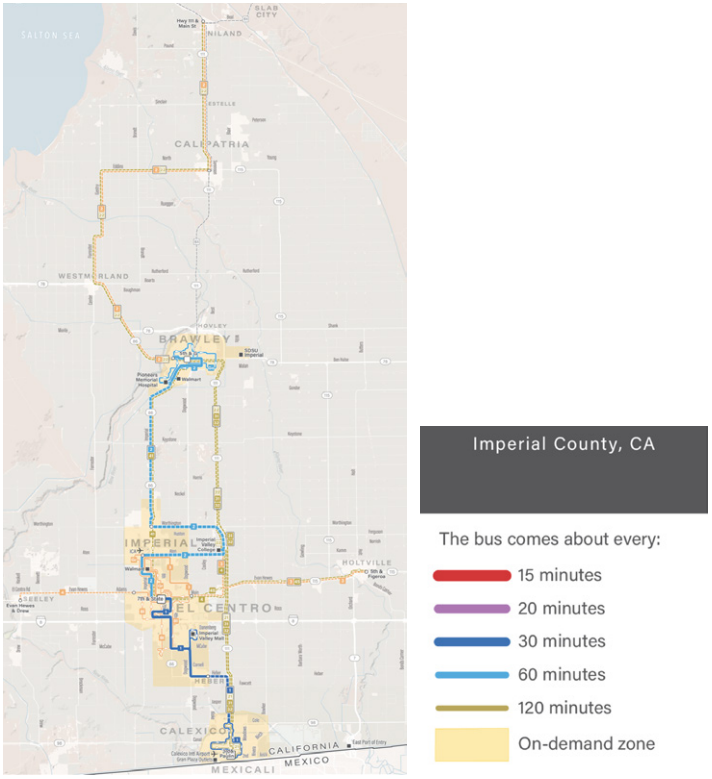
El dilema es que el presupuesto para la operación del servicio no ha aumentado después de la pandemia, mientras que la estructura de costos ha experimentado un alza significativa. La consecuencia es que la red de servicio necesita aumentar su nivel de servicio por un costo proporcionalmente menor, y el sistema necesita encontrar eficiencias operativas para satisfacer los nuevos patrones de demanda.

La solución pasa por adoptar nuevos modelos de operación en las áreas de menor demanda, con servicios de ruta flexible que respondan dinámicamente a la demanda, y por la integración operacional de los servicios en puntos de encuentro y transbordo, donde los pasajeros pueden transferir a servicios troncales de ruta fija y mayor frecuencia.

Esto es posible porque la configuración de la red de servicio actual es una acumulación de rutas que responden a un conjunto de necesidades de viajes más bien específicas. Por ejemplo, hay rutas expresas que proveen un viaje directo desde Calexico hasta Brawley (37 kms) sin pasar por El Centro (el área urbana más grande del valle). Sin embargo, estas rutas proveen un número limitado de viajes, atrayendo un número limitado de pasajeros, a un alto costo operacional por pasajero.

Por otra parte, el diseño de la red de servicios debe decidir entre: (a) privilegiar la concentración del servicio en un número limitado de rutas, en las áreas de mayor densidad poblacional y trabajo, con el mayor flujo de personas, en las que pueda proveer una alta frecuencia de servicio; o (b) asegurar una distribución equitativa del servicio en todo el valle, de tal manera que todas la comunidades reciban algo de servicio, aunque esto implique baja frecuencia de servicio en las rutas de mayor demanda.

Figura 2. Red Actual de Servicio de Imperial Valley Transit



Elaborado por Jarrett Walker & Associates

Todas las redes de transporte público tienen que decidir entre estas dos formas de proveer servicio, porque todas están obligadas a proveer servicio frecuente en áreas de alta demanda y algún tipo de servicio en áreas de baja densidad y demanda. A estas dos formas de proveer servicio le llamamos Alta Frecuencia y Alta Cobertura.

Alta Frecuencia y Alta Cobertura constituyen un espectro en el cual proveer más de una significa proveer menos de la otra. El principal desafío que enfrentan las agencias de transporte público, en un proceso de rediseño de la red de servicio, es encontrar el balance más adecuado en la oferta de servicio, entre alta frecuencia y alta cobertura, para satisfacer las necesidades de la población en el área de servicio.

4. APROXIMACIÓN ESTRATÉGICA

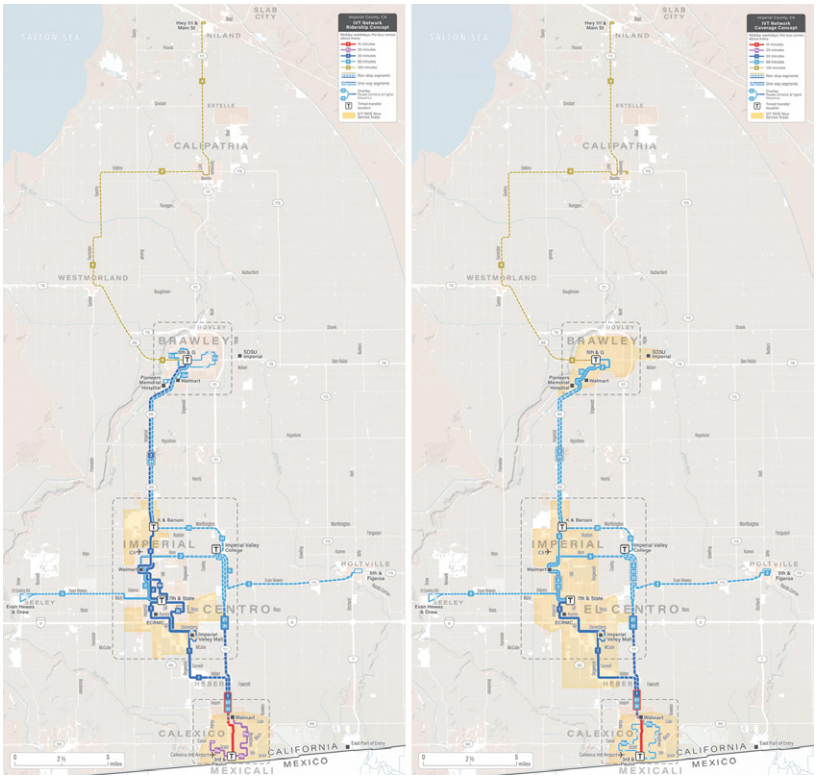
La mejor manera de encontrar este balance es explorar dos alternativas para el diseño de la red de servicio: una que proponga una red de alta frecuencia, y otra que proponga una red de alta cobertura. Esta aproximación estratégica permite mostrar los principales beneficios de una red de alta frecuencia y de alta cobertura, y transparentar las implicaciones de privilegiar una o la otra. Las dos alternativas son presentadas a la comunidad y a los tomadores de decisión para solicitar sus preferencias mediante encuestas de opinión y actividades participativas. De este modo, la comunidad y los tomadores de decisión son incorporados en el proceso de desarrollo conceptual de la red de servicio.

En el caso del Valle Imperial, las dos alternativas proponen un mejoramiento significativo en la disponibilidad de servicio, extendiendo las horas de servicio durante el fin de semana y proveyendo un servicio continuo durante los días de semana; dos aspectos cruciales para aumentar la conveniencia del servicio y que estaban ausentes en la red actual. Las dos alternativas proponen también una reestructuración de la red de servicios de ruta fija con el objeto de simplificar la red, eliminar servicios especializados de baja demanda, y estructurar la red en segmentos de mayor eficiencia operativa y que sean fáciles de escalar a mayor o menor frecuencia de servicio, de acuerdo con el desempeño de demanda, o la inyección de recursos financieros adicionales para el mejoramiento de servicio.

La mayor diferenciación entre las dos alternativas se encuentra en la propuesta de servicio al interior de cada ciudad, en donde la alternativa de alta demanda propone servicios de circulación local en ruta fija, y la alternativa de alta cobertura propone servicios de ruta flexible y de respuesta a demanda.

La propuesta principal de la alternativa de alta demanda es una ruta directa entre Calexico, El Centro, Imperial y Brawley, las áreas urbanas con mayor población y flujo del valle, con una frecuencia de servicio de 30 minutos de lunes a sábado, por al menos 15 horas del día, desde las 6:00 a las 21:00 horas. La propuesta principal de la alternativa de alta cobertura es proveer una frecuencia de servicio de al menos 60 minutos a todas las áreas residenciales de Calexico, El Centro, Imperial y Brawley. Lo que significaría una reducción en la frecuencia de servicio de la ruta principal entre Calexico y Brawley.

Figura 3. Red de Servicio Alternativas de Alta Frecuencia y Alta Cobertura



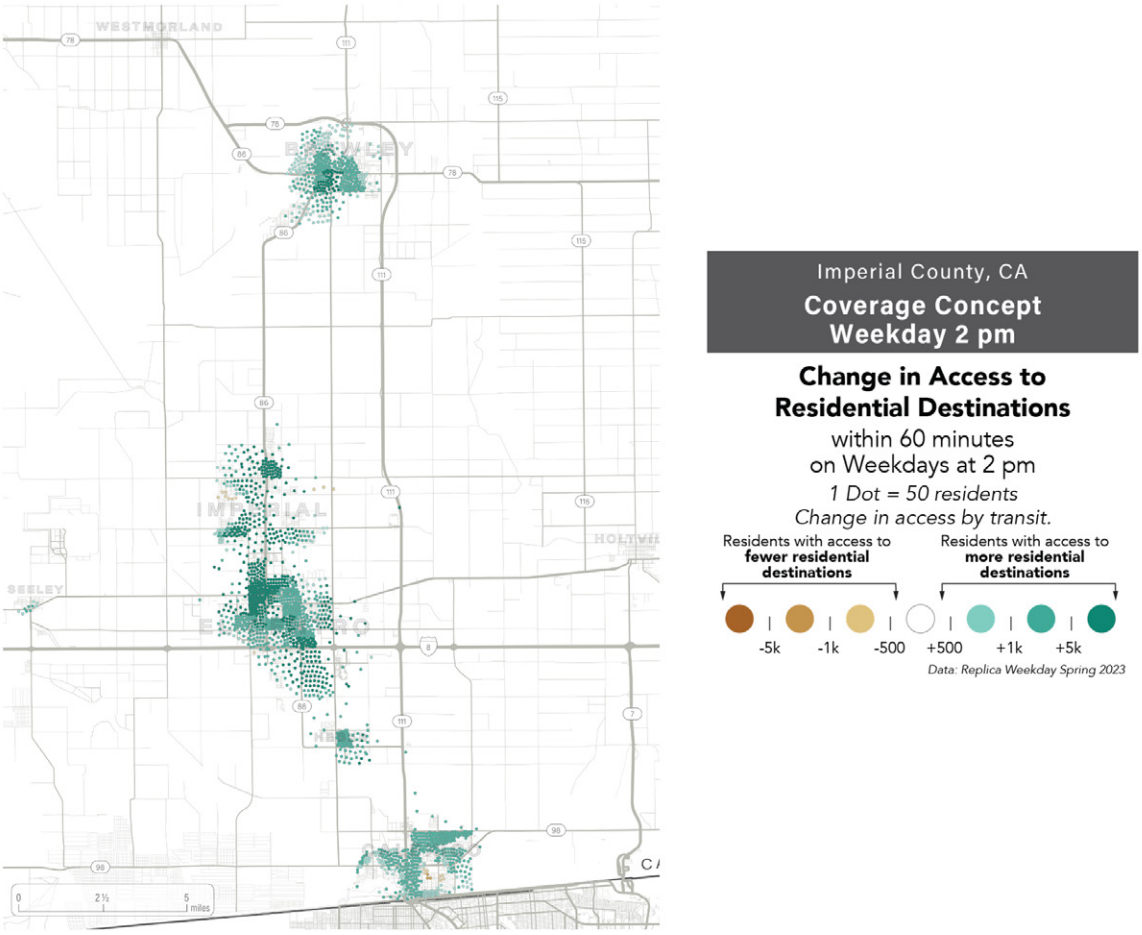
Elaborado por Jarrett Walker & Associates

5. EVALUACIÓN

La mejor forma de evaluar la utilidad de una red de servicio es medir el número de destinos u oportunidades que se pueden alcanzar en un umbral determinado de tiempo. Para *Imperial Valley Transit* usamos 60 minutos como el límite de tiempo total de viaje, o el presupuesto de viaje promedio de los habitantes del valle Imperial. Esto incluye el tiempo de caminata a la parada más cercana, la espera por el servicio, tiempos de viaje a bordo del vehículo, y tiempos de transbordo entre vehículos.

Para hacer esta medición usamos datos GTFS (*General Transit Feed Specification*) y programas de OTP (*Open Trip Planner*) que permiten análisis de viajes multimodales en la red de servicio.

Figura 4. Análisis de Mejoramiento de Accesibilidad de la Alternativa de Alta Frecuencia

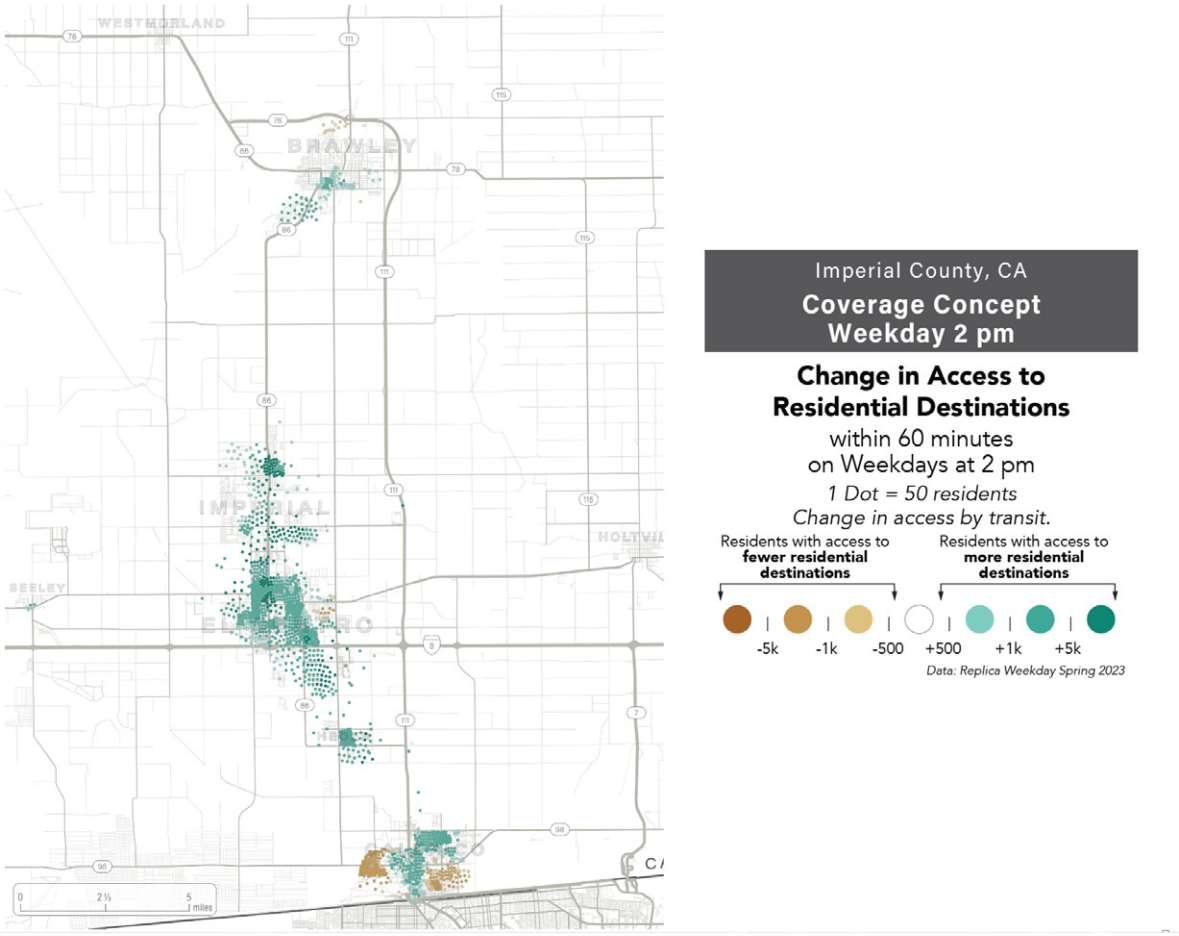


Elaborado por Jarrett Walker & Associates

El resultado de nuestros análisis muestra que la alternativa de alta demanda permitiría en promedio llegar a 70% más destinos y oportunidades de trabajo, educación, compra y servicios, a los habitantes del valle, que la red actual de servicio. En cambio, la alternativa de alta cobertura permitiría en promedio llegar a solo 10% más destinos y oportunidades.

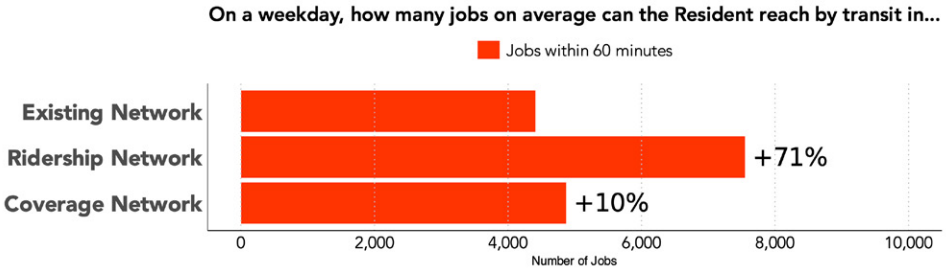
Esta diferencia se explica en que la alternativa de alta demanda, a pesar de proveer servicio a 10% menos de habitantes, concentra el servicio en las áreas de mayor densidad de población, trabajo y servicios, y que en promedio más residentes pueden acceder a más destinos y oportunidades bajo este esquema. La alternativa de alta cobertura, a pesar de mantener el área de servicio de la red actual y proveer servicio a un mayor número de residentes, lo hace en base a servicios de baja frecuencia y respuesta a demanda que, debido a los mayores tiempos de espera, reducen el área de mercado que es posible acceder en una hora para el total del viaje.

Figura 5. Análisis de Mejoramiento de Accesibilidad de la Alternativa de Alta Cobertura



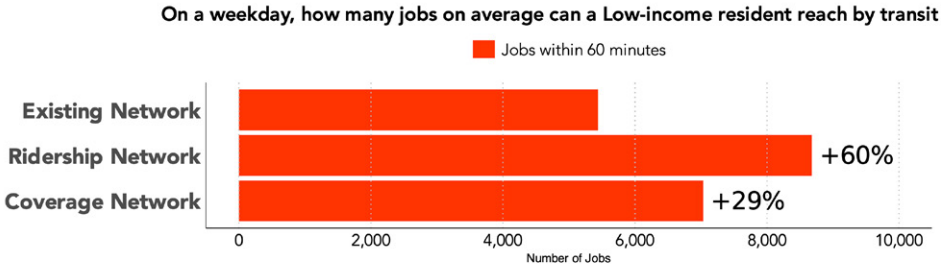
Elaborado por Jarrett Walker & Associates

Figura 6. Mejoramiento de Accesibilidad para el Residente Promedio del Valle Imperial



Elaborado por Jarrett Walker & Associates

Figura 7. Mejoramiento de Accesibilidad para Residentes Bajo la Línea de Pobreza



Elaborado por Jarrett Walker & Associates

6. CONCLUSIONES

Una de las mayores conclusiones que se pueden extraer de este estudio y aproximación metodológica es que más cobertura no necesariamente se traduce en un incremento en acceso a oportunidades. Más personas pueden acceder a más destinos y oportunidades cuando la frecuencia de servicio aumenta. La razón principal es que el tiempo de espera es un aspecto clave del tiempo total de viaje en transporte público y un factor crítico en la decisión de usar o no el servicio.

El aumento en la frecuencia de servicio reduce el tiempo de espera. Un tiempo de espera más corto aumenta la posibilidad de conectar con más servicios y llegar a más destinos y oportunidades en el mismo tiempo de viaje. En otras palabras, una mayor frecuencia provee mayor acceso y mayor libertad de elección para un mayor número de propósitos y necesidades de viaje.

ALATPU

Tecnológico de Monterrey

Ponencias

Planeamiento, economía y modelación

APLICACIÓN DE MICROSIMULACIÓN PARA EVALUACIÓN DE TIEMPOS DE VIAJE EN INFRAESTRUCTURAS DE MICROMOVILIDAD; CASO BANDA CICLOPREFERENCIAL, AVENIDA SANTANDER, MANIZALES

Germán Andrés Torres Carmona
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, getorresc@unal.edu.co

Juan Nicolás Ramírez Giraldo
Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia, jnramirezg@unal.edu.co

Dubán Esneyder Zuluaga Rodríguez
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, duzuluagar@unal.edu.co

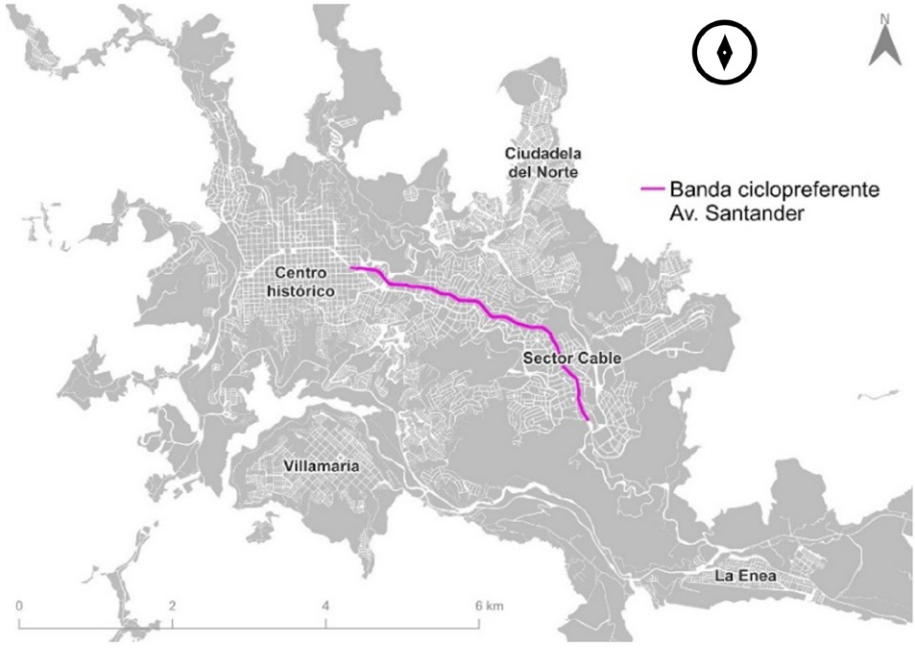
RESUMEN

En los últimos cinco años, Manizales ha evidenciado un aumento significativo en el uso de la micromovilidad, impulsado especialmente por la implementación de la banda ciclopreferente de la Avenida Santander, un corredor estratégico donde confluyen altos volúmenes de tráfico mixto. Este estudio desarrolla un modelo de tiempos de viaje para comparar la eficiencia de los diferentes modos de transporte, como lo son vehículo privado, transporte público, motocicletas y usuarios de micromovilidad que circulan por este eje vial, con el fin de analizar su comportamiento operativo en escenarios de máxima demanda. Para ello, se emplea el software VISUM, alimentado con datos oficiales de aforos y velocidades provistos por la Secretaría de Movilidad, así como con conteos y encuestas aplicadas a 214 usuarios de la banda ciclopreferente, insumo con el cual se construye la matriz origen destino del modelo. Los resultados muestran una variabilidad significativa en las velocidades de operación del tráfico automotor, con oscilaciones entre 28 y 45 km/h, que repercuten directamente en los tiempos de viaje. En contraste, los usuarios de micromovilidad mantienen niveles de desplazamiento más estables y eficientes, especialmente en horas pico, al evitar las colas generadas en intersecciones semaforizadas y cruces vehiculares. El análisis evidencia que la banda ciclopreferente ofrece ventajas competitivas en términos de tiempo de viaje, siempre que mantenga condiciones adecuadas de demarcación y seguridad, consolidándose como una alternativa funcional para promover la movilidad sostenible en Manizales.

1. INTRODUCCION

En Manizales, la micromovilidad ha experimentado un auge exponencial en los últimos 5 años que ha transformado la manera de transportarse de miles de manizaleños y consigo, también ha transformado la infraestructura y el diseño urbano con la llegada de la banda ciclopreferente a uno de los corredores más importantes de la ciudad: La Avenida Santander. Desde el 2020, los usuarios de la micromovilidad han aumentado considerablemente, a causa de la infraestructura orientada a modos de transporte sostenibles, a pesar de las condiciones de desnivel, clima y una apenas naciente cultura ciclista en Manizales, la banda ciclopreferente ha prevalecido desde su implantación. En contraste, el alto flujo vehicular con el que opera la Avenida Santander hace que la banda ciclopreferente brille en horas de máxima demanda, días atípicos y cualquier fluctuación que congestione la Avenida Santander, por tanto, los tiempos de viaje entre los diferentes actores viaje que confluyen por este corredor es una variable muy interesantes para considerar, especialmente en el ejercicio de preguntarse por una de las bondades de la movilidad sostenible y su eficiencia; en esta investigación se modelarán los tiempos de viaje de vehículo privado, transporte público, motocicleta y modos catalogados dentro de la micromovilidad que usen la infraestructura de la banda ciclopreferente para poder compararlos y analizar la conveniencia de la elección modal que motiva a usar o no, la banda ciclopreferente en términos de tiempos de viaje en una ciudad donde los vehículos de micromovilidad y principalmente la bicicleta ha ganado terreno y popularidad en los últimos 5 años, fomentados por la implantación de la banda ciclopreferente en la ciudad, en la cual se registró un crecimiento hasta el 3% de viajes en bicicleta en 2024, comparación de 1% en 2023 y 0,3% de viajes en el 2020 cuando de implantó la banda ciclopreferente (Encuesta de Percepción Cuidadana de Manizales 2024 - Manizales Cómo Vamos)

Figura 1: Localización de la banda ciclopreferente



Fuente: Avenida Santander en Manizales (Juan E. Aristizábal)

2. METODOLOGIA

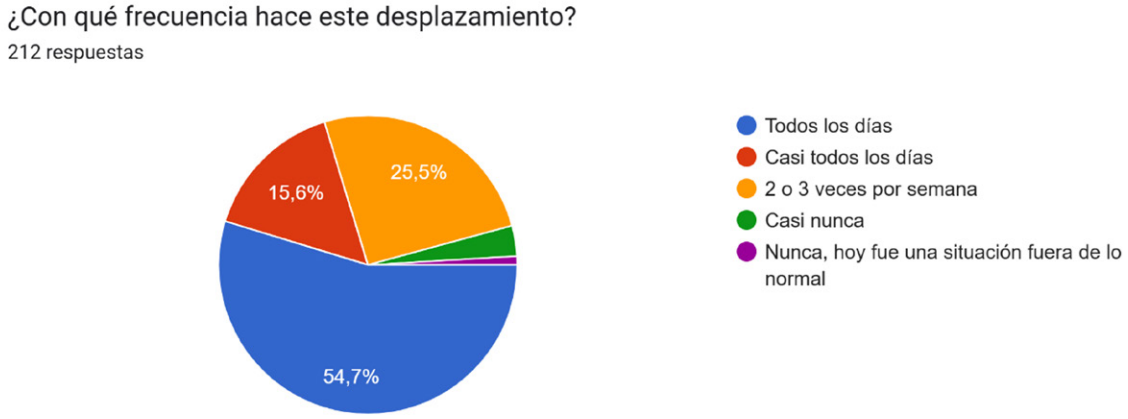
Para modelar los tiempos de viaje de los actores viales de la Avenida Santander se usó el software de simulación VISUM, haciendo uso de datos medidos y obtenidos por la secretaría de movilidad de Manizales para el tráfico de las dos calzadas vehiculares mixtas, que por medio de derecho de petición ya fueron proporcionados; para el caso de la banda ciclopreferente, se realizará conteos propios con el objetivo de la presente investigación, discretizando entre los diferentes modos que se catalogan dentro de la micromovilidad y de esa manera, de esa manera obteniendo la demanda de la banda ciclopredérencial la cual se modelará con los datos.

2.1 Insumos para el modelo

En el marco de la presente investigación se realizó una encuesta de percepción en usuarios de la banda ciclopreferente, entre la información que arroja el insumo, se encuentra el origen y destino de los encuestados.

Se obtuvo una muestra de 214 encuestados y encuestadas, lo cual indica que se logró el 90% de confianza calculado como objetivo, siendo una muestra totalmente representativa. Adicionalmente, la encuesta se realizó de manera aleatoria en las zonas más concurridas de la banda ciclopreferente y en los horarios de máxima demanda, en donde se motivó a los participantes con un concurso para ganar un casco, sin embargo, es necesario expandir la encuesta por medio de conteos vehiculares para averiguar el día y hora de máxima demanda y por supuesto, conteos de los usuarios de la banda ciclopreferente.

Figura 1. Frecuencia de desplazamiento, insumo matriz origen - destino



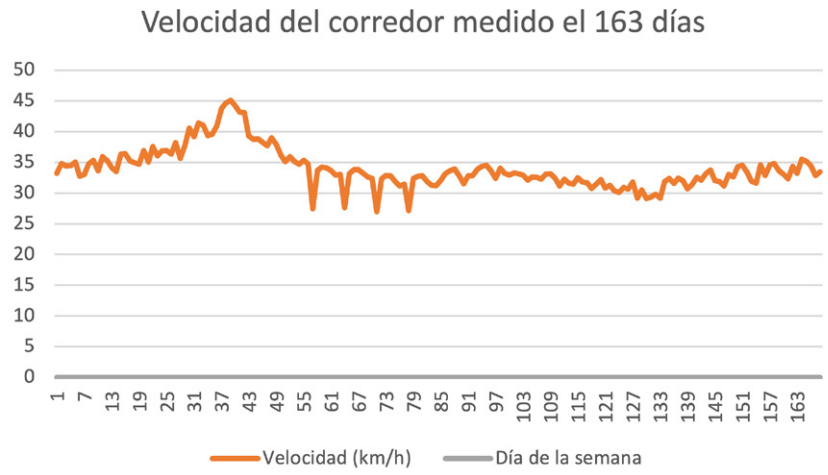
Fuente: Elaboración propia.

Nótese que más de la mitad de los encuestados en el levantamiento de información primaria, realiza el viaje por la banda ciclopreferente todos los días, seguido de un 15,6% que realizan el viaje casi todos los días y finalmente un 25,5% que lo realzan 2 o 3 veces por semana, arrojando un total de 95,8% de usuarios de micromovilidad recurrentes en la banda ciclopreferente, lo cual es muy bueno para el modelo.

2.2 Velocidades en el corredor

El modelo se alimenta de la información de la velocidad en el corredor para poder definir los tiempos de viaje, asimismo, la velocidad también puede inferir conclusiones relacionadas con la siniestralidad siendo esta la principal causa de fatalidades. En la Avenida Santander, los vehículos tienen un límite de velocidad de 30 km/h en la actualidad, sin embargo, esta velocidad de operación no siempre ha sido la misma, pues el corredor vial ha sufrido varias evoluciones a través del tiempo. Para poder definir la velocidad como insumo, se tomo la velocidad promedio de los vehículos aleatoriamente en diferentes horarios durante 163 días, de esa manera obtener el comportamiento de la velocidad que alimentan el modelo.

Figura 2. Promedio de velocidades diarias de la Avenida Santander en un periodo de 163 días.



Fuente: Elaboración propia.

Nótese que la velocidad del corredor varía entre un máximo de 45 km/h y un mínimo aproximado de 28 km/h. En base a esa información, el modelo toma en qué escenarios la velocidad es mayor y por tanto los tiempos de desplazamiento son menores y en qué escenarios la velocidad es menor, los cuales corresponden al escenario de mayor tiempo de desplazamiento y mayor demanda en la Avenida Santander, se caracteriza por horario y se compara con los tiempos de desplazamiento de los usuarios de la banda ciclopreferente.

2.3 Resultados aforos realizados en la Avenida Santander en el año 2023

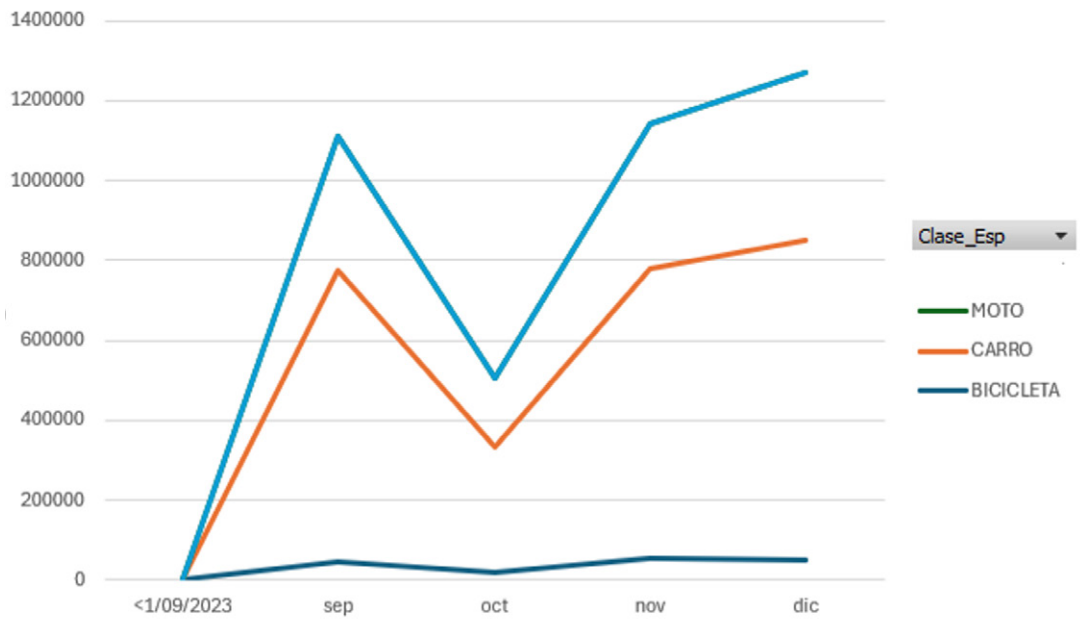
Figura 3. Aforos 4 meses del 2023

Meses aforados	BICICLETA	CARRO	MOTO	Total general
⊞sep	47211	727230	336485	1110926
⊞oct	17844	313379	175513	506736
⊞nov	52209	726346	364952	1143507
⊞dic	49259	800078	420114	1269451
Total general	166523	2567033	1297064	4030620

Fuente: Elaboración propia, con datos de la secretaría de movilidad.

Los aforos realizados en el año 2023 arrojan una cantidad de viajes considerable realizados en la banda ciclopreferente, pues para ese momento ya han pasado 3 años desde la implantación de la banda ciclopreferente, tiempo considerable para que ocurra una consolidación en los viajes de micromovilidad en la ciudad. Para el modelo se tomó en cuenta este año, sin embargo, es posible expandir los datos a un intervalo de tiempo más amplio con conteos de 2024 o 2022. El modelo contempla aforos de tráfico mixto debido a que se realizó una comparación en los tiempos de viaje en los horarios y días de máxima demanda para probar la eficiencia que tiene realizar desplazamientos por la banda ciclopreferente de la Avenida Santander.

Figura 4. Aforos Avenida Santander, año 2023

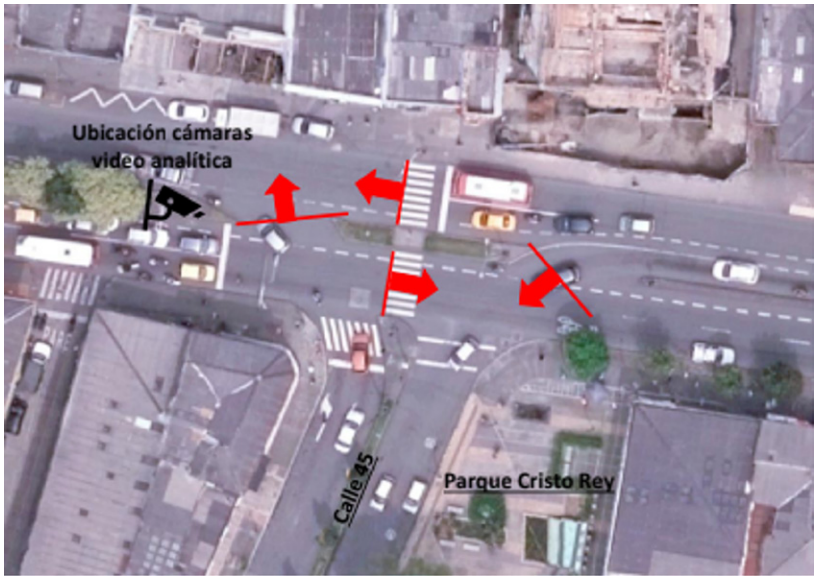


Fuente: Elaboración propia, con datos de la secretaría de movilidad.

Con 4 meses de aforo, se puede observar en los usuarios de la banda ciclopreferente una disminución y posteriormente, el aumento de los viajes desde que se implementó, la reducción de viajes en octubre podría estar asociada a la época de lluvias intensas que caracteriza a la ciudad en esa época. Para el modelo es interesante encontrar los meses en los cuales la demanda vehicular en la Avenida Santander es mayor, por lo que según los datos diciembre es un mes que pone a prueba la capacidad del corredor vial y con ello, también los viajes de micromovilidad en la banda ciclopreferente.

El modelo también contrata los datos de aforos en los años 2023 y 2024, en donde la banda ciclopreferente sufrió un deterioro en su demarcación, lo cual arroja una disminución en la demanda de la ciclo infraestructura debido a la disminución en la percepción de seguridad vial al no haber demarcación, sin embargo, en la medida que la demarcación y las características de diseño de la banda ciclopreferente se mantengan idóneas, esta va a tener buena demanda de viajes.

Figura 5. Estación de toma de aforos y velocidades Avenida Santander

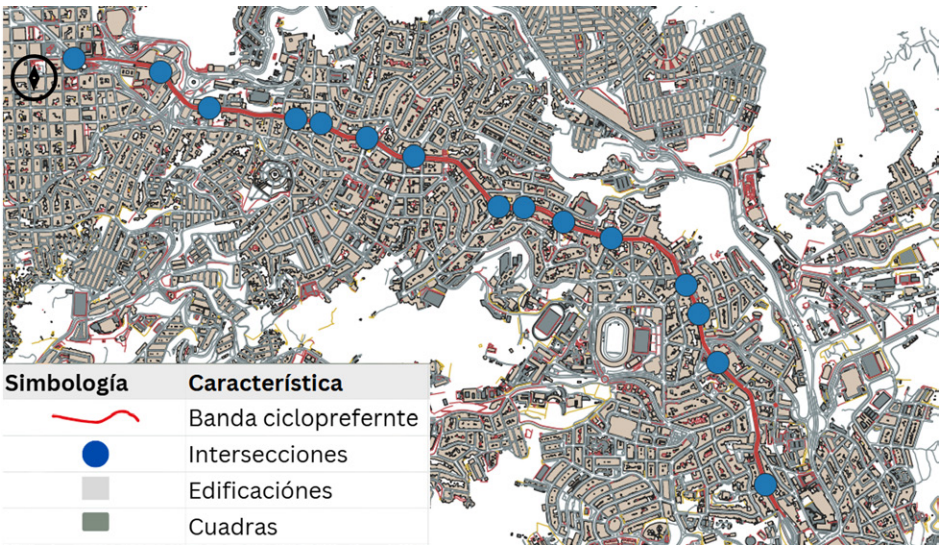


Fuente: Consulta Cartográfica Temática POT Urbano 2017-2031

3. INTERSECCIONES SEMAFÓRICAS

Para modelar los tiempos de viaje para cada vehículo, es necesario considerar aquellos escenarios donde es inevitable que estos interrumpan su marcha, es decir, en intersecciones. La diferencia entre los vehículos en los carriles mixtos y los usuarios de la banda ciclopreferente es que el espacio que ocupan los vehículos automotores es mucho mayor, y por tanto, la capacidad de los carriles mixtos de transportar pasajeros se ve limitada, mientras que bicicletas y demás vehículos de micromovilidad pasan más fácilmente optimizando el espacio que necesitan para movilizar pasajeros, como consecuencia, las colas generadas en el los carriles de tráfico mixto son mayores en los horarios de máxima demanda y eso es un problema para los usuarios de automotores.

Figura 5. Intersecciones vehiculares de la banda ciclopreferente.



Fuente: Elaboración propia.

Considerar las intersecciones georreferenciadas son importantes para el modelo, pues interrumpen el flujo vehicular y por consecuencia los tiempos de desplazamiento.

4. DESCRIPCIÓN DE LA MATRIZ ORIGEN DESTINO

La matriz origen–destino constituye el insumo fundamental para la representación cuantitativa de la demanda de movilidad en un modelo de simulación de tránsito urbano. En el caso de Manizales, esta matriz se construye a partir de la integración metodológica entre los aforos vehiculares sistemáticos plasmados como insumo en la presente investigación, que permiten caracterizar los volúmenes y patrones de circulación en los principales corredores viales, y la encuesta de movilidad aplicada en el marco de esta investigación orientada a identificar los comportamientos espaciales y temporales de los desplazamientos de los habitantes, especialmente en los usuarios de la micromovilidad de la banda ciclopreferente. A través de procedimientos de expansión, calibración y balance de flujos, los datos observados se transforman en una matriz Origen - Destino que expresa el número de viajes generados y atraídos entre las diferentes zonas de tráfico de la ciudad. Esta matriz, una vez incorporada al entorno de simulación microscópica en PTV Visen, alimenta el modelo mediante la asignación de trayectorias y horarios de viaje que reproducen con alta fidelidad las condiciones dinámicas del sistema vial manizaleño, permitiendo evaluar escenarios de intervención, identificar cuellos de botella operacionales y proponer estrategias de gestión del tránsito acordes con la topografía, la estructura urbana y la morfología vial característica de la ciudad.

5. CONCLUSIONES

La banda ciclopreferente de la Avenida Santander en Manizales es una excelente alternativa para fomentar el uso de la micromovilidad en la ciudad, teniendo ventajas sobre los vehículos motorizados en tiempo de viaje más cortos en horas de máxima demanda.

Los cruces vehiculares a la izquierda y los semáforos representan una disminución en el flujo vehicular y con ellos una disminución de tiempos de viaje, donde los usuarios de la banda ciclopreferente sacan ventaja al evitar las colas que se forman en los carriles mixtos a la hora de para en un semáforo.

La demanda de la banda ciclopreferente está asociada a la calidad y buen estado en la demarcación de la infraestructura, pues a mayor percepción de seguridad vial, mayor demanda de usuarios.

El 95% de los usuarios de la banda ciclopreferente son personas que la usan más de 3 veces a la semana para hacer sus viajes.

La implantación de la banda ciclopreferente ocasionó una reducción en la velocidad de operación en la Avenida Santander.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aristizábal Salazar, J. E., Wagenaars Rincón, S., & Escobar García, D. A. (2025). Diverse opportunity potential through geographic accessibility modeling as a basis for planning towards the 15-minute city and spatial justice. Future Cities and Environment, 11.: https://cspub-fce-submission.org/index.php/fce/article/view/52/208

Artículos de revistas científicas en formato electrónico

Datos Abiertos Secretaría Distrital de Movilidad. (¿2015?). *Siniestros viales georreferenciados desde el año 2015 en la ciudad de Bogotá D.C.* Obtenido de https://datos.movilidadbogota.gov.co/datasets/movilidadbogota::accidente-1/explore?location=4.605009%2C-74.083146%2C16.88

Dieter Nohlen. (2013). Ciencia política comparada el enfoque histórico-empírico. *Universidad de Granada.*

Documentos técnicos

Encuesta de Percepción Cuidadana de Manizales 2024 - Manizales Cómo Vamos: https://manizalescomovamos.org/wp-content/uploads/2025/09/ICV-MCV-2024-2025-FINAL.pdf

FONAM. (2005). *Manual de diseño para infraestructura de ciclovías*. Tomar la decisión del cambio

International Transport Forum. (2020). *Safe Micromobility*. Obtenido de International Transport Forum: https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/safe-micromobility_1.pdf

Karla Cristina Cardona Arango, Verónica Bermúdez Zapata. (2019). ARBOLADO URBANO COMO ESTRATEGIA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE. *Universidad de Antioquia*.

Ministerio de Transporte. (2015(Incongruencias), 04 de abril) *Guía de ciclo -i nfraestrutura para ciudades colombianas*. Obtenido de https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/4853/publicacionesmovilidad_sostenibleguia_de_ciclo-infraestructura_para_ciudades_colombianas/

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2023). *Guía de recomendaciones para el diseño de infraestructura ciclista*. Obtenido de https://esmovilidad.mitma.es/estrategia-estatal-por-la-bicicleta/guia-de-recomendaciones-para-el-diseno-de-infraestructura-ciclista

Reyes Avilés Isabel, Gutiérrez Chaparro Juan. (2010). Los servicios ambientales de la arborización urbana: Retos y aportes para la sustentabilidad de la ciudad de Toluca. *Universidad Autónoma del estado de México.*

Secretaría Distrital de Movilidad. (2002). LEY 769 DE 2002 *"Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones"*. Obtenido de https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/ley-769-de-2002-codigo-nacional-de-transito_3704_0.pdf

Secretaría Distrital de Movilidad. (2020). *RESOLUCIÓN Nº. 269 DE 2020: Por medio de la cual se modifica la Resolución 264 de 2015 y se dictan otras disposiciones.* Obtenido de https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Paginas/19-10-2020/resolucion_269_de_2020_paradereros_transporte_publico_con_accesibilidad-_seguridad_para_usuarios.pdf

Secretaría Distrital de Movilidad. (2019). *Aprende a identificar los puntos ciegos para evitar accidentes en las vías.* Obtenido de https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/los-puntos-ciegos-son-causales-de-accidentes-de-transito-en-bogota

COMPREENDENDO A CULTURA DA MOBILIDADE URBANA PELAS LENTES DA ETNOGRAFIA

Hernany Paulo Varela dos Reis
Universidade de Brasília, dosreis.hernany@gmail.com

Joaquim José Guilherme de Aragão
Universidade de Brasília, joaquim.jg.aragao@gmail.com

Anísio Brasileiro
Universidade Federal de Pernambuco, anisio.brasileiro@ufpe.br

RESUMO

A pesquisa apresenta um estudo de Mapeamento Sistemático (*Mapping Study*) de publicações sobre os temas Antropologia da Mobilidade Urbana (AMU), Cultura da Motorização (CM) e Transporte Público Coletivo (TPC). Buscou-se selecionar artigos de grande impacto para relacionar o que de mais importante vem sendo discutido sobre os temas supracitados, onde e quem vem investigando, os subtemas mais abordados, os periódicos mais relevantes aos temas, os continentes e os países onde os estudos foram realizados. Ao final, foram filtrados e selecionados 29 de um total de 419 artigos, relacionados a 15 temáticas distintas e a 21 países de diferentes peculiares culturais. Os periódicos com mais estudos contemplados são o *Journal of Transport Geography*, que abrangeu 17% dos trabalhos, o *Transport Policy*, com 14%, e o *Transportation Research*, com 7%. A Europa tem o maior número de trabalhos selecionados, com 11 estudos, a América e a Ásia possuem 6 estudos cada, a África tem 4 estudos e a Oceania tem 2. A Suécia e o Brasil têm 3 estudos cada, enquanto Dinamarca, Espanha, Holanda e Índia têm 2 estudos cada. A AMU, através de métodos qualitativos/etnográficos, mostrou-se primordial para compreender melhor a CM e auxiliar na promoção de políticas de melhoria para os serviços de TPC local/regional.

1. INTRODUÇÃO

A Antropologia da Mobilidade Urbana (AMU), segundo Cresswell (2006), estuda os significados e dinâmicas culturais da mobilidade, visando aprofundar a "Cultura de Mobilidade" em seus aspectos simbólicos e fenomenológicos. As pesquisas em AMU utilizam a etnografia para detalhar a relação entre forma urbana, transporte e infraestrutura (Røe, 2000; Reeves, et al., 2008; Fallaria, et al., 2019; Soliz, 2021; Kokkola, et al., 2022; Xiao, 2022). É crucial analisar percepção, padrões de viagem, mobilidade e a cultura da motorização. Além disso, a AMU considera os conflitos socioeconômicos e socioculturais inerentes aos deslocamentos urbanos, que impactam a dinâmica social e a qualidade de vida nas cidades (Lima, 2003; Rosin, 2003; Truitt, 2008; Santarém, 2013; Yazici, 2013; Haustein & Nielsen, 2016). A eficiência da MU está atrelada à organização da forma urbana e à oferta de modos de transporte integrados

Presente artigo tem por objetivo explorar a literatura de estudos sobre a mobilidade urbana, em que a Antropologia e, mais especificamente, a Etnografia demonstram sua utilidade para construir uma visão mais íntima e interdisciplinar dos comportamentos humanos. O artigo divide-se nas seguintes seções: na Seção 2, o método de exploração da literatura é brevemente relatado. Na seção 3, os principais resultados dessa exploração são apresentados subdivididos em a) o valor da Antropologia e da Etnografia para a compreensão da cultura de mobilidade urbana; b) o fenômeno da motorização; e c) fatores que interferem na perda de atratividade do transporte coletivo. A seção 4 resume as principais conclusões.

2. MATERIAIS E MÉTODO

O estudo de mapeamento sistemático (*Mapping Study*) busca fornecer um panorama das pesquisas sobre Antropologia da Mobilidade Urbana, Motorização e Transporte Público Coletivo. O método segue Silva, Andrade e Ferreira (2020b) e Paula e Ilha (2016). As buscas foram realizadas no Portal de Periódicos CAPES e no Google Acadêmico. O Portal de Periódicos CAPES foi escolhido por abranger bases consolidadas como *Web of Science*, *Scopus e ProQuest*, enquanto o Google Acadêmico foi utilizado por sua maior abrangência a estudos e demais periódicos (Silva, *et al.*, 2020a).

Foi realizada uma combinação de *strings* (termos de busca), visando capturar o máximo de publicações sobre AMU, CM e TPC, além de auxiliar no mapeamento. Esses termos de busca foram testados e adaptados para as plataformas mencionadas. Em seguida, foram estabelecidos critérios de exclusão: trabalhos em idiomas distintos de português, inglês, francês ou espanhol; publicações fora das áreas de Antropologia da Mobilidade, Transportes, Trânsito e Motorização; e materiais que não são científicos ou técnicos. Após aplicar esses critérios, foi realizada a leitura e análise de títulos, resumos e palavras-chave, permitindo a exclusão de trabalhos não aderentes e/ou duplicatas (Silva, *et al.*, 2020b; Faria, *et al.*, 2020).

Na seleção dos trabalhos, foram incluídos artigos que apresentavam conteúdo relevante e complementar à pesquisa, mesmo que não estivessem no conjunto inicial. Esses artigos foram identificados nas listas de referências e durante o desenvolvimento

do estudo. O processo foi concluído ao atingir a saturação teórica. Assim, foram adicionados mais 8 artigos aos 411 trabalhos iniciais, totalizando 419 artigos. Para assegurar a qualidade dos artigos incluídos no mapeamento, foram selecionados apenas aqueles publicados em periódicos com Fator de Impacto JCR (*Journal Citation Reports da Thomson Scientific*) ou índice SJR (*Scimago Journal Rank*) superior a 0,50. No final do processo, foram escolhidos 21 artigos, que, somados aos 8, totalizaram 29 artigos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 O Valor da Antropologia da Mobilidade Urbana (AMU)

A AMU baseia-se em estudos qualitativos que visam sistemas de mobilidade mais adequados às necessidades dos usuários. Segundo Cresswell (2006) essa abordagem é útil para formular políticas que considerem contextos sociais específicos, compreendendo comportamentos, padrões de viagem e significados urbanos. A AMU visa também experimentação do cotidiano e a simulação de situações futuras e complemento a estudos quantitativos e de modelagens.

Estudos etnográficos são cruciais na mobilidade urbana por sua capacidade de imersão e de capturar sutilezas e aspectos ocultos dos acontecimentos (Reeves et al., 2008; Foley *et al.*, 2022; Ramos *et al.*, 2022; Soliz, 2021). Abordagens antropológicas/ etnográficas analisam o aumento da motorização (especialmente de motocicletas) e o consequente congestionamento de tráfego, que reduz a qualidade de vida urbana (Rosin, 2003; Truitt, 2008; Yazici, 2013; Horta, 2019; Stefanelli, 2021). O ruído urbano também é explorado (Pink *et al.*, 2019). Pesquisas destacam a necessidade de uma análise situacional que conecte as dimensões micro e macro para entender as desigualdades sociais e os significados da Mobilidade Urbana (MU) (Xiao, 2022). Rosin (2003) alerta para a universalização do trânsito por soluções tecnocráticas, ressaltando a importância de considerar características regionais e diferenças interculturais para gerenciar conflitos. O conceito de "Cultura de Mobilidade" (Haustein e Nielsen, 2016; Fallaria *et al.*, 2019; Xiao, 2022; Kokkola *et al.*, 2022) abrange aspectos sociais e culturais, padrões de viagem, ambiente construído, discursos e percepções sobre MU, ajudando a entender a adoção de modos de transporte em diferentes regiões. Nesse sentido reforçam que a etnografia ajuda a compreender a "cultura da mobilidade" e sua interação com costumes locais, oferecendo *insights* para resolver problemas de mobilidade em diferentes escalas.

Em suma, estudos etnográficos destacam a importância de informações qualitativas para apoiar políticas eficazes em contextos sociais (Røe, 2000; Soliz, 2021; Ramos *et al.*, 2022). Os estudos de Pink *et al.* (2019), Pink *et al.* (2020) e Lindgren *et al.* (2021) mostram que a pesquisa etnográfica e os experimentos no cotidiano urbano podem impulsionar o desenvolvimento de soluções inovadoras para os transportes, como a integração de veículos autônomos, promovendo sustentabilidade e políticas de inclusão social. Kokkola *et al.* (op. cit.) enfatizam o transporte público como um espaço social fundamental para fortalecer relações e promover equidade social. Vasconcellos (2018) exige uma abordagem sociopolítica, ressaltando ser insuficiente apenas investir em

infraestrutura e soluções tecnocráticas. Ele enfatiza a complexidade da MU, considerar conceitos como tempo, espaço e direitos sociais, do chamado "metabolismo da mobilidade".

3.2 Cultura do Carro e Motorização

Truitt (2008), Yazici (2013) e Stefanelli (2021) indicam que a relação entre motorização e desenvolvimento econômico pode levar a um consumismo desenfreado e a um crescimento insustentável de veículos, exacerbando problemas como congestionamentos e poluição, em vez de um desenvolvimento integrado e sustentável. Stefanelli (*op. cit.*) argumenta que o carro passou de símbolo de modernidade e excelência técnica a uma fonte de dependência disfuncional, desconforto e estresse, agravados por congestionamentos, poluição e mal-estar urbano. A aquisição de automóveis é impulsionada por fatores como flexibilidade, agilidade, liberdade, segurança, conforto e a má qualidade dos serviços de Transporte Público (TP) local, conforme identificado por Luke (2018) na África do Sul. Os congestionamentos estão diretamente relacionados à centralidade das atividades econômicas e ao aumento da frota de veículos individuais, que conferem maior mobilidade e status. A dependência da motorização reforça a marginalização do TPC, mesmo entre a população de baixa renda, onde o transporte por aplicativo também se tornou uma fonte de renda crucial (Rosin, 2003; Truitt, *op.cit.*; Yazici, *op.cit.*; Fallaria, *et al.*, *op.cit.*; Horta, *op.cit.*; Xiao, *op.cit.*; Hjorthol, 2005; Furtado, *et al.*, 2023).

O Sistema de Transporte Público (STP), por sua vez, falha em atender às demandas de forma organizada, confiável, segura, confortável, abrangente, acessível e com bom custo-benefício. Em nações em desenvolvimento, as transformações na Mobilidade Urbana (MU) são evidentes. No Vietnã, Hansen (2017) analisou a transição da bicicleta para a motocicleta e, posteriormente, para o carro, correlacionando-a a padrões de consumo e políticas de aquecimento do mercado; argumenta o autor que reformas econômicas provocaram um aumento significativo de motocicletas e carros, junto com investimentos na indústria automobilística, gerando congestionamentos e insegurança viária. Enfrentar a cultura da motorização é um desafio contínuo que exige a compreensão das "culturas de mobilidade" locais para desenvolver políticas eficazes (Haustein e Nielsen, 2016).

Para contrapor essa tendência a chave para um futuro sustentável reside no investimento em transporte público e mobilidade ativa. Advani *et al.* (2021), em seu estudo indiano, mostram que esses investimentos podem reduzir emissões de poluentes, consumo de combustíveis, congestionamentos e a mobilidade insustentável. A promoção da mobilidade ativa deve ser adaptada a cada região (Haustein e Nielsen, *op.cit.*). Para estimular a Mobilidade Ativa e integrá-la ao STP, são cruciais os investimentos em calçadas e ciclovias (Advani, *op.cit.* ; Cantelmo *et al.*, 2022). Horta (2019) e Yazici (*op.cit.*) ressaltam a necessidade urgente de uma abordagem mais qualitativa no planejamento de trânsito e transporte urbano, reconhecendo que as vias urbanas refletem as dinâmicas sociais, políticas, econômicas e culturais de uma sociedade específica. O *carsharing* é apontado como uma solução eficaz para a motorização e para o sistema de TP (Cantelmo *et al.*, 2022). O s autores defendem que parcerias público-privadas e incentivos facilitam a implementação do carsharing, aliviando o tráfego e melhorando

a MU. Eles sugerem o compartilhamento de veículos (incluindo elétricos e autônomos) como estratégia para controlar o tráfego e reduzir o uso de veículos individuais, promovendo um sistema de transporte mais integrado, personalizado e inclusivo, com suporte de aplicativos e tarifas especiais.

3.3 Condição dos Serviços do Transporte Público Coletivo

A compreensão dos fatores comportamentais é essencial para a melhoria do Transporte Público (TP). Ona *et al.* (2021) indicam que a preferência pelo carro particular em detrimento do TP é influenciada por proximidade, intermodalidade, economia de tempo/ dinheiro e estilo de vida, sendo mais comum entre residentes do centro, homens, jovens e indivíduos com alta escolaridade e renda. Fallaria *et al.* (2019), Xiao (2022) e Kokkola *et al.* (2022) identificam problemas comuns nos sistemas de TP, incluindo falhas no planejamento interseccional, congestionamentos, migração para o transporte privado, segregação socioespacial, desigualdades de classe, ineficiência operacional e gestão inadequada. Além disso, mencionam problemas no sistema de filas e bilhetagem, e ambientes desconfortáveis. Esses fatores resultam em experiências de viagem estressantes, perpetuando uma cultura de crise e desconfiança nas melhorias do sistema de transportes, além da sensação de abandono por parte dos governantes. Foley *et al.* (2022) mostra que mobilidade e acessibilidade influenciam a mobilidade social, sendo essenciais para a equidade no transporte urbano. Também são enfatizados a promoção da mobilidade ativa, a segurança pública e a regulamentação dos transportes informais para melhorar as demandas do TP. O Transporte Público (TP) é visto como um "grande edifício em movimento e modificação", necessitando constante atenção e atualização para melhor serviço aos usuários (Kokkola *et al.*, 2022). Estudos abordam tecnologias futuras, como o veículo autônomo, apresentando-o como uma solução para o controle do tráfego e uma alternativa à motorização individual, permitindo o compartilhamento (Pink *et al.*, 2020; Lindgren *et al.*, 2021).

Destaca-se que a avaliação da satisfação dos usuários é crucial para aprimorar o Sistema de Transporte Público (STP) e reduzir a dependência de veículos individuais (Hirschhorn *et al.*, 2019; Santos & Lima, 2021). Olio *et al.* (2011) sugerem o uso de grupos focais e modelos de escolha direta para identificar variáveis importantes na preferência dos usuários. Sukhov *et al.* (2021) defendem novas abordagens configuracionais para melhorar a compreensão da relação entre atributos de qualidade do serviço (percebidos e físicos) e a satisfação do usuário. Sukhov *et al.* (*op cit.*) e Hirschhorn *et al.* (*op cit*) focam igualmente na governança e na experiência do usuário, identificando seis abordagens de governança (analisador, arquiteto, promotor, experimentador, legislador e provedor) e apontam a necessidade de melhor compreensão do comportamento do usuário.

Chowdhury *et al.* (2018) destacam que a melhoria da acessibilidade para todos os usuários depende de um STP integrado. Eles ressaltam as limitações na compreensão das percepções de usuários e formuladores de políticas sobre essa necessidade e a importância de identificar os atributos mais atrativos e essenciais. No que tange a qualidade do serviço, essa é uma preocupação central. Olio *et al.* (2021) enfatizam a importância de alinhar a qualidade percebida à qualidade desejada, observando que diferentes usuários (com diferenças baseadas em sexo e idade) valorizam variáveis distintas. As variáveis mais relevantes nos serviços de TP incluem tempo de espera,

limpeza e conforto, além de melhorias como informações adicionais, campanhas publicitárias e aumento da frequência de ônibus. Santos & Lima (2021) identificam os principais indicadores de qualidade do TP como acessibilidade, informação, pontualidade e segurança pública. As demandas dos usuários frequentes englobam a habilidade dos motoristas, a adaptação dos veículos, a integração das tarifas e a adequação dos pontos de ônibus.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos da *Antropologia da Mobilidade Urbana (AMU)* destacam o método etnográfico como abordagem qualitativa vital, permitindo a compreensão de particularidades regionais, diferenças interculturais e comportamentais. Essa abordagem é crucial para a gestão de conflitos, o desenvolvimento sustentável e deve integrar macro e microescala, combinando análises quantitativas e qualitativas. A AMU aponta preocupações sérias, como a universalização do trânsito, soluções tecnocráticas excessivas e crescimento insustentável, resultando em poluição, ruído e desconforto urbano. Centralmente, estão o consumo e a dependência do carro, o estresse dos congestionamentos e a baixa qualidade do TPC. A mobilidade e a acessibilidade são essenciais para a equidade e a mobilidade social. Fatores relevantes incluem a promoção da mobilidade ativa, segurança viária, regulamentação de transportes e um gerenciamento de conflitos eficiente. Defende-se um desenvolvimento regional integrado e sustentável, com estratégias inteligentes e adaptadas que incentivem a mobilidade sustentável, tratando as vias urbanas como reflexo de dinâmicas sociais, políticas e culturais.

A *Cultura de Motorização (CM)* impulsiona o crescimento da frota e os congestionamentos, agravados pela centralização econômica, desarranjo urbano e o simbolismo do veículo como status e poder. Reformas econômicas que fortalecem a indústria automobilística elevam o consumo, tornando essencial compreender a CM e costumes locais para evitar a motorização desenfreada. Soluções como carsharing e veículos autônomos são apontadas como alternativas sustentáveis.

Nos serviços de *Transporte Público Coletivo (TPC)*, a ineficiência operacional, gestão inadequada, ambientes inseguros e desconfortáveis geram experiências de viagem estressantes, desconfiança e sensação de abandono. Essa incapacidade de atender às demandas de forma organizada, confiável, segura e acessível, especialmente em países em desenvolvimento, exige mudanças de comportamento e melhorias significativas para incentivar a migração do carro para o TPC. Pesquisas indicam que é crucial investir em infraestruturas de calçadas e vias cicláveis para a mobilidade ativa, além de apoiar políticas de sustentabilidade (como despoluição do tráfego). É vital entender as demandas dos usuários e alinhar a qualidade percebida com a desejada. As variáveis mais valorizadas no TP são tempo de espera, limpeza e conforto, seguidas por integração de serviços, pontualidade e segurança. Para uma integração eficaz, são essenciais a rede de transporte, tarifas, informações, integração física e coordenação de horários. Governos e usuários consideram a integração de tarifas e da rede fundamental. A AMU, com seus métodos qualitativos, é vital para o planejamento de um STP integrado e regionalmente detalhado.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento à CAPES pela bolsa de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Advani, M., Sharma, N. & Dhyan, R., 2021. Mobility change in Delhi due to COVID and its' immediate and long term impact on demand with intervened non motorized transport friendly infrastructural policies. Transport Policy, Volume 111, pp. 28-37. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2021.07.008

Cantelmo, G. et al., 2022. Aligning users' and stakeholders' needs: How incentives can reshape the carsharing market. Transport Policy, Volume 126, p. 306–326. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2022.07.009

Capillé, C. & Reiss, C., 2019. Formas de mobilidade, visibilidade e poder em Medellín: Metrocable e Parques-Biblioteca. Bitácora Urbano Territorial, Volume 29 (3), pp. 79-90. https://doi.org/10.15446/bitacora.v29n3.67844

Chowdhury, S., Hadas, Y., Gonzalez, V. A. & Schot, B., 2018. Public transport users' and policy makers' perceptions of integrated public transport systems. Transport Policy, Volume 61, pp. 75-83. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.10.001

Cresswell, T., 2006. On the Move: mobility in the modern Western world. New York: Routledge, Taylor & Francis Group.

Fallaria, A. J. et al., 2019. Emerging from the 'worst': An ethnography of the modern Filipino commuting culture behind the Metro Manila traffic crisis.. MATEC Web of Conferences 272, pp. 1-10. https://doi.org/10.1051/matecconf/201927201032

Faria, B. O. L. d., Oliveira, M. D. d. & Carvalho, W. L., 2020. Revisão Sistemática da Literatura em Relação ao Transporte Escolar. 34º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET, pp. 346-355 (10).

Foley, L. et al., 2022. Socioeconomic and gendered inequities in travel behaviour in Africa: Mixed-method systematic review and meta-ethnography. Social Science & Medicine, Volume 292, pp. 1-16. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2021.114545

Furtado, G. F. et al., 2023. Fatores de influência da tomada de decisão do consumidor: A perspectiva comportamental da compra de carro. Revista Brasileira de Marketing – ReMarK, Volume 22(1), pp. 223-260. https://doi.org/10.5585/remark.v22i1.17462

Hansen, A., 2017. Transport in transition: Doi moi and the consumption of cars and motorbikes in Hanoi. Volume 17, p. 378–396. https://doi.org/10.1177/1469540515602301

Haustein, S. & Nielsen, T. A. S., 2016. European mobility cultures: A survey-based cluster analysis across 28 European countries. Journal of Transport Geography, Volume 54, pp. 173-180. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.05.014

Hirschhorn, F., Paulsson, A., Sørensen, C. H. & Veeneman, W., 2019. Public transport regimes and mobility as a service: Governance approaches in Amsterdam, Birmingham, and Helsinki. Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 130, pp. 178-191. https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.09.016

Hjorthol, R. J., 2005. Mobility in daily life - The car and use of information and communication technology for family logistics. 45th Congress of the European Regional Science Association, pp. 1-23.

Horta, G., 2019. From Peripatetic Anthropology to the Ethnography of Roads and Motorisation in Africa. Caderno de Estudos Africanos, Dez, Issue 37, pp. 213-233. https://doi.org/10.4000/cea.4118

Kokkola, M., Nikolaeva, A. & Brömmelstroet, M. t., 2022. Missed connections? Everyday mobility experiences and the sociability of public transport in Amsterdam during COVID-19. Social & Cultural Geography, Volume 24, pp. 1693-1712. https://doi.org/10.1080/14649365.2022.2084148

Lindgren, T., Rosa, S. & Fors, V., 2021. Fore-sighting autonomous driving - An Ethnographic approach. Technological Forecasting and Social Change, Volume 173, pp. 1-16. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121105

Olio, L., Ibeas, A. & Cecin, P., 2011. The quality of service desired by public transport users. Transport Policy, Volume 18, pp. 217-227. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.08.005

Ona, J. d., Estéves, E. & Oña, R. d., 2021. Public transport users versus private vehicle users: Differences about quality of service, satisfaction and attitudes toward public transport in Madrid (Spain). Travel Behaviour and Society, Volume 23, pp. 76-85. https://doi.org/10.1016/j.tbs.2020.11.003

Paula, H. M. D. & Ilha, M. S. D. O., 2016. Uso da Moringa oleifera no tratamento de águas residuárias de usinas de concreto: mapeamento sistemático. REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Volume 11, n. 1, pp. 50-60. https://doi.org/10.5216/reec.V11i1.35149

Pink, S. et al., 2019. Recycling traffic noise: transforming sonic automobilities for revalue and well being. Mobilities, Volume 14, pp. 233-249. https://doi.org/10.1080/17450101.2018.1548882

Pink, S. et al., 2020. Design anthropology for emerging technologies: Trust and sharing in autonomous driving futures. Volume 69, pp. 1-21. https://doi.org/10.1016/j.destud.2020.04.002

Ramos, R. R., Tarafdar, N. H. & Monideepa, 2022. E-formality and data justice: the individualization of street trade in Recife, Brazil. Information Technology for Development, Volume 29, pp. 184-204. https://doi.org/10.1080/02681102.2022.2141673

Reeves, S., Kuper, A. & Hodges, B. D., 2008. Qualitative research methodologies: ethnography. British Medical Journal, Volume 337, pp. 512-514. https://doi.org/10.1136/bmj.a1020

Røe, P. G., 2000. Qualitative research on intra-urban travel: an alternative approach. Journal of Transport Geography, Volume 8, pp. 99-106. https://doi.org/10.1016/S0966-6923(99)00039-3

Rosin, R. T., 2003. Vishnu and the Art of Motorcycle Driving: Toward an Anthropology of Traffic. Kroeber Anthropological Society Papers, Issue 89/90, pp. 55-74.

Santos, J. B. d. & Lima, J. P., 2021. Quality of public transportation based on the multi-criteria approach and from the perspective of user's satisfaction level: A case study in a Brazilian city. Case Studies on Transport Policy, Volume 9, pp. 1233-1244. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.05.015

Silva, P. B., Andrade, M. & Ferreira, S., 2020a. Machine learning applied to road safety modeling:. Journal of Traffic and Transportation Engineering, Volume 7, pp. 16 (775-790). https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.07.004

Silva, P. B., Andrade, M. & Ferreira, S., 2020b. Uso de técnicas de aprendizado de máquina na modelagem da segurança viária: mapeamento sistemático. Engineering and Science, 3(9), pp. 20-35. https://doi.org/10.18607/ES2020911179

Soliz, A., 2021. Divergent infrastructure: Uncovering alternative pathways in urban velomobilities. Journal of Transport Geography, Volume 90, pp. 1-16. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102926

Sukhov, A. et al., 2021. Assessing travel satisfaction in public transport: A configurational approach. Transportation Research Part D: Transport and Environment, Volume 93, pp. 1-14. https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102732

Truitt, A., 2008. On the back of a motorbike: Middle-class mobility in Ho Chi Minh City, Vietnam. American Ethnologist, Fev, Volume 35, p. 17. https://doi.org/10.1111/j.1548-1425.2008.00002.x

Xiao, A. H., 2022. The congested city and situated social inequality: Making sense of urban (im)mobilities in Lagos, Nigeria. Geoforum, Volume 136, pp. 312-320. https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2021.04.012

Yazici, B., 2013. Towards an Anthropology of Traffic: A Ride Through Class Hierarchies on Istanbul's Roadways. Ethnos - Journal of Anthropology, Volume 78 (4), pp. 515-542. https://doi.org/10.1080/00141844.2012.714395

DESEMPENHO DO TRANSPORTE COLETIVO DE MANAUS NO PÓS-PANDEMIA (2020–2025): OFERTA, DEMANDA E TARIFA À LUZ DO PLANMOB

Kattylinne de Melo Barbosa
Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil, kdbarbosa@uea.edu.br

Maria do Alívio Silva Ribeiro
CRO da 12ª Região Militar, Manaus, Amazonas, Brasil, m.ribeiroec@gmail.com

Julia Elena Vasquez Alcala
Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil, juliaelenavasquez07@gmail.com

RESUMO

Este trabalho analisa o desempenho do transporte coletivo por ônibus em Manaus no período pós-pandemia (2020–2025), com foco em oferta, demanda e dinâmica tarifária, conforme diretrizes do Plano de Mobilidade Urbana local. Utiliza indicadores operacionais (frota, quilometragem, passageiros equivalentes, tarifa e IPK) de bases oficiais e séries históricas do IMMU, além de análise documental sobre políticas públicas e estratégias de mitigação adotadas durante a crise sanitária. Os resultados mostram queda acentuada da demanda e da oferta em 2020, seguida de recuperação gradual até 2025, ainda abaixo dos níveis pré-pandemia. O reajuste tarifário e a implantação de subsídios sociais e estudantis foram fundamentais para o equilíbrio econômico do sistema, assim como a renovação parcial da frota e a integração de serviços complementares. Persistem desafios na cobertura das áreas periféricas, desigualdades no acesso e necessidade de maior governança baseada em dados. O transporte enfrentou pressões financeiras severas, impactando salários e jornada dos trabalhadores, bem como a qualidade do serviço. A modernização da frota com veículos menos poluentes e mais acessíveis demonstra avanços importantes. Conclui-se que, embora haja progressos em eficiência e inclusão, a consolidação de um transporte coletivo mais equitativo e sustentável depende da ampliação de estratégias integradas de políticas urbanas, priorização operacional nas vias e mecanismos modernos de monitoramento contínuo.

1. INTRODUÇÃO

O transporte coletivo urbano é um elemento fundamental na estruturação e funcionamento das cidades brasileiras, desempenhando papel estratégico na mobilidade da população, no acesso ao trabalho, à educação e a diversos serviços públicos e privados. Em Manaus, principal centro urbano da Amazônia, esse papel se intensifica devido à configuração geográfica, grandes distâncias e à predominância de áreas periféricas, sendo o sistema de ônibus responsável por conectar diariamente milhões de habitantes às diversas regiões da capital (SILVA, 2012).

A relação entre transporte coletivo e uso do solo é decisiva para o desenvolvimento urbano, influenciando padrões de crescimento, localização de oportunidades e eficiência dos deslocamentos. A predominância do ônibus como modal coletivo se deve à flexibilidade de itinerários, capilaridade da rede e à capacidade de atender áreas com diferentes densidades demográficas.

A crise sanitária provocada pela pandemia de COVID-19, iniciada em 2020, impôs desafios sem precedentes ao transporte público em todo o mundo. O sistema de ônibus de Manaus vivenciou queda histórica na demanda, interrupção de itinerários, redução da frota operante e reorganização operacional. A média de passageiros equivalentes caiu para cerca de metade entre março e maio de 2020, enquanto a oferta precisou ser drasticamente ajustada para adequar custos e minimizar ociosidade (IMMU, 2024).

No contexto normativo, destaca-se o Plano de Mobilidade Urbana de Manaus (PlanMob, Lei Ordinária n.º 2.075/2015), que determina a prioridade do coletivo, a integração físico-tarifária entre modalidades e a busca por maior equidade e eficiência no sistema. Ademais, diretrizes nacionais como a Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei n.º 12.587/2012) reafirmam o papel distributivo e sustentável do transporte público no desenvolvimento urbano.

No entanto, a realidade vivenciada em Manaus expõe limites estruturais e desigualdades históricas de acesso, especialmente nas áreas periféricas, onde predominam maiores distâncias de viagem, menor frequência de veículos e custos proporcionais mais elevados ao usuário. Dados consolidados demonstram persistência desses desafios, apesar das políticas de renovação de frota, ampliação da rede e criação de programas como o Passe Livre Estudantil e o Passe Fácil Social, que buscam atingir públicos sensíveis ao preço (IMMU, 2024).

Além dos fatores operacionais e territoriais, o financiamento do sistema de transporte coletivo tornou-se ponto crítico no pós-pandemia. O equilíbrio econômico-financeiro foi tensionado entre a necessidade de recomposição tarifária—autorizada por decisões judiciais em 2025—e a manutenção de mecanismos de proteção econômico-social aos usuários (IMMU, 2025).

Comparativamente, estudos internacionais sinalizam que a resiliência do transporte coletivo depende não apenas da recuperação de indicadores pós-crise, mas também da capacidade do sistema de responder a mudanças de comportamento dos usuários, garantir confiabilidade e aprimorar mecanismos de gestão baseada em

dados. Manaus exemplifica esse desafio, registrando avanços pontuais em eficiência operacional e inclusão financeira, mas mantendo vulnerabilidades típicas de cidades em desenvolvimento.

Diante desse cenário multifacetado, o presente trabalho tem por objetivo analisar os efeitos da pandemia na configuração, operação e financiamento do transporte coletivo urbano de Manaus entre 2020 e 2025, a partir de uma leitura integrada de dados operacionais, normativos e estudos recentes. Busca-se identificar as transformações ocorridas, os avanços e os principais desafios remanescentes para consolidação de um sistema mais equitativo, eficiente e sustentável, alinhado aos princípios nacionais e às demandas regionais de mobilidade urbana.

2. METODOLOGIA

O presente estudo adota uma abordagem quantitativa e descritiva, fundamentada na análise de dados operacionais do transporte coletivo urbano de Manaus entre os anos de 2020 e 2025, com ênfase na avaliação dos impactos da crise sanitária da COVID-19 e das respostas institucionais implementadas durante o período.

2.1 Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido na cidade de Manaus, capital do Estado Amazonas, localizada na região norte do Brasil. A cidade possui mais de 2 milhões de habitantes e representa uma estrutura urbana marcada por grandes distâncias, com predominância do uso de ônibus como o principal médio de transporte coletivo. O sistema é operado por empresas concessionárias e regulamentado pelo Instituto Municipal de Mobilidade Urbana (IMMU), responsável pelo planejamento, fiscalização e gestão do transporte coletivo na cidade. Manaus é a oitava maior cidade brasileira, uma metrópole que abriga aproximadamente uma frota de 500 mil veículos (cerca de 4 habitantes por veículo) e 15 mil vias, o que reforça a complexidade da sua mobilidade urbana (IMMU, 2025).

2.2 Procedimentos Metodológicos

A metodologia envolveu as seguintes etapas:

1. Análise descritiva: Consolidação dos dados anuais e médias mensais dos principais indicadores operacionais (frota, quilometragem, passageiros equivalentes, tarifa e IPK) e plotagem gráfica das tendências para o período 2020–2025, permitindo identificar rupturas, padrões de queda e recuperação.

2. Comparação temporal: Avaliação do comportamento dos indicadores antes, durante e após a pandemia, considerando os marcos institucionais das políticas públicas e eventos que influenciaram a operação do sistema.

3. Análise documental: Revisão de decretos municipais, normas oficiais e registros de implantação de políticas como subsídios, Passe Livre Estudantil e Tarifa Social.

4. Interpretação normativa e financeira: Avaliação da coerência das ações locais frente às diretrizes do Plano de Mobilidade Urbana e da Política Nacional de Mobilidade Urbana, com destaque para os impactos das políticas tarifárias e subsídios no equilíbrio econômico-financeiro do sistema.

5. Apoio em literatura pós-pandemia: Inserção de comparativos internacionais sobre resiliência do transporte público, para análise da capacidade adaptativa do sistema local frente a choques externos.

Os indicadores analisados foram: Frota operante (unidades/dia), Quilometragem rodada (km), Passageiro equivalente (unidades), IPK (unidades/km), Tarifa (R$). Estes indicadores permitem mensurar de forma integrada a oferta do sistema e a demanda dos usuários, considerando a eficiência operacional e os efeitos da pandemia sobre o transporte coletivo, possibilitando a avaliação da capacidade de resiliência do transporte público após a pandemia de 2020.

2.3 Técnicas de Análise

A interpretação dos resultados seguiu o conceito de resiliência urbana, considerando a capacidade do sistema de transporte coletivo de absorver o impacto inicial da pandemia, adaptar sua operação à nova realidade e recuperar níveis de oferta, demanda e eficiência. Foram utilizados métodos de análise comparativa entre 2020 e 2025. Considerando que 2025 ainda estava em curso no momento da elaboração deste trabalho, os valores desse ano foram avaliados a partir dos dados disponíveis e da tendência observada em 2024, adotada como referência para projetar o comportamento do sistema.

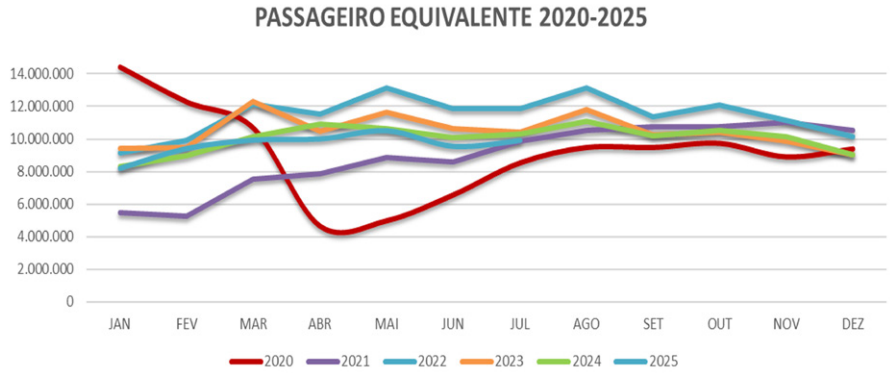
Os resultados são apresentados por meio de gráficos, tabelas e mapas sintéticos derivados das planilhas do IMMU, com destaque para: Evolução anual dos passageiros equivalentes, comparação de frota operante, quilometragem rodada e IPK antes e depois da pandemia, mapa de cobertura da rede de transporte após ajuste de linhas (2020–2025), e estrutura tarifária e abrangência dos programas de subsídio.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Resultados Obtidos

A análise do número de passageiros equivalentes, apresentado na Figura 1, evidencia o impacto direto da pandemia de COVID-19 sobre a demanda do transporte coletivo em Manaus. No início de 2020, os níveis de utilização do sistema eram elevados, mas a partir de abril se observa uma queda acentuada, que é um reflexo das restrições e do isolamento social. Essa restrição atingiu o ponto mais crítico entre abril e maio, quando o volume de passageiros caiu para menos da metade registrado no início do ano.

Figura 1. Passageiro equivalente: Análise da demanda e recuperação pós-pandemia



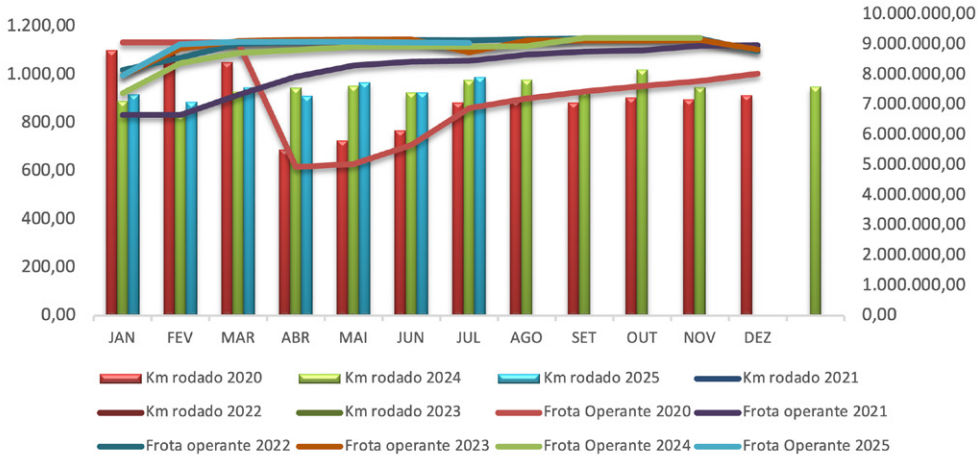
Fonte: Elaboração própria, com base em dados do IMMU (2020-2025).

A partir do segundo semestre de 2020, se inicia um processo gradual de recuperação da demanda, com crescimento contínuo até final do ano, porém sem retornar à demanda que se mostrava antes da pandemia. Em 2024 e 2025, a série histórica mostra estabilização da demanda em torno de valores próximos, o que indica a consolidação de um novo padrão de mobilidade urbana. Essa estabilização reflete a adaptação da população às rotinas de deslocamento e o uso racional do transporte público.

O comportamento da demanda demonstra resiliência do sistema que, mesmo diante de uma das maiores crises do setor, conseguiu recuperar parte significativa do seu público. Essa tendência é semelhante à observada em outras cidades estudadas por Wani e Mohan (2025), nas quais o transporte público mostrou capacidade de adaptação e manutenção dos níveis de serviço diante de condições adversas.

Os dados relativos à frota operante e à quilometragem rodada (Figura 2), permitem avaliar a capacidade de oferta do sistema durante e após a pandemia. Em 2020, se observa uma redução significativa da frota entre abril e maio, período de maior restrição de mobilidade, com consequente diminuição da quilometragem rodada. Esse ajuste operacional foi necessário para adequar a oferta à forte queda da demanda e para reduzir custos em um contexto de incerteza econômica.

Figura 2. Frota operante e quilometragem rodada: Oferta e capacidade operacional



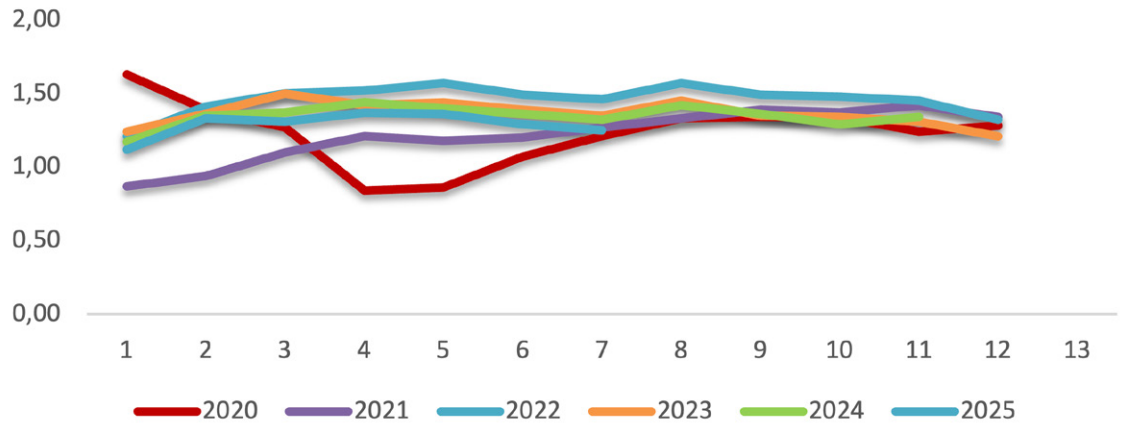
Fonte: Elaboração própria, com base em dados do IMMU (2020-2025).

Nos anos seguintes, se constata a retomada gradual da frota em circulação e o aumento progressivo da quilometragem percorrida. Em 2024 e 2025, as frotas e o volume de quilômetros rodados demonstram estabilidade, sugerindo que o sistema atingiu um novo ponto de equilíbrio entre oferta e demanda. Essa recomposição gradual da oferta reforça o caráter adaptativo do transporte coletivo de Manaus, que conseguiu se ajustar às condições impostas pela pandemia.

A manutenção de níveis relativamente constantes de operação, mesmo diante da variação de passageiros, revela um esforço institucional do IMMU e das empresas operadoras em preservar a conectividade urbana e garantir o atendimento mínimo às diferentes regiões da cidade.

O Índice de Passageiros por Quilômetro (IPK) sintetiza a relação entre a demanda e a oferta, sendo um dos principais indicadores de eficiência operacional. Em 2020, o IPK apresentou forte declínio no primeiro semestre, atingindo seu ponto mínimo no período mais crítico da pandemia, quando o sistema operava com baixa ocupação e menor rentabilidade, conforme Figura 3.

Figura 3. IPK: Eficiência operacional e equilíbrio oferta-demanda



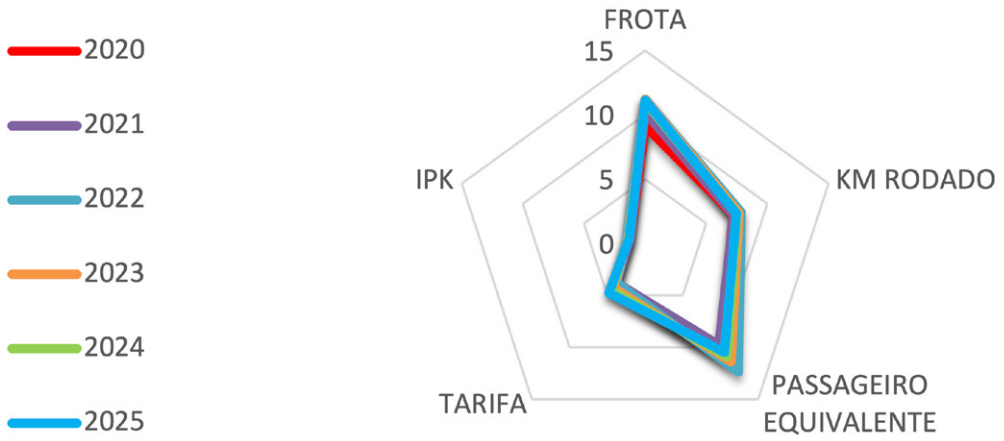
Fonte: Elaboração própria, com base em dados do IMMU (2020-2025).

Nos anos de 2024 e 2025, se observa a recuperação do indicador, com valores que permanecem estáveis ao longo dos meses. Essa estabilidade indica que o sistema alcançou um novo equilíbrio entre o volume de passageiros transportados e a quilometragem rodada, sinalizando a resiliência operacional do transporte coletivo manauara.

A recuperação do IPK está associada tanto à recomposição gradual da demanda quanto à racionalização da oferta, resultando em uma operação mais ajustada às condições atuais do mercado. Esse comportamento é consistente com as tendências descritas por Oliveira e Maciel (2021), que apontam que a eficiência e a continuidade dos serviços de transporte coletivo são fundamentais para a retomada da confiança dos usuários e para a sustentabilidade financeira do sistema.

O gráfico de radar (Figura 4), apresenta uma síntese comparativa dos principais indicadores do transporte coletivo de Manaus entre 2020 e 2025 (frota operante, quilometragem rodada, passageiros equivalentes, IPK e tarifa).

Figura 4. Desempenho Global dos Indicadores Operacionais 2020-2025



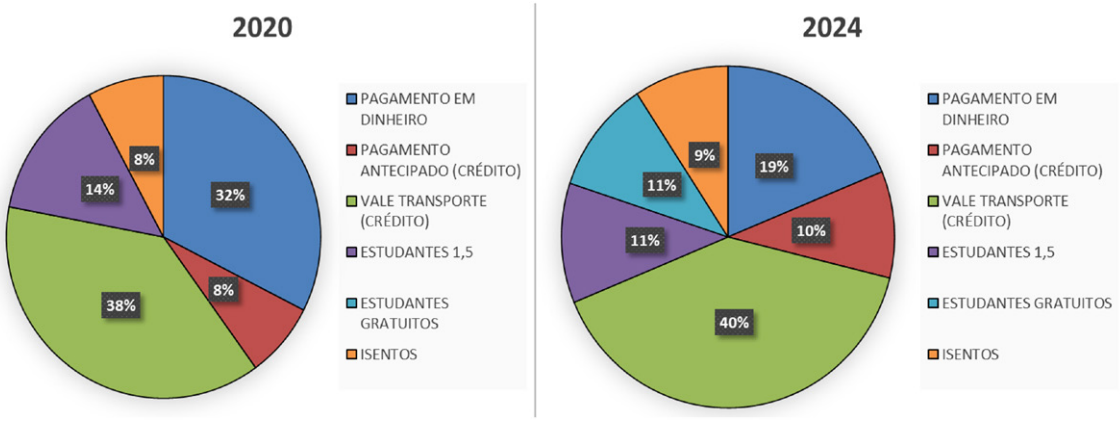
Fonte: Elaboração própria, com base em dados do IMMU (2020-2025).

Se observa que a área correspondente ao ano de 2025 é visivelmente maior que a de 2020, indicando uma recuperação pós pandemia. Os eixos analisados demonstram crescimento, mesmo que em ritmos distintos, refletindo a recomposição gradual da operação e demanda.

O aumento dos valores médios de frota e quilometragem rodada evidencia o restabelecimento da capacidade de oferta e a retomada da cobertura operacional. Em paralelo, o crescimento dos passageiros equivalentes e do IPK revela uma melhora na eficiência do sistema e na utilização dos veículos, sinalizando que o transporte coletivo voltou a atender uma parcela mais representativa da população. A elevação da tarifa, embora represente um ajuste econômico, também se insere nesse contexto de recuperação financeira, necessário para equilibrar custos e garantir a sustentabilidade do serviço.

Como pode-se observar na Figura 5, a comparação entre os anos 2020 e 2024 revela mudanças significativas no perfil de pagamento das passagens, associadas à modernização e a tecnologia utilizada na bilhetagem eletrônica na era pós-pandemia. Se observa uma redução expressiva no uso do pagamento em dinheiro e um aumento no pagamento antecipado e vale transporte por meio de crédito eletrônico, indicando uma maior digitalização do sistema.

Figura 5. Políticas públicas, subsídios e estratégias de resiliência urbana: formas de pagamento das passagens do transporte coletivo urbano de Manaus (2020 e 2024)



Fonte: Elaboração própria, com base em dados do IMMU (2020-2024).

A recuperação e o fortalecimento do transporte público de Manaus no período pós pandemia foram o resultado de um conjunto de ações de gestão pública e políticas de mobilidade conduzidas pelo Instituto Municipal de Mobilidade Urbana IMMU), através do Plano de Gestão do IMMU (2021-2024), onde foram apresentadas metas voltadas à reestruturação do sistema de transporte, modernização da frota, ampliação da acessibilidade, integração com o planejamento urbano, entre outros. Algumas dessas medidas são implantação gradual de ônibus elétricos, revisão das linhas de itinerário, incentivo à bilhetagem eletrônica, monitoramento por GPS e busca de uma maior eficiência energética e melhoria da qualidade do serviço.

As metas previstas no Plano de Gestão do IMMU têm ênfase na sustentabilidade e na melhoria da qualidade do serviço, conforme metas estabelecidas pela própria Prefeitura de Manaus (IMMU, 2024), em concordância com as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei nº 12.587/2012), reforçando o compromisso local com a sustentabilidade e a redução de emissões.

Em paralelo, o município enfrentou desafios para manter o equilíbrio financeiro do sistema, especialmente em relação à política tarifária. Em abril de 2025, o Superior Tribunal de Justiça (STJ) autorizou o reajuste da tarifa de ônibus, permitindo a recomposição dos custos operacionais e assegurando a continuidade do serviço. A medida foi bastante criticada, mas foi essencial para assegurar a sustentabilidade econômica do transporte coletivo. Além disso, a Prefeitura de Manaus, por meio do IMMU, manteve o programa Passe Livre Estudantil, que concede 44 passagens mensais gratuitas a alunos da rede pública. Mesmo após a suspensão do repasse estadual em 2025, o município garantiu o benefício até junho, reforçando o papel dos subsídios como instrumento de inclusão social e resiliência econômica do transporte coletivo (IMMU, 2025).

De forma geral, as políticas e estratégias adotadas pela Prefeitura de Manaus demonstram uma visão integrada da mobilidade urbana, que busca conciliar eficiência, sustentabilidade e inclusão. As ações de modernização da frota, aliadas a ajustes

regulatórios e financeiros, contribuíram para consolidar um modelo de gestão mais preparado para enfrentar crises futuras, reforçando a importância da governança pública como componente essencial da resiliência sistêmica do transporte coletivo.

3.2 Comparação com Estudos Anteriores

Os resultados deste estudo têm relação com as conclusões de Wani e Mohan (2025), que analisaram o transporte público em 12 cidades indianas e observaram uma recuperação gradual após a pandemia, impulsionada por políticas de confiança do usuário, ajustes operacionais e apoio do governo. Em Manaus, o transporte coletivo também apresentou sinais de recuperação com a modernização da frota, o uso de novas tecnologias e o fortalecimento dos subsídios, mostrando que a gestão pública foi essencial para a retomada da eficiência e da demanda no período pós-pandemia.

3.3 Interpretação dos Resultados

A análise dos indicadores operacionais mostra uma evolução consistente do sistema de transporte coletivo de Manaus entre 2020 e 2024, refletindo a recuperação gradual após a pandemia. A frota operante média anual aumentou cerca de 20% no período, passando de aproximadamente 914 veículos em 2020 para 1.100 em 2024, indicando a recomposição da oferta. O quilômetro rodado médio anual também cresceu cerca de 5%, resultado da retomada das linhas e da ampliação do atendimento às zonas periféricas.

Em relação à demanda, o número de passageiros equivalentes apresentou um aumento de 11% entre 2020 e 2024, após a forte queda registrada em 2020 durante as restrições sanitárias. Esse crescimento demonstra que, apesar das mudanças nos padrões de deslocamento, a confiança do usuário e a dependência do transporte coletivo voltaram a se estabilizar.

O Índice de Passageiro por Quilômetro (IPK), que mede a eficiência operacional, apresentou leve variação positiva, passando de 1,23 em 2020 para 1,33 em 2024, o que indica uma melhora gradual na relação entre demanda e oferta. Já a tarifa média subiu de R$ 3,80 para R$ 4,50, e posteriormente para R$ 5,00 em 2025, representando um reajuste acumulado de cerca de 31%, alinhado à recomposição dos custos operacionais e à inflação do período.

Considerando os dados parciais de 2025, se observa uma estabilidade na frota e no IPK, e um reajuste tarifário adicional para R$ 5,00, refletindo os esforços do poder público para manter o equilíbrio econômico do sistema. Esses resultados apontam para um processo de adaptação contínua, em que o transporte coletivo de Manaus demonstra capacidade de recuperação, mesmo diante de desafios estruturais e financeiros, sustentando sua função essencial na mobilidade urbana.

4. CONCLUSÃO

O estudo teve como objetivo analisar a evolução dos principais indicadores operacionais do transporte coletivo de Manaus entre 2020 e 2025, destacando os impactos da

pandemia e o processo de recuperação do sistema. Com base nos resultados, foi possível confirmar que o sistema apresentou sinais claros de retomada, tanto na oferta quanto na demanda, acompanhados por medidas de gestão pública voltadas à modernização da frota e ao equilíbrio econômico.

A frota operante e o quilômetro rodado cresceram de forma gradual, mostrando a recomposição da operação, enquanto o número de passageiros equivalentes aumentou cerca de 11% entre 2020 e 2024, sinalizando a volta da confiança do usuário. O IPK ficou estável, com leve melhora, indicando eficiência na relação entre oferta e demanda, mesmo com reajustes tarifários necessários para cobrir os custos operacionais.

As políticas implementadas pelo IMMU, como a introdução de ônibus elétricos, o monitoramento por GPS e o programa Passe Livre Estudantil, contribuíram para fortalecer o sistema e reforçar o papel social do transporte público, alinhando Manaus às diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana.

Entre as limitações do estudo está a ausência de dados consolidados para todo o ano de 2025, o que restringe a avaliação de tendências mais recentes. Mesmo assim, os resultados apontam que o sistema caminha para um modelo mais resiliente, sustentável e inclusivo.

Para pesquisas futuras, é recomendado ampliar o período de análise e incluir indicadores ambientais e de satisfação do usuário, permitindo uma visão mais completa da sustentabilidade e da qualidade do transporte coletivo em Manaus.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 4 jan. 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm

BRASIL. SUPERIOR TRIBUNAL DE JUSTIÇA (STJ). Suspensa liminar que impedia reajuste da tarifa do transporte urbano de Manaus. Brasília, DF, 10 abr. 2025. Disponível em: https://www.stj.jus.br/sites/portalp/paginas/comunicacao/noticias/2025/10042025-suspensa-liminar-que-impedia-reajuste-da-tarifa-do-transporte-urbano-de-manaus.aspx

INSTITUTO MUNICIPAL DE MOBILIDADE URBANA (IMMU). Dados operacionais do transporte coletivo de Manaus (2020-2025). Manaus: IMMU, 2025.

INSTITUTO MUNICIPAL DE MOBILIDADE URBANA (IMMU). Plano de gestão. Manaus: Prefeitura de Manaus, 2024. Disponível em: https://www.manaus.am.gov.br/immu/immu/plano-de-gestao/

INSTITUTO MUNICIPAL DE MOBILIDADE URBANA (IMMU). Nota de esclarecimento - Passe Livre Estudantil. Manaus: Prefeitura de Manaus, 21 jun. 2025. Disponível em: https://immu.manaus.am.gov.br/index.php?r=site%2Fviewnoticia&id=440

MANAUS. Plano de Mobilidade Urbana de Manaus – PlanMob. Prefeitura Municipal de Manaus. Lei Ordinária n.º 2.075/2015.

OLIVEIRA, W. I. de A.; MACIEL, J. S. C. Impactos da pandemia de COVID-19 no transporte coletivo urbano de Manaus. Manaus: Universidade Federal do Amazonas, 2021.

SILVA, C. A. da. Transporte, uso do solo e planejamento urbano. São Paulo: Editora Interciência, 2012.

WANI, M. A.; MOHAN, D. Post-pandemic public transport resilience: lessons from 12 Indian cities. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2025.

EL DESAFÍO DE LA SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE PÚBLICO URBANO EN LA ERA POSTPANDEMIA: UN NUEVO PACTO PARA LA MOVILIDAD

Mauricio de Oliveira Andrade
UFPE, mauricio.andrade@ufpe.br

Leonardo Herszon Meira
UFPE, leonardomeira@ufpe.br

Rodrigo Juan Martins Cardozo
UFPE, rodrigo.cardozo@ufpe.br

RESUMO

A crise do transporte público urbano nas cidades brasileiras é um fenômeno estrutural de perda de demanda, agravado drasticamente pela pandemia de COVID-19, que expôs a falência do modelo de financiamento baseado quase exclusivamente na tarifa. Este artigo sugere um marco integrado para um "novo pacto" de sustentabilidade pós-pandemia. A metodologia adota uma abordagem de métodos mistos em três etapas: (1) uma análise quantitativa longitudinal (estendendo dados de 2007 a 2024) para identificar os fatores críticos de demanda; (2) uma análise de casos comparativa das políticas implementadas nas capitais brasileiras; e (3) a síntese desses achados com um Marco Lógico (MML) de governança. Os resultados quantitativos confirmam que fatores estruturais, como a renda domiciliar e a competição com o transporte individual (motocicletas e aplicativos), permanecem como os principais vetores da crise, mais até do que o choque da pandemia em si. A análise dos casos revela que, embora o tabu do subsídio público tenha sido quebrado, as ações se concentram no nível estratégico (financeiro) e negligenciam os níveis tático e operacional (eficiência, priorização viária), resultando no envelhecimento da frota. Conclui-se que a sustentabilidade do setor depende de um pacto que combine financiamento público permanente com reformas de governança e melhorias operacionais que devolvam a competitividade ao serviço.

1. INTRODUÇÃO

A crise do transporte público nas metrópoles da América Latina não é um fenômeno originado pela pandemia de COVID-19, mas sim um problema estrutural que foi drasticamente acelerado por ela. Pesquisas já demonstravam uma alarmante e contínua redução na demanda dos sistemas de ônibus urbanos no Brasil, muito antes da crise sanitária. Uma análise de dados secundários de nove metrópoles brasileiras entre 2007 e 2017 evidenciou que essa queda de passageiros estava fortemente influenciada por fatores econômicos, como o aumento das tarifas e as variações na renda da população, bem como pela crescente competição dos modos de transporte individuais, principalmente automóveis e motocicletas (RABAY et al., 2021). Este cenário de pré-crise já expunha a fragilidade de um modelo de negócio dependente quase exclusivamente das tarifas, num contexto de ausência quase total de subsídios. Como frequentemente os passageiros pagantes tendem a ser mais pobres, trata-se de um "tributo" regressivo (ZABAN et al., 2021).

A pandemia atuou como um catalisador sobre este sistema já debilitado. As medidas de restrição, a percepção de risco de contágio e o auge do teletrabalho provocaram uma queda de demanda sem precedentes, de até 80% em algumas cidades brasileiras, levando os sistemas à beira do colapso financeiro. Crise dessa natureza não era prevista nos contratos e estruturas montados para o transporte público. A pandemia veio trazer um alerta, mostrando a vulnerabilidade do setor, e levou os governos de várias cidades a subsidiarem o transporte público (REVISTA ÔNIBUS, 2023).

O desafio atual, portanto, transcende a dimensão meramente operacional. Retornar ao "velho normal" não é uma opção viável, pois esse modelo já estava falhando. As soluções convencionais mostram-se insuficientes por não abordarem a raiz do problema: uma crise de governança, financiamento e propósito. Entende-se que, após os danos causados pela pandemia, o financiamento e os contratos de concessão de ônibus terão de passar por significativa reformulação (IPEA, 2024). Essa conjuntura, contudo, representa uma oportunidade única para promover mudanças radicais e necessárias. A pergunta central desta investigação é: Como podemos construir um novo paradigma de sustentabilidade para o transporte público que integre as lições da crise de demanda pré-pandemia e as condições que a crise sanitária adicionou, com um modelo de governança e financiamento resiliente para o futuro?

O objetivo geral é propor um marco integrado de políticas públicas para a sustentabilidade do transporte público urbano na era pós-pandemia, articulando o diagnóstico quantitativo dos fatores críticos de demanda com as ações estratégicas, táticas e operacionais necessárias para uma reestruturação sistêmica. Os objetivos específicos são: 1) analisar como a pandemia de COVID-19 exacerbou as tendências de redução de demanda identificadas no período pré-pandemia (2007-2017), consolidando o transporte individual como um competidor estrutural; 2) validar as prioridades estratégicas identificadas no Fórum de Discussão promovido pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) — como novos modelos de financiamento, reformas institucionais e a priorização de modos ativos —, vinculando-as diretamente ao seu potencial para mitigar os fatores de demanda mais influentes (tarifa, renda, competição e propósito).

Este artigo busca uma confirmação empírica e quantificada de que a crise do transporte público é estrutural, demonstrando como a pandemia amplificou os efeitos negativos de fatores econômicos e da concorrência com veículos particulares já identificados. Também se pretende demonstrar que as soluções mais eficazes não são universais, mas dependem do perfil de cada cidade. Por exemplo, se coloca como hipótese que, em cidades do *cluster* nordeste, com menores níveis de renda, as estratégias de financiamento para reduzir a tarifa são mais críticas, enquanto em cidades com maior congestionamento, ações operacionais como faixas exclusivas têm um impacto mais imediato. O principal resultado será um roteiro validado e priorizado para a sustentabilidade do transporte público na América Latina. Argumenta-se que a viabilidade de longo prazo do setor depende de um novo pacto político e social que reconheça o transporte como um direito social constitucional (no sentido de serviço público, e não apenas de interesse público), exigindo um novo papel do Estado - não apenas como regulador, mas como integrador e principal financiador do sistema.

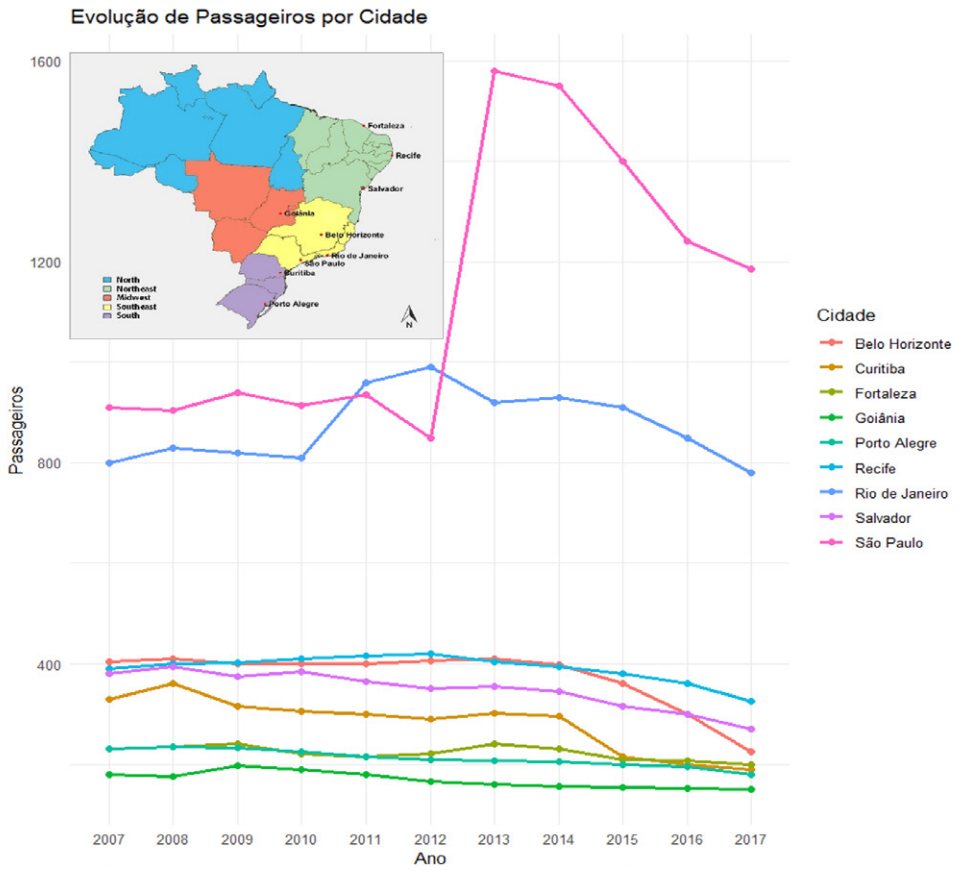
2. REVISÃO DE LITERATURA

A literatura sobre a crise do transporte público (TP) no Brasil converge em quatro diagnósticos centrais: 1) a identificação de uma crise estrutural pré-pandemia; 2) o colapso financeiro acelerado pela crise sanitária; 3) o surgimento de novos paradigmas de financiamento, como a "tarifa zero"; e 4) a necessidade de um framework sistêmico para reestruturar a governança do setor.

O estudo de Rabay et al. (2021) buscou explicar a razão da crise do transporte público do Brasil pré-pandemia, demonstrando a tendência de perda de demanda desde 2012 e tentando avaliar suas causas utilizando um modelo de regressão com dados em painel das nove principais regiões metropolitanas brasileiras. Os resultados evidenciam os impactos dessa crise no planejamento da mobilidade, destacando a forte correlação entre as características do transporte e fatores como população e renda. Os modelos de regressão indicam que fatores econômicos influenciam fortemente o uso do TP, exigindo estratégias governamentais eficazes. A análise de *cluster* revelou que a simples replicação de soluções de grandes centros por cidades com menos recursos, como as do Nordeste, mostra-se inadequada. O estudo conclui que investimentos que priorizem o transporte coletivo em detrimento dos veículos particulares são essenciais para reverter a queda na demanda.

No Brasil, a pandemia de COVID-19 intensificou a crise latente no transporte público, levando à interrupção de operações em 55 empresas e ao início de processos de falência em outras 16, entre 2020 e 2022. Para mitigar o colapso, foram implantados subsídios públicos em 125 sistemas que atendem a 243 municípios, incluindo 23 em regiões metropolitanas. No entanto, a maioria dessas medidas teve caráter emergencial, e apenas 51 municípios as transformaram em políticas permanentes. No período pós-pandemia, a persistente perda de demanda - 28,7% abaixo do nível anterior - acentuou a exclusão e a perda de universalidade do serviço. Este panorama evidencia a urgência de estabelecer um modelo de financiamento estrutural, menos dependente das receitas tarifárias e orientado à sustentabilidade (NTU, 2022).

Figura 1 – Evolução de passageiros equivalentes (2007 – 2017)



Nesse contexto, propostas de eliminar a cobrança de tarifas no transporte público - a chamada "tarifa zero" - têm transitado de uma utopia política para uma necessidade concreta diante da crise de financiamento do sistema. Surgida em São Paulo nos anos 1990 como uma alternativa técnica e simbólica para democratizar o acesso à cidade, a ideia foi retomada por movimentos sociais, como o Movimento Passe Livre (MPL), como uma ferramenta de justiça urbana (CARDOZO et al., 2024). Em anos recentes, diversos municípios brasileiros adotaram a tarifa zero como resposta à queda de demanda e ao colapso financeiro dos sistemas (DOMINGUES et al., 2025). Segundo a NTU (2024), em 12 cidades que implementaram a política, o número de passageiros aumentou entre 33% e 371%, e em 8 delas a frota de ônibus cresceu entre 14% e 160%. Contudo, a expansão da tarifa zero ainda ocorre em condições especiais, muitas vezes sem incorporar o conteúdo emancipador de sua formulação original. Persistem obstáculos estruturais, políticos e discursivos que limitam sua consolidação. Apesar disso, sua crescente adoção revela que o que antes era concebido como utopia começa a se configurar como um caminho possível - embora desafiador - para um modelo de transporte mais justo e sustentável.

Indo além do financiamento, o artigo de Andrade et al. (2021) extrai propostas estratégicas para a crise a partir da análise de um fórum de especialistas. Utilizando uma análise de Pareto, o estudo identifica os problemas estruturais que respondem por 80% da crise: a massiva queda de demanda, o consequente desequilíbrio financeiro, e um modelo de financiamento obsoleto (baseado até então quase exclusivamente

em tarifas), agravados por gestão pública ineficiente e falta de investimento. Para estruturar as soluções, os autores desenvolveram uma Matriz de Marco Lógico (MML) que organiza as intervenções em níveis estratégicos, táticos e operacionais. O Nível Estratégico ("Objetivo Superior") foca em garantir transportes seguros e sustentáveis, o que depende de "pressupostos" críticos: decisão política unificada, financiamento público emergencial (para além da tarifa) e uma reforma profunda na legislação e nos regulamentos de contratos. Nos níveis tático e operacional, a MML detalha objetivos e atividades concretas, como reduzir o risco de contágio e o tempo de exposição (aumentando a velocidade operacional). Isso exige ações como a implantação de mais faixas exclusivas, que oferecem uma vantagem clara sobre soluções privadas e incentivam o uso do TP. O *framework* também sugere receitas adicionais (ex.: cobrança de estacionamentos públicos, exploração de áreas públicas) e desincentivos ao uso do carro (ZABAN et al., 2021), exigindo um novo papel do poder público como financiador e gestor ativo do sistema.

3. METODOLOGÍA

Este estudo adota uma abordagem de métodos mistos, combinando a análise quantitativa de dados secundários com a aplicação de um marco de planejamento estratégico qualitativo. A metodologia será desenvolvida em três etapas: 1) Análise Quantitativa Longitudinal: A base de dados do estudo de Rabay et al. (2021), que abrangeu de 2007 a 2017, será estendida para incluir o período de 2018 a 2024. Isso permitirá quantificar o impacto real da pandemia sobre as tendências pré-existentes em variáveis-chave como demanda, tarifa, frota de veículos privados e receitas nas nove metrópoles brasileiras. Serão utilizadas técnicas de análise de séries temporais para identificar pontos de inflexão e mudanças estruturais; 2) Análise Comparativa de Casos: Serão selecionadas três cidades do estudo original, cada uma representando um *cluster* distinto (ex.: uma do Nordeste, uma do Sudeste e Goiânia no centro-oeste). Para cada caso, serão analisadas as políticas públicas implementadas durante e após a pandemia, avaliando sua conformidade com as ações estratégicas, táticas e operacionais propostas por Andrade et al. (2021). Essa análise qualitativa será baseada em documentos oficiais e declarações de gestores públicos na imprensa; 3) Síntese e Proposta de Modelo: Os achados das duas etapas serão integrados. A análise quantitativa (etapa 1) servirá para validar e priorizar as ações do marco estratégico (etapa 2). Por exemplo, será avaliado quantitativamente como a implementação de "novos modelos de contratação e custeio" (ação estratégica) poderia impactar a "tarifa" (fator crítico de demanda). O resultado será um modelo de políticas públicas que conecta causas (fatores de demanda) com soluções (ações estratégicas) de forma empírica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

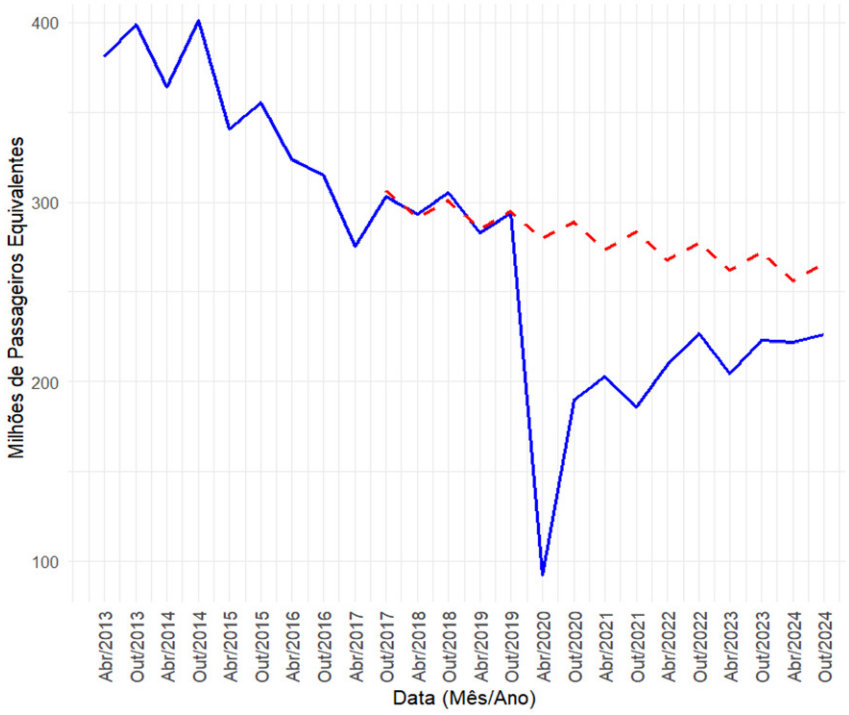
4.1 Impacto Quantitativo: Fatores Estruturais Permanecem Dominantes

Como no mundo todo, percebe-se que a perda de passageiros é permanente, não há como se recuperar inteiramente os números anteriores à pandemia. Para Zaban et al. (2021), após os danos causados pela pandemia da Covid-19, contratos de concessão

de ônibus terão de passar por significativa reformulação, além de promover outras fontes de recursos para auxiliar a financiar o serviço.

Atualizando-se os dados de Rabay et al. (2021), em nível nacional, e usando-se uma série temporal para as mesmas nove metrópoles brasileiras somadas, observa-se que a demanda em 2024, ainda está 15% abaixo da tendência verificada pelo modelo de perda de demanda anterior a 2020, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Evolução da demanda: Real vs. Contrafactual



Adicionalmente, foi feita uma nova regressão em painel com dados até 2024 (semestrais de abril e outubro de cada ano), usando as mesmas variáveis do estudo anterior (tarifa, idade da frota, população, renda anual, frota de motocicletas e preços de gasolina e diesel), acrescida das variáveis dicotômicas, pandemia e aplicativos de motocicletas, para verificar quais fatores continuam a influenciar a demanda por transporte público nas principais metrópoles brasileiras. O resultado abaixo demonstra que apenas a pandemia, a presença de aplicativos para transporte de passageiros por motocicletas, a renda média domiciliar e uma variável binária relacionando as demandas em abril e outubro foram significativas (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultado da regressão em painel

	Estimate	Std. Error	t - value	p-value
(Intersept)	100.102.013	51.153.987	1,9569	0,06522.
pandemia	- 51.615.959	33.286.467	-1,5507	0,13748
moto_app	- 43.794.461	21.515.797	-2,0355	0,056.
renda_media_domiciliar	161.186	30.056	5,3628	0,00003558***
d_outubro	30.426.973	5.207.853	5,8425	0,00001256***

Este modelo atualizado confirma o estudo de Rabay et al. (2021) sobre a importância da renda familiar na demanda, assim como uma variável que demonstre a relevância das motocicletas na competição com o transporte público. De vários modelos testados, esse é o mais robusto e consistente por apresentar significância extrema para as variáveis, renda_média_domiciliar (p = 3.558e-05) e d outubro (p = 1.256e-05). O fato de a pandemia não ser significativa a 5% (p=0.137) ainda é um *resultado* importante, pois sugere que o impacto da pandemia já foi totalmente capturado pelas outras variáveis (provavelmente a renda e o moto_app), o que é uma descoberta analítica válida. Pelos resultados, a pandemia retirou, em média, 51,6 milhões de passageiros por mês e os aplicativos de motocicletas subtraem cerca de 43,9 milhões de passageiros também por mês dos sistemas de transporte. A variável d_outubro, demonstra a sazonalidade do transporte público, que este mês apresenta 30,4 milhões de passageiros a mais do que nos meses de abril. A renda média domiciliar apresenta um sinal positivo, demonstrando que seu decrescimento em anos recentes (em dólares), leva também para baixo a demanda por transporte.

4.2 O Mosaico das Soluções: O Avanço Incompleto dos Subsídios

No período pós pandêmico, a principal iniciativa para superar a crise de financiamento de cerca de metade das capitais brasileiras foi a de criar ou ampliar o nível de subsídio aos sistemas de transporte. Segundo a NTU (2024), antes da pandemia, apenas o Distrito Federal (50%) e a Cidade de São Paulo (47%) subsidiavam o transporte público. Em 2023, 12 outras capitais de estados passaram a subsidiar (Goiânia, 41%; Manaus, 40%; Cuiabá, 36%; Belo Horizonte, 33%; Vitória, 30%; Curitiba, 25%; Florianópolis, 21%, Macapá, 19%; Fortaleza, 16%, Palmas, 16%, Natal, 9% e Recife, 3%). No entanto, nota-se que capitais importantes, até essa data, como Rio de Janeiro, Salvador, Porto Alegre e Belém, por exemplo, não se incluíram nessa lista. Como compensação, para não elevar mais os custos, os operadores estão adiando a renovação da frota, com a idade média aumentando de 4,2 anos em 2011 para 6,5 anos em 2024 nessas mesmas cidades.

Em 2025, o subsídio de Goiânia passou para 65%, na relação entre a tarifa pública (R$ 4,30) e a tarifa técnica (R$ 12,51). O valor da tarifa técnica também inclui custos de infraestrutura (manutenção de terminais e abrigos). Como o serviço é metropolitano, os custos são rateados entre o Governo de Goiás e a Prefeitura de Goiânia (a maior parte) e os restantes pelas prefeituras de Aparecida de Goiânia e Senador Canedo. O serviço de transporte público coletivo de passageiros da Região Metropolitana de Goiânia (RMG), constituída pela capital do Estado de Goiás e 18 municípios do entorno que são ligados por interesses econômicos e sociais comuns, está organizado em uma rede de serviços denominada Rede Metropolitana de Transportes Coletivos – RMTC.

Em 2025, o subsídio ao transporte público em Porto Alegre foi de 25%, resultado da diferença entre a tarifa técnica (R$ 6,65) e a tarifa paga pelo usuário (R$ 5,00). A tarifa técnica representa o custo real por passageiro, incluindo todas as despesas operacionais. Para garantir o valor reduzido ao usuário, a Prefeitura de Porto Alegre destinou R$ 218 milhões em subsídios. Também em 2025, o subsídio ao transporte público em Curitiba foi de 30%, resultado da diferença entre a tarifa técnica (R$ 8,56) e a tarifa social paga pelo passageiro (R$ 6,00). A tarifa técnica reflete o custo real do

serviço, incluindo operação e investimentos. Para manter a tarifa acessível, a diferença de R$ 2,56 por passageiro foi coberta por subsídios públicos.

Em 2024, Florianópolis registrou a tarifa pública mais alta do Brasil, com valor de R$ 6,90. Para manter o sistema de transporte coletivo em funcionamento, a prefeitura destinou R$ 118 milhões em subsídios. Nos últimos nove anos, o investimento público acumulado chegou a cerca de R$ 700 milhões, com média anual próxima de R$ 80 milhões. Em 2022, o subsídio foi ainda maior, totalizando R$ 146 milhões. A frota da cidade tem idade média de 8 anos (LIMA et al., 2025).

A partir da implementação do bilhete único em 2023, o Governo de Pernambuco passou a investir fortemente no transporte público da Região Metropolitana do Recife. Em 2023, foram destinados cerca de R$ 250 milhões em subsídios para equilibrar financeiramente o sistema. Em 2024, esse valor aumentou para R$ 310 milhões, reforçando o compromisso com a sustentabilidade do transporte metropolitano (DIÁRIO DE PERNAMBUCO, 2024).

Em 2025, o transporte público de Fortaleza é sustentado por tarifas pagas pelos usuários (R$ 4,50 inteira e R$ 1,50 meia) e por subsídios públicos crescentes. A Prefeitura contribui com R$ 14,5 milhões mensais, enquanto o Governo do Ceará apoia indiretamente por meio de isenções fiscais: ICMS sobre o diesel (R$ 20 milhões/ano), IPVA da frota (R$ 4 milhões/ano) e incentivo ao Bilhete Único Metropolitano (R$ 2 milhões/ano). Desde 2021, os subsídios anuais aumentaram de R$ 32 milhões para R$ 174 milhões em 2025, refletindo o esforço para manter o sistema diante da queda na demanda e da recente suspensão de linhas. Como se vê, no cenário pós-pandêmico, a principal resposta à crise de financiamento do transporte público em cerca de metade das capitais brasileiras foi a ampliação dos subsídios governamentais sem que se vislumbre ainda, reformas mais profundas que ultrapassem apenas questões emergenciais de financiamento.

4.3 Síntese: A Lacuna entre o Estratégico e o Operacional

A integração dos dados quantitativos (Seção 4.1) e institucionais (Seção 4.2) mostra que a principal fragilidade da resposta pós-pandemia não é a falta de iniciativas, mas a desarticulação entre o nível estratégico (financiamento) e os níveis tático-operacionais (eficiência e competitividade). Embora os subsídios desde 2020 tenham evitado o colapso financeiro das capitais, eles ficaram restritos a "fechar contas", sem promover melhorias estruturais. O diagnóstico empírico confirma que a perda de demanda não decorre apenas do preço, mas da competição direta com modos individuais rápidos e previsíveis, sobretudo motocicletas e aplicativos. A literatura nacional e internacional reforça que sistemas de transporte público só recuperam competitividade com ganhos de velocidade, confiabilidade e integração física (Andrade et al., 2021; Rabay et al., 2021; PLAMUS, 2014).

Apesar disso, as capitais brasileiras avançam pouco em infraestrutura prioritária, enquanto a idade média da frota aumenta (Seção 4.2) e os investimentos em faixas exclusivas, corredores, prioridade semafórica e redes de alta frequência são insuficientes. Forma-se o paradoxo central: o país inovou no financiamento, mas não no serviço. Assim, o subsídio — que deveria impulsionar melhorias — tem funcionado

como mecanismo compensatório, cobrindo ineficiências. Experiências bem-sucedidas como Bogotá, Santiago, Medellín e a Curitiba em expansão mostram que nenhuma recuperação de demanda ocorreu apenas com subsídio, mas com financiamento atrelado a metas operacionais mensuráveis (velocidade, frota, regularidade, tempo de espera, redes reorganizadas).

5. CONCLUSÕES

Este artigo demonstrou que a crise do transporte público urbano no Brasil é, de fato, um fenômeno estrutural, e não um evento pontual deflagrado pela pandemia. A COVID-19 atuou como um catalisador implacável sobre um modelo de negócio já falido, expondo a insustentabilidade do financiamento baseado até então quase exclusivamente na tarifa.

A análise quantitativa longitudinal (2007-2024) trouxe dois achados centrais. Primeiro, a demanda pós-pandemia permanece 15% abaixo da tendência pré-2020, confirmando que a perda de passageiros é permanente. Segundo, e mais importante, o modelo econométrico atualizado (Seção 4.1) confirma que os vetores da crise são estruturais: a renda média e a competição com o transporte individual (moto_app). O fato de a dummy pandemia não se mostrar estatisticamente significante (p=0.13) é um resultado poderoso, sugerindo que o choque sanitário foi absorvido por essas variáveis estruturais (queda na renda e migração para o individual).

A resposta das cidades a essa crise, analisada na Seção 4.2, foi uma revolução incompleta. O "mosaico de soluções" pós-pandêmico quebrou um tabu histórico ao introduzir subsídios públicos em larga escala em 12 novas capitais. Contudo, este avanço provou ser uma solução de nível estratégico (financeiro) para um problema que também é tático e operacional. Aqui reside a principal lacuna identificada por esta pesquisa. A análise de casos (Goiânia, Recife, Fortaleza) mostra um foco quase exclusivo em cobrir o déficit financeiro, enquanto os sintomas da perda de competitividade se agravam, como o envelhecimento da frota (Seção 4.2). O diagnóstico quantitativo (4.1) aponta que o inimigo é a competição (motocicletas), e a síntese (4.3) reitera que a atração de passageiros depende de previsibilidade e tempo de viagem.

O "novo pacto" para a mobilidade, portanto, não pode ser apenas um cheque em branco. A sustentabilidade de longo prazo do transporte público não virá apenas de mais financiamento, mas da vinculação desse financiamento a melhorias de desempenho.

Conclui-se que o avanço nos subsídios deve ser condicionado à implementação das ações táticas e operacionais, como a expansão de faixas exclusivas, a priorização semafórica e a renovação da frota. Sem tornar o transporte coletivo competitivo em velocidade e qualidade, o subsídio público deixará de ser um investimento em mobilidade para se tornar meramente a cobertura da ineficiência de um sistema que continua perdendo passageiros para o transporte individual.

Futuras pesquisas podem aprofundar a avaliação dos impactos de políticas integradas de subsídio e priorização viária sobre a competitividade modal, em diferentes perfis

urbanos. Também seria relevante investigar modelos comparados de governança metropolitana, mecanismos inovadores de financiamento e os efeitos de novos padrões de mobilidade — incluindo teletrabalho, micromobilidade e aplicativos sob demanda. Essas agendas podem contribuir para consolidar um arcabouço mais robusto para o "novo pacto" de sustentabilidade do setor.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. O. de, LIMA NETO, O. C. da C., & RABAY, L. (2021). O desafio da sustentabilidade nos transportes públicos e na mobilidade urbana em face da pandemia da COVID-19 na realidade brasileira. *Revista Transporte y Territorio*, (25), 113-137.

CARDOZO, Rodrigo; MELO, Iury; LUZ, Fernanda; BRASILEIRO, Anísio, ANDRADE, Maurício. (2024) TARIFA ZERO NO BRASIL: UMA ANÁLISE EXPLORATÓRIA DAS EXPERIÊNCIAS ATUAIS. Vol. 3, 2024 – 311580. Anais do 38º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. ISSN: 2965-7350

DIÁRIO DE PERNAMBUCO, 2024. Governo vai repassar R$ 60 milhões a mais para donos de empresas de ônibus para garantir bilhete único - Caderno Vida Urbana de 22/02/2024.

VIANA, Theyse. (2025). Entenda como e por quem é custeado o serviço de ônibus de Fortaleza: Contrato do Município com atual formato de transporte segue até 2027. Diário do Nordeste 01/10/2025.

DOMINGUES, L.; MAGALHÃES, B; ALMEIDA, G. H. C.; BRASIL, F. P. D. (2025). Disputas discursivas no âmbito da mobilidade urbana: o caso da "tarifa zero" em Belo Horizonte. Urbe Article Open Access 2025. DOI: 10.1590/2175-3369.016.e20240014

LIMA, Mylena et al. (2025) Análise do impacto dos incentivos municipais financeiros na demanda por transporte coletivo em Florianópolis/SC. 39ª ANPET, 2025.

NTU (2022). Financiamento da operação dos sistemas de transporte público coletivo nas cidades brasileiras. Disponível em: https://setrerj.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Financiamento-da-Opera%C3%A7%C3%A3o-dos-Sistemas-de-Transporte-P%C3%BAblico-Coletivo-nas-Cidades-Brasileiras-CNT-e-NTU.pdf. Acesso em: 03/11/2025.

RABAY, L., Meira, L. H., Andrade, M. O. de, & Oliveira, L. K. de. (2021). A portrait of the crisis in the Brazilian urban bus system: An analysis of factors influencing the reduction in usage. *Case Studies on Transport Policy*, 9(4), 1879–1887.

QUEIROZ, Lucas Lourenço Moreira e Orrico Filho, Rômulo. Reestruturação do Transporte Público Coletivo de Goiânia e Região Metropolitana: Uma análise técnico-científica do novo Modelo SIT-RMTC. 39ª ANPET, Congresso da Associação Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes, Goiânia, GO, novembro/2025.

REVISTA ÔNIBUS, (2023) As mudanças causadas pela pandemia não eram previstas nos contratos do transporte público, 06/06/2023. https://www.revistaonibus.com.br/noticias/as-mudancas-causadas-pela-pandemia-nao-eram-previstas-nos-contratos-do-transporte-publico/

SANTA CATARINA. *Plano de Mobilidade Urbana Sustentável da Grande Florianópolis - PLAMUS*. Florianópolis: Santa Catarina, 2014. Disponível em: https://www.pmf.sc.gov.br/arquivos/arquivos/pdf/05_12_2014_10.00.48.5ef837bf3f73c9ce2abd05ddb2727130.pdf. Acesso em: 16 nov. 2025.

ZABAN, Breno; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre; CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de (2021). Nota Técnica 23, Novo modelo de contrato de mobilidade urbana: como gerar receita, aumentar uso e reduzir custos de transporte público urbano

OPTIMIZACIÓN DEL RUTEO DE LÍNEAS ALIMENTADORAS DEL METRO EN LA ZONA METROPOLITANA DE MONTERREY MEDIANTE ALGORITMOS GENÉTICOS Y APRENDIZAJE DE MÁQUINA

Juan Angel Lucio Rojas
Tecnológico de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México, a00833112@tec.mx

Samantha Ruelas Valtierra
Tecnológico de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México, a01704564@tec.mx

Yasmín Águeda Ríos Solís
Tecnológico de Monterrey, Monterrey, Nuevo León, México, yasmin.riossolis@tec.mx

RESUMEN

En las grandes áreas metropolitanas de Latinoamérica, la brecha de primera y última milla limita el alcance de los corredores ferroviarios de alta capacidad; en la Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM), la rápida expansión urbana ha dejado al metro con una cobertura limitada frente a la dispersión residencial. Este trabajo propone un marco para diseñar redes alimentadoras de metro que combina generación sintética de demanda y optimización multiobjetivo mediante NSGA-II. A partir de datos públicos (censo y encuesta origen–destino) se entrena un modelo predictivo de dos etapas que infiere destinos y uso de transporte público y genera viajes sintéticos consistentes con la muestra original. La demanda resultante se agrega en puntos caminables y se formula un problema de ruteo alimentador con dos objetivos: minimizar el tiempo en vehículo como proxy del tiempo de viaje del usuario y maximizar la demanda servida, sujeto a restricciones de capacidad vehicular, duración máxima de ruta y coordinación básica en estaciones. En la ZMM, manteniendo constante el número de rutas y de vehículos, las soluciones obtenidas aumentan la demanda servida en torno a 28% y reducen el tiempo total de viaje aproximadamente 17% frente a la configuración actual. Además, la codificación estación consciente de NSGA-II reduce el tiempo mediano de convergencia alrededor de 5% respecto a una implementación estándar.

1. INTRODUCCIÓN

El transporte público es un componente central de la movilidad urbana y de la calidad de vida en grandes ciudades. Sistemas bien diseñados permiten el acceso eficiente a empleo, educación, salud y servicios, al tiempo que contribuyen a reducir la congestión y las emisiones. Sin embargo, en muchas metrópolis latinoamericanas, la expansión urbana ha superado la capacidad de planificación e inversión en transporte colectivo, generando sistemas sobrecargados, tiempos de viaje elevados y servicios percibidos como poco confiables (Tirachini & Cats, 2020).

La Zona Metropolitana de Monterrey (ZMM), en el estado de Nuevo León, ilustra claramente este problema. Con más de 5 millones de habitantes distribuidos en 16 municipios (INEGI, 2020a), presenta una expansión dispersa y corredores de empleo concentrados. El sistema metro (Metrorrey) actúa como columna vertebral ferroviaria, pero su cobertura espacial es limitada y una parte importante de la población no dispone de rutas alimentadoras eficientes hacia las estaciones. La encuesta "Así Vamos 2023" reporta una calificación promedio de 6.8/10 para el transporte público, con énfasis en la falta de rutas, baja cobertura y largos tiempos de espera como principales problemas (Cómo Vamos Nuevo León, 2023). Ante estos déficits, muchos usuarios migran al automóvil, agravando la congestión y la contaminación local (Gaxiola-Beltrán et al., 2021).

Una arquitectura troncal–alimentadora bien diseñada es clave para cerrar la brecha de primera y última milla. Las redes alimentadoras deben conectar barrios de baja y media densidad con las estaciones del metro respetando restricciones de capacidad, duración de rutas y coordinación básica de horarios. El problema de diseño de redes de transporte (Transit Network Design Problem, TNDP) y, en particular, el diseño de líneas alimentadoras, se reconoce como un problema fuertemente combinatorio y multiobjetivo, donde se deben equilibrar costos de operación con calidad de servicio (Ibarra-Rojas et al., 2015). En este contexto, los algoritmos evolutivos multiobjetivo, como NSGA-II (Deb et al., 2002), han mostrado buen desempeño para generar frentes de Pareto en problemas de ruteo y planificación de transporte (Rahimi et al., 2022; Zhang, Wei, & Luo, 2018).

En paralelo, el acceso creciente a datos censales, encuestas origen–destino (OD) y cartografía abierta permite aproximar matrices OD y patrones de viaje incluso en ciudades que carecen de sistemas de pago con tarjeta o sensores continuos. En particular, trabajos recientes muestran que es posible estimar demanda OD a partir de descriptores demográficos y espaciales mediante aprendizaje automático y simulación (Chávez Hernández, Juárez Valencia, & Ríos Solís, 2019; Katranji et al., 2020).

En este trabajo se propone y aplica a la ZMM un marco metodológico que integra generación sintética de demanda a partir de datos censales y de una encuesta origen–destino, un modelo de diseño de redes alimentadoras con objetivos de tiempo de viaje y demanda cubierta bajo restricciones operativas, y una implementación estación-consciente de NSGA-II que explota la estructura troncal–alimentadora para acelerar la evaluación de soluciones.

2. ZONA DE ESTUDIO Y FUENTES DE DATOS

La ZMM está conformada por 16 municipios y presenta una estructura urbana alargada condicionada por el valle del río Santa Catarina y barreras montañosas (INEGI, 2020a). La Figura 1 muestra el contexto geográfico, la red de metro (líneas 1-3) y la distribución de las estaciones, así como la participación modal reportada en la encuesta origen-destino.

Figura 1: Área de estudio (ZMM), esquema de Metrorrey y modo de transporte

Para caracterizar la demanda y la oferta de transporte se integran cinco conjuntos de datos oficiales a nivel AGEB:

- Indicadores sociodemográficos (población por grupos de edad, educación, discapacidad, etc.) (INEGI, 2020b).
- Nivel socioeconómico (NSE) por AGEB de la AMAI (AMAI, 2022b).
- Polígonos geoestadísticos de las AGEB metropolitanas.
- Encuesta OD PIMUS con propósitos de viaje y horarios de salida (Ciudad Finita, 2019).
- Localización de estaciones de metro y Ecovía (Flores, 2024).

Los indicadores censales se normalizan a proporciones dentro de cada AGEB para evitar sesgos de escala. El NSE se asigna como categoría dominante por AGEB. A partir de la encuesta OD se construyen variables de tiempo de viaje, propósito, hora del día y distancias desde origen y destino a la estación más cercana. En la muestra depurada, el transporte público (TPUB) representa alrededor de 25.7% de los viajes, valor que se utiliza como referencia para validar posteriormente la demanda sintética.

3. MARCO METODOLÓGICO

El marco propuesto combina un generador sintético de viajes con un modelo de diseño de alimentadoras resuelto mediante NSGA-II.

3.1 Generación sintética de demanda

La generación de demanda se basa en un pipeline de aprendizaje automático de dos etapas:

1. Modelo de destino (regresor): A partir de atributos del AGEB de origen (proporciones sociodemográficas, NSE), propósito y hora del viaje, y coordenadas del origen, un modelo neuronal estima las coordenadas del destino. Se emplea una red densa con

variables categóricas codificadas mediante one-hot encoding y escalamiento de variables continuas. El modelo se entrena para minimizar el error absoluto medio (MAE) y alcanza un MAE de aproximadamente 0.0807 grados geográficos, suficiente para preservar la asignación correcta a nivel de AGEB en la mayoría de los casos.
2. Modelo de modo (clasificador TPUB): Con el origen, el destino (observado o predicho) y variables derivadas (distancia OD, distancias a estaciones, NSE, propósito, hora), un segundo modelo neuronal clasifica si el viaje utiliza TPUB u otros modos. Dado el fuerte desbalance (≈25.7% TPUB), se emplean pesos de clase. El modelo obtiene una exactitud cercana a 79%, interpretada junto con precisión y recall por clase para asegurar que no se explotan solo las tasas base.

Con ambos modelos se implementa un generador Monte Carlo (Raychaudhuri, 2008) de viajes sintéticos: los AGEB de origen se muestrean proporcionalmente a su población, propósito y hora se asignan según las distribuciones empíricas de la encuesta PIMUS, el modelo de destino genera un punto de llegada y el clasificador etiqueta el uso de TPUB; una regla de "estación más cercana" identifica qué viajes son relevantes para el metro.

A escala de millones de registros, el conjunto sintético reproduce una participación TPUB de ~23–24% y una fracción de viajes "metro-relevantes" cercana a 8% de la población, en línea con la encuesta y la distribución de estaciones.

Para hacer el problema manejable, los puntos de demanda se agrupan mediante un esquema jerárquico con umbral de distancia compatible con una caminata razonable hacia una parada alimentadora. Cada grupo se reemplaza por un centroide ponderado por demanda, que conserva un perfil horario agregado. Estos centroides, junto con las estaciones de metro y Ecovía, constituyen los nodos del grafo sobre el cual se diseñan las alimentadoras.

3.2 Modelo de diseño de alimentadoras

Sea N el conjunto de nodos, con $S \subset N$ las estaciones y $D = N \setminus S$ los centroides de demanda. Cada nodo $i \in D$ tiene una demanda estimada w_i y un perfil horario. Sobre un grafo $G = (N, A)$ con arcos entre nodos cercanos y tiempos de viaje c_{ij}, se busca diseñar un conjunto de rutas alimentadoras R operadas por una flota de autobuses de capacidad Q.

El modelo considera dos objetivos:

1. Minimizar tiempo de viaje y penalizar demanda no servida, mediante una función del tipo

$$f_1(R) = \sum_{r \in R} \sum_{(i,j) \in r} c_{ij} + \alpha \sum_{i \in D} [w_i - y_i(R)]_+,$$

donde $y_i(R)$ es la demanda servida en i dada la capacidad y $[\cdot]_+$ denota la parte positiva.

2. Maximizar demanda cubierta,

$$f_1(R) = \sum_{i \in D} y_i(R).$$

Las rutas deben respetar una duración máxima de ciclo H y no exceder la capacidad Q. Se imponen además ventanas de tiempo aproximadas en estaciones para reflejar coordinación básica con los horarios del metro; las soluciones que violan estas restricciones se consideran inviables.

3.3 NSGA-II estación-consciente

El problema se resuelve mediante NSGA-II (Deb et al., 2002), adaptado para aprovechar la estructura troncal–alimentadora:
• Cada cromosoma codifica, para cada autobús, la secuencia ordenada de nodos visitados (estaciones y centroides de demanda).
• Se almacenan dos listas auxiliares por cromosoma: (i) tiempos de llegada a cada nodo y (ii) número de saltos restantes hasta la siguiente estación.
• Estas listas permiten recalcular de forma incremental tiempos y demanda servida cuando se aplican operadores genéticos, reduciendo el costo de evaluación a orden casi lineal en la longitud de las rutas.

Se utilizan tres estrategias de inicialización:

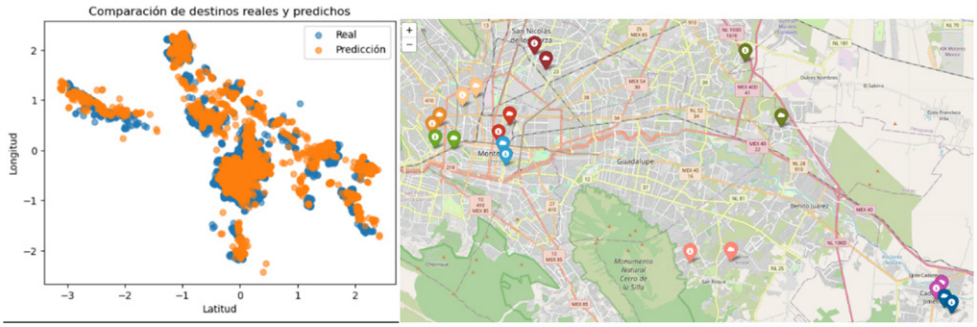
1. Aleatoria factible: rutas construidas de forma aleatoria respetando H.
2. Seudoaleatoria sensible a demanda/capacidad: se favorecen nodos con alta demanda hacia el metro y se redirige la ruta a una estación cercana si se proyecta una violación de Q.
3. Greedy seudoaleatoria: prioriza nodos en el cuartil superior de la razón demanda/ distancia y completa la ruta de forma seudoaleatoria.

El operador de cruce selecciona puntos de corte únicamente en estaciones, preservando subrutas alimentadoras coherentes. La mutación reemplaza nodos por otros del mismo tipo (estación o no estación), manteniendo consistencia estructural. En los experimentos se emplean tamaños de población entre 100 y 200 individuos, entre 200 y 800 generaciones, tasa de cruce 0.8, mutación 0.3 y tasas de selección de mutación de 0.4 y 0.8.

4. RESULTADOS

4.1 Simulación de demanda

Figura 2. Resultados del modelo de predicción de demanda contra reales



La figura 2 resume la consistencia espacial del modelo de destino. A la izquierda se puede observar que los destinos predichos (naranja) reproducen las nubes de puntos de los destinos de observación (azul), sin dejar huecos en la ZMM y con un aligera tendencia de concentrarse hacia el centro, coherente con un MAE de aproximadamente 0.0807 grados geográficos. La segunda imagen muestra un subconjunto de destinos proyectados sobre el mapa real de Monterrey: en la mayoría de los casos, los puntos predichos se mantienen dentro del mismo AGEB o en uno adyacente al destino real, que es justo el nivel de detalle necesario para el diseño de las rutas alimentadoras. En cuanto al modelo de predicción de destino, este tuvo una exactitud del 79%, que se espera mejorar al agregar más datos.

4.2 Mejora frente a la red alimentadora actual

Para evaluar el impacto del marco propuesto se comparan los diseños de alimentadoras obtenidos con NSGA-II contra la configuración alimentadora actual de la ZMM, manteniendo constante el número de rutas y de autobuses. Ambas configuraciones se evalúan sobre la misma demanda sintética.

En promedio, las soluciones optimizadas incrementan la demanda servida en aproximadamente 28.4% y reducen el tiempo total de viaje de los usuarios en torno a 17.1% respecto a la red actual. Estas mejoras no se logran simplemente alargando rutas ni concentrando la oferta sobre los mismos corredores; las rutas resultantes extienden el acceso radial hacia periferias subatendidas y, al mismo tiempo, preservan trayectos eficientes hacia las estaciones en subcentros densos.

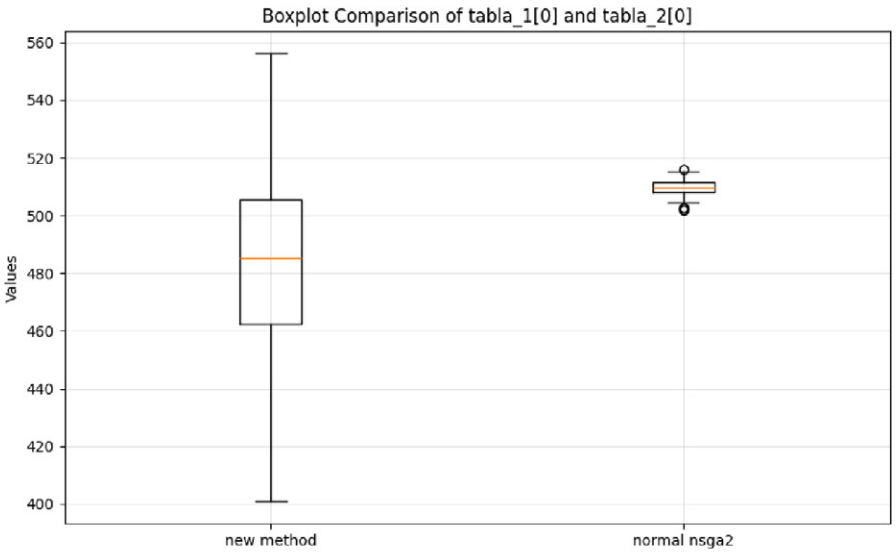
Desde el punto de vista espacial, se observa que modificaciones relativamente pequeñas en la manera en que las rutas se enhebran por la red vial periférica pueden desbloquear mejoras significativas en cobertura y tiempos, sin requerir flota adicional. Esto resulta especialmente atractivo para agencias con fuertes restricciones presupuestales.

4.3 Comparación con NSGA-II estándar

Para aislar el efecto de la codificación estación-consciente y de los operadores propuestos, se realiza una comparación directa con una implementación estándar de NSGA-II basada en la librería *pymoo*. Ambos algoritmos resuelven las mismas instancias, con funciones objetivo, tamaños de población, operadores y criterios de paro equivalentes; solo difieren en la representación de las rutas y en los detalles de cruce y mutación.

En múltiples corridas independientes, la implementación estación-consciente alcanza un tiempo de convergencia mediano aproximadamente 5% menor que el de la versión estándar. La Figura 3 muestra la distribución de tiempos de convergencia: el NSGA-II estándar presenta una banda estrecha y muy estable, mientras que el enfoque estación-consciente exhibe una dispersión mayor, con algunas corridas muy rápidas y otras más lentas.

Figura 3. Distribución del tiempo de convergencia entre NSGA-II creado y Pymoo



En términos prácticos, el método propuesto suele converger más rápido y, en ocasiones, sustancialmente más rápido, pero con una cola de peor caso menos favorable. Para aplicaciones de análisis de escenarios e interacción con analistas, la mejora en la mediana es valiosa; en contextos con presupuestos de tiempo estrictos puede ser conveniente complementar con estrategias multiarranque y criterios de paro anticipado que retengan el mejor individuo obtenido hasta el momento.

5. CONCLUSIONES

Este trabajo presenta un marco para el diseño de redes alimentadoras de metro que combina generación sintética de demanda con un esquema de optimización multiobjetivo basado en NSGA-II adaptado a la estructura troncal–alimentadora. A partir de datos públicos de censo, encuestas OD y red de transporte se construye un pipeline de aprendizaje que infiere destinos y uso de transporte público, el cual alimenta un generador Monte Carlo de viajes sintéticos a gran escala. Sobre esta demanda se aplica una agregación espacial compatible con la caminabilidad, y se formula un problema de diseño de alimentadoras con objetivos de tiempo de viaje y demanda cubierta bajo restricciones de capacidad y operación.

En la ZMM, el marco propuesto genera redes alimentadoras que, manteniendo constante la flota y el número de rutas, aumentan la demanda servida en aproximadamente 28% y reducen el tiempo total de viaje en torno a 17% respecto a la red actual. La codificación estación-consciente de NSGA-II reduce la mediana del tiempo de convergencia alrededor de 5% frente a una versión estándar, a costa de una mayor variabilidad entre corridas.

Más que introducir un algoritmo radicalmente nuevo, la contribución principal es mostrar que una combinación cuidadosamente diseñada de metaheurísticas robustas, datos accesibles y simulación puede producir mejoras prácticas y con sensibilidad a la equidad en contextos metropolitanos reales. La idea de tratar explícitamente a las

estaciones como anclas, respetar coherencia de capacidad desde la inicialización y reutilizar cálculos de aptitud resulta sencilla, pero desplaza la frontera de soluciones hacia configuraciones más atractivas desde el punto de vista operacional.

Como líneas de trabajo futuro se plantea: (i) la optimización conjunta de rutas y frecuencias bajo demanda elástica y estructuras tarifarias realistas; (ii) la incorporación explícita de métricas de equidad en el espacio de objetivos, por ejemplo maximizando la mejora mínima de accesibilidad en zonas desfavorecidas; (iii) la exploración de modelos de aprendizaje profundo basados en grafos para refinar la predicción de destinos y modos cuando existan datos más ricos; y (iv) la integración de enfoques de aprendizaje por refuerzo multiagente para adaptar la estructura de alimentadoras y los niveles de servicio ante fluctuaciones de demanda o disrupciones, utilizando las soluciones evolutivas como punto de partida.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Asociación Mexicana de Agencias de Investigación de Mercado (AMAI). (2022). *Mapas de áreas metropolitanas del país por AGEB* [Archivo shapefile]. Recuperado de https://www.amai.org/NSE/ (consultado el 17 de noviembre de 2024).

Chávez Hernández, M. V., Juárez Valencia, L. H., & Ríos Solís, Y. Á. (2019). Penalization and augmented Lagrangian for OD demand matrix estimation from transit segment counts. *Transportmetrica A: Transport Science*, 15(2), 915–943.

Ciudad Finita. (2019). *Transporte* [GeoJSON]. Recuperado de https://ciudadfinita.mx/descargas (consultado el 17 de noviembre de 2024).

Cómo Vamos Nuevo León. (2023). *Encuesta Así Vamos 2023*. Recuperado de https://comovamosnl.org (consultado el 17 de noviembre de 2024).

Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., & Meyarivan, T. (2002). A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, 6(2), 182–197.

Flores, E. (2024). *Estaciones del metro y Ecovía* [JSON]. (Consultado el 17 de noviembre de 2024).

Gaxiola-Beltrán, A. L., Narezo-Balzaretti, J., Ramírez-Moreno, M. A., Pérez-Henríquez, B. L., Ramírez-Mendoza, R. A., Krajzewicz, D., & Lozoya-Santos, J. d.-J. (2021). Assessing urban accessibility in Monterrey, Mexico: A transferable approach to evaluate access to main destinations at the metropolitan and local levels. *Applied Sciences*, 11(16), 7519.

Ibarra-Rojas, O. J., Delgado, F., Giesen, R., & Muñoz, J. C. (2015). Planning, operation, and control of bus transport systems: A literature review. *Transportation Research Part B: Methodological*, 77, 38–75.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020a). *Metrópolis de México 2020*. Aguascalientes, México: INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020b). *Principales resultados por AGEB y manzana urbana 2020* [Conjunto de datos]. Recuperado de https://www.inegi.org.mx (consultado el 17 de noviembre de 2024).

Katranji, M., Kraiem, S., Sanmarty, G., Khodabandelou, G., Hadj Selem, F., Moalic, L., & Caminada, A. (2020). Deep multi-task learning for individuals origin–destination matrices estimation from census data. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 34, 201–230.

Rahimi, I., Gandomi, A. H., Deb, K., Chen, F., & Nikoo, M. R. (2022). Scheduling by NSGA-II: Review and bibliometric analysis. *Processes*, 10(1), 98.

Raychaudhuri, S. (2008). Introduction to Monte Carlo simulation. En Proceedings of the *2008 Winter Simulation Conference* (pp. 91–100). Miami, FL: IEEE.

Tirachini, A., & Cats, O. (2020). COVID-19 and public transportation: Current assessment, prospects, and research needs. *Journal of Public Transportation*, 22(1), 1–21.

Zhang, X., Wei, Z., & Luo, S. (2018). Design of feeder bus routes using NSGA-II and simulation-based optimization. *Transportation Research Record*, 2672(8), 1–11.

TARIFACIÓN POR CONGESTIÓN: MODELACIÓN CON PREFERENCIAS DECLARADAS DE LA DISPOSICIÓN A PAGAR POR INGRESAR AL ÁREA CENTRAL DE CÓRDOBA, ARGENTINA

Müller, Eric Roger
Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba. Ciudad de Córdoba, Provincia de Córdoba, Argentina. ericrogermuller@gmail.com

Sartori, Juan José Pompilio
Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba. Ciudad de Córdoba, Provincia de Córdoba, Argentina. jjpsartori@unc.edu.ar

RESUMEN

La congestión vehicular urbana es una de las principales externalidades negativas asociadas al uso intensivo del automóvil en las ciudades intermedias de América Latina. En la ciudad de Córdoba (Argentina), el crecimiento del parque automotor, junto con una oferta de transporte público relativamente estancada, ha generado niveles crecientes de congestión en el área central, con impactos económicos, sociales y ambientales relevantes. En este contexto, la tarificación vial por congestión se presenta como un instrumento potencialmente eficiente para internalizar los costos sociales del uso del automóvil y mejorar la gestión de la movilidad urbana. Este trabajo analiza la viabilidad y aceptación de un esquema de tarificación por congestión en el área central de Córdoba, mediante la modelación del comportamiento de los usuarios del automóvil a partir de encuestas de preferencias declaradas. La investigación se apoya en la teoría de la utilidad aleatoria, el diseño de encuestas basadas en experimentos de elección para la estimación de modelos de elección discreta, con el objetivo de estimar la sensibilidad de los usuarios frente a cambios en el costo y el tiempo de viaje. Al momento de elaboración de este documento, el estudio se encuentra en fase de implementación, con el relevamiento de encuestas en curso, y se espera que los resultados aporten evidencia empírica local para el diseño de políticas de movilidad urbana sostenible en ciudades intermedias.

1. INTRODUCCIÓN

El transporte urbano en su conjunto es una actividad de importante magnitud para la vida y el desarrollo de un país. La circulación de vehículos que transitan las vías de ciudades de más de 100.000 habitantes consume alrededor de 3.5% del PIB de América Latina y el Caribe, sin considerar los viajes opcionales, como los de fines de semana. El valor social del tiempo consumido en los viajes equivale a aproximadamente otro 3% del PIB (Thomson, 2000). De estas cifras se desprende que los recursos dedicados al transporte urbano son muy significativos. El aumento de la tasa de motorización y la tendencia al uso intensivo del automóvil, sumado a la constante expansión de las ciudades y la consecuente extensión del largo de los viajes hacen inevitable que una creciente demanda sobre una oferta vial relativamente inflexible redunde en una disminución progresiva de las velocidades de circulación (Thomson, 2002). La ciudad de Córdoba, hogar de más de 1,6 millones de personas, se encuentra inmersa en una problemática de congestión de tránsito en horas pico de determinadas vías del núcleo céntrico. Esta situación provoca importantes pérdidas de productividad y de tiempo, frustración de los viajantes, acarrea costos medioambientales severos y aumenta la tasa de accidentes. En los últimos 20 años, prácticamente todos los candidatos a gobernar la ciudad de Córdoba propusieron priorizar el uso del transporte público masivo como medio de organizar u ordenar la movilidad de la ciudad. Sin embargo, durante estos años la oferta de ese servicio urbano se redujo un 30 por ciento (en 1998 se recorrían 85 millones de kilómetros y en 2018 fueron 60 millones de kilómetros) mientras, por ejemplo, el parque de automóviles particulares registrado se duplicó (en 1998 había 240 mil autos en la Capital provincial, llegando en 2019 a casi 600 mil) y el de motocicletas más que se triplicó (en 1998 eran 65 mil y en 2019, 240 mil). El problema, que se agrava año a año, puede ser explicado como consecuencia del incremento del número de automóviles que circulan por el núcleo céntrico, resultado del incremento del parque automotor de vehículos radicados en la ciudad, por el mayor ingreso de trabajadores de municipios del área metropolitana de Córdoba, y por el menor uso relativo del sistema público de transporte (principalmente buses). Durante los últimos años la Municipalidad de Córdoba ha ejecutado inversiones aisladas con el objetivo de mejorar la gestión del tránsito en la ciudad. Así, desde 2014 en Córdoba se han implementado pruebas piloto de carriles Solo Bus, semaforización inteligente, ciclovías, supermanzanas y áreas peatonales, sin que esto signifique una disminución real en la congestión. Las políticas que inducen a la disminución del uso del automóvil, ya sea desincentivando su uso o alentando a trasladarse en medios alternativos, pueden reducir sustancialmente la congestión del tráfico, sobre todo en las horas pico.

Este trabajo investiga la posible respuesta de los usuarios de automóvil a la tarificación vial por congestión (*congestion charging*) en la ciudad de Córdoba mediante encuestas de preferencias declaradas en las que se presentan a los usuarios escenarios hipotéticos de elección. Luego de realizar el relevamiento completo de las encuestas, se estimará un modelo de elección discreta para modelar la sensibilidad hacia la tarificación vial por congestión y para cuantificar la eficacia potencial de estas medidas en diferentes contextos. En el caso de Córdoba, la ausencia de estudios sistemáticos sobre tiempos de viaje, costos y valoraciones de los actores impide la formulación de políticas basadas en evidencia. Comprender cómo los conductores valoran el tiempo es fundamental para diseñar estrategias que mejoren la eficiencia y reduzcan las externalidades negativas.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

La congestión vehicular urbana ha sido ampliamente estudiada en la literatura económica y del transporte como una de las externalidades negativas más relevantes asociadas al uso intensivo del automóvil en contextos urbanos. Desde una perspectiva teórica, la congestión se origina cuando cada vehículo adicional impone costos de tiempo y operación sobre los demás usuarios de la vía, costos que no son internalizados en la decisión individual de viajar, generando una brecha entre los costos privados y los costos sociales del transporte (Pigou, 1920; Walters, 1961). Este fallo de mercado conduce a una sobreutilización de la infraestructura vial, particularmente en determinadas zonas y franjas horarias, típicamente asociadas a los viajes por motivos laborales, educativos, entre otros. La economía del transporte ha desarrollado un marco conceptual robusto para analizar este fenómeno, apoyado en la teoría del costo marginal social y en los modelos de demanda derivados de la teoría de la utilidad aleatoria. Autores como Vickrey (1955) y posteriormente Walters (1961) sentaron las bases para el análisis de la tarificación vial como un mecanismo eficiente para corregir la congestión, proponiendo que el precio pagado por los usuarios refleje el costo marginal que su viaje impone al resto de la sociedad. Este enfoque, conocido como tarificación pigouviana, constituye el fundamento teórico de los esquemas de cobro por congestión implementados en diversas ciudades del mundo.

Desde el punto de vista empírico, la congestión urbana ha sido abordada tanto mediante estudios descriptivos de flujos de tráfico y tiempos de viaje, como a través de modelos econométricos de elección discreta que permiten analizar el comportamiento de los usuarios frente a distintas alternativas de transporte. En este sentido, Ortúzar (1994) y Ben-Akiva y Lerman (1985) destacan que la demanda de transporte es una demanda derivada, condicionada por decisiones previas relacionadas con el lugar de residencia, el empleo, los horarios y la disponibilidad de modos de transporte. Esto implica que las políticas de gestión de la congestión deben considerar no sólo el precio del viaje, sino también atributos como el tiempo, la confiabilidad, el confort y la flexibilidad.

La literatura internacional documenta que las políticas tradicionales orientadas exclusivamente a expandir la oferta vial suelen tener efectos limitados o incluso contraproducentes en el mediano y largo plazo, debido al fenómeno de demanda inducida. En contraste, las medidas orientadas a gestionar la demanda, entre ellas la tarificación por congestión, han demostrado ser eficaces para reducir el volumen de tráfico y mejorar la eficiencia del sistema de transporte urbano (Bull, 2003; Thomson, 2000). Estas medidas buscan modificar el comportamiento de los usuarios, incentivando cambios modales, ajustes en los horarios de viaje o, en algunos casos, la supresión o postergación de desplazamientos.

La evidencia empírica proveniente de experiencias internacionales resulta particularmente relevante. Ciudades como Singapur, Londres y Estocolmo han implementado esquemas de tarificación por congestión con resultados consistentes: reducciones del tráfico vehicular del orden del 20 al 30 %, incrementos en las velocidades promedio y mejoras en indicadores ambientales (Santos, 2004; Eliasson, 2008; Börjesson et al., 2012). Estos casos muestran que la efectividad del instrumento depende no sólo del diseño tarifario y la tecnología utilizada, sino también de factores institucionales, comunicacionales

y de aceptación social. En particular, la reinversión transparente de los ingresos en transporte público y la implementación gradual mediante pruebas piloto han sido elementos clave para legitimar estas políticas.

Sin embargo, la transferencia de estos modelos a contextos latinoamericanos y, especialmente, a ciudades intermedias plantea desafíos adicionales. La literatura regional señala limitaciones asociadas a la capacidad institucional, la fragmentación de competencias, la calidad y cobertura del transporte público y las preocupaciones distributivas (Gleave, 2009; Bocarejo et al., BID). En este contexto, varios estudios han recurrido a modelos de simulación y preferencias declaradas para evaluar ex ante la viabilidad de esquemas tarifarios. Investigaciones recientes para ciudades como Santiago de Chile y Bogotá muestran que, aun sin implementación efectiva, es posible estimar reducciones significativas en el tráfico mediante modelos de elección discreta, con caídas proyectadas del 20 al 28 % en los flujos vehiculares ante la introducción de tarifas moderadas (Gleave, 2009; Torrico et al., 2024).

La metodología de preferencias declaradas ocupa un lugar central en este tipo de análisis, especialmente cuando la política a evaluar aún no ha sido implementada. Louviere, Hensher y Swait (2000) destacan que este enfoque permite construir escenarios hipotéticos controlados en los que se varían sistemáticamente atributos clave del viaje, como el costo, el tiempo o el nivel de congestión, posibilitando la estimación de la disposición a pagar de los individuos. La combinación de datos de preferencias declaradas con modelos logit (condicionales o mixtos) se ha consolidado como una herramienta estándar en la economía del transporte (McFadden, 1974; Train, 2009).

En Argentina, y particularmente en la ciudad de Córdoba, la literatura empírica sobre tarificación por congestión es aún incipiente. Existen estudios relevantes sobre demanda de transporte y elección modal, como los desarrollados por Sartori (2013) y Sartori, Oviedo y Müller (2016), que aplican modelos logit y logit mixto para analizar viajes al trabajo y al estudio. Estos trabajos demuestran la pertinencia de utilizar modelos de elección discreta en el contexto local y evidencian la sensibilidad de los usuarios a atributos como el tiempo de viaje y el costo monetario. No obstante, hasta el momento no se cuenta con estimaciones específicas de la disposición a pagar por esquemas de tarificación vial en Córdoba, lo que constituye un vacío relevante en la literatura aplicada.

Adicionalmente, los estudios sobre movilidad urbana en Córdoba resaltan una fuerte dependencia del automóvil particular, una baja densidad urbana y una oferta de transporte público que no ha crecido al ritmo de la demanda, factores que exacerban la congestión y sus costos asociados (Municipalidad de Córdoba, Plan Integral de Movilidad). La literatura ambiental local también identifica al tránsito vehicular como una de las principales fuentes de contaminantes atmosféricos en el área central, reforzando la necesidad de políticas que aborden simultáneamente eficiencia, sostenibilidad y equidad (Mateos et al., 2018).

En síntesis, la revisión de la literatura muestra un amplio consenso teórico respecto a la eficiencia de la tarificación por congestión como instrumento para internalizar externalidades del transporte urbano. La evidencia empírica internacional respalda su efectividad, aunque subraya la importancia del contexto institucional y social para

su implementación. En América Latina y en ciudades intermedias como Córdoba, los modelos de preferencias declaradas y elección discreta emergen como herramientas útiles para evaluar ex ante la viabilidad, aceptación y efectos potenciales de estas políticas. Este trabajo se inscribe en esa línea, aportando evidencia local que contribuya tanto al debate académico como al diseño de políticas públicas de movilidad urbana sostenible.

3. METODOLOGÍA

3.1 Enfoque general de la investigación

La presente investigación adopta un enfoque cuantitativo, de carácter aplicado y explicativo, orientado a analizar la viabilidad y aceptación de un esquema de tarificación por congestión en la ciudad de Córdoba, Argentina. El estudio se inscribe dentro del campo de la economía del transporte y utiliza herramientas analíticas provenientes de la teoría microeconómica, la econometría aplicada y la modelación del comportamiento de los usuarios del sistema de transporte urbano. Dado que la política objeto de análisis (la tarificación vial por congestión) no ha sido implementada en la ciudad de Córdoba, la investigación se basa en métodos de evaluación ex ante. En este contexto, se recurre a técnicas de preferencias declaradas (stated preferences), que permiten simular escenarios hipotéticos de política pública y analizar cómo responderían los individuos ante cambios en los atributos relevantes del viaje, tales como el costo monetario y el tiempo de desplazamiento. El diseño metodológico combina la aplicación de encuestas estructuradas con la estimación de modelos de elección discreta, fundamentados en la teoría de la utilidad aleatoria. Este enfoque es ampliamente utilizado en estudios de demanda de transporte cuando se busca analizar decisiones de elección modal o de ruta bajo distintos escenarios regulatorios o tarifarios (Ben-Akiva y Lerman, 1985; Train, 2009).

3.2 Marco analítico: teoría de la utilidad aleatoria y elección discreta

La modelación del comportamiento de los usuarios del transporte se apoya en la teoría de la utilidad aleatoria, según la cual cada individuo enfrenta un conjunto finito de alternativas mutuamente excluyentes y elige aquella que maximiza su utilidad percibida. En este marco, la utilidad asociada a cada alternativa se compone de una parte observable o determinística, que depende de atributos medibles por el analista, y de un componente aleatorio, que captura factores no observados, errores de medición y heterogeneidad individual. Formalmente, la utilidad que el individuo i obtiene al elegir la alternativa j se expresa como:

$$U_{ij}(X) = V_{ij}(X) + \varepsilon_{ij}$$

donde V_{ij} representa la utilidad determinística, función de los atributos del viaje y de las características del individuo, y ε_{ij} es un término aleatorio no observable.

La probabilidad de que el individuo elija una alternativa determinada depende de la probabilidad de que la utilidad asociada a dicha alternativa sea mayor que la de todas las demás. Bajo el supuesto de que los términos aleatorios siguen una distribución extrema tipo I (Gumbel), se obtiene el modelo logit condicional propuesto por

McFadden (1974), ampliamente utilizado en la economía del transporte. Este tipo de modelos permite estimar la sensibilidad de los individuos a variaciones en los atributos del viaje y calcular magnitudes clave para el análisis de políticas públicas, como la disposición a pagar por reducciones en el tiempo de viaje o por mejoras en las condiciones de circulación.

3.3 Justificación del uso de preferencias declaradas

La elección del enfoque de preferencias declaradas responde a la naturaleza del problema de investigación. En ausencia de experiencias reales de tarificación por congestión en Córdoba, no es posible observar comportamientos efectivos de los usuarios frente a este tipo de política mediante datos de preferencias reveladas. En este contexto, las preferencias declaradas constituyen una herramienta adecuada para analizar decisiones hipotéticas bajo escenarios controlados. Las encuestas de preferencias declaradas permiten presentar a los individuos situaciones de elección realistas, en las que se modifican sistemáticamente uno o más atributos del viaje, y observar cómo dichas variaciones influyen en la elección. Esta metodología ha sido ampliamente validada en estudios de transporte y políticas tarifarias, tanto en países desarrollados como en contextos latinoamericanos (Louviere et al., 2000; Hensher et al., 2015). Asimismo, este enfoque permite incorporar explícitamente atributos que aún no existen en la realidad local (como una tarifa por congestión) y evaluar su impacto potencial antes de su implementación, lo que resulta especialmente valioso para el diseño de políticas públicas.

3.4 Diseño del instrumento de recolección de datos

El principal instrumento de recolección de datos es una encuesta estructurada de preferencias declaradas, diseñada para captar tanto las características socioeconómicas de los individuos como sus hábitos actuales de movilidad y sus elecciones frente a escenarios hipotéticos de tarificación vial. La encuesta se organiza en tres secciones principales:

A- Caracterización sociodemográfica del encuestado
Incluye variables como edad, género, nivel educativo, situación laboral e ingreso aproximado del hogar. Estas variables permiten analizar la heterogeneidad en las respuestas y explorar posibles efectos distributivos de la política.

B- Hábitos actuales de movilidad
Releva información sobre el modo de transporte habitualmente utilizado, motivo del viaje (principalmente viajes al trabajo), distancia de los desplazamientos, tiempo promedio de traslado y costos asociados (combustible, estacionamiento, tarifas de transporte público).

C- Escenarios de elección de preferencias declaradas
Presenta al encuestado tres escenarios hipotéticos en los que debe elegir entre distintas alternativas de transporte para un viaje típico hacia el área central de la ciudad en hora pico.

En los escenarios de elección se consideran múltiples alternativas de transporte, con el objetivo de reflejar de manera realista el conjunto de opciones disponibles para los usuarios. Las alternativas incluidas son: (i) Automóvil particular sin tarifa por congestión (situación base). Esta opción es solo ilustrativa y no se encuentra disponible para elección; (ii) Automóvil con tarifa y estacionamiento en vía pública; (iii) Automóvil con tarifa y estacionamiento en playa privada; (iv) Transporte público urbano (colectivo/trolebús); (v) Taxi / remis / plataformas de movilidad; (vi) Modos activos (caminar o bicicleta); (vii) No realizar el viaje o postergarlo. La inclusión de la opción de no viajar permite capturar respuestas de supresión o postergación del desplazamiento, que constituyen uno de los posibles efectos de una política de tarificación por congestión.

Los atributos seleccionados para caracterizar cada alternativa surgen de la revisión de la literatura y de su relevancia contextual para la ciudad de Córdoba. Los principales atributos considerados son:

• Tiempo total de viaje (minutos).
• Costo monetario del viaje (pesos argentinos), incluyendo combustible, tarifa vial (si corresponde a la alternativa) y estacionamiento (si corresponde a la alternativa).
• Tiempo de espera (para transporte público y taxi).

Cada atributo adopta distintos niveles, definidos a partir de valores observados en la ciudad y de escenarios plausibles de política. Los niveles se combinan mediante un diseño experimental eficiente, construido con el objetivo de maximizar la información obtenida y reducir la carga cognitiva para los encuestados (Rose y Bliemer, 2009).

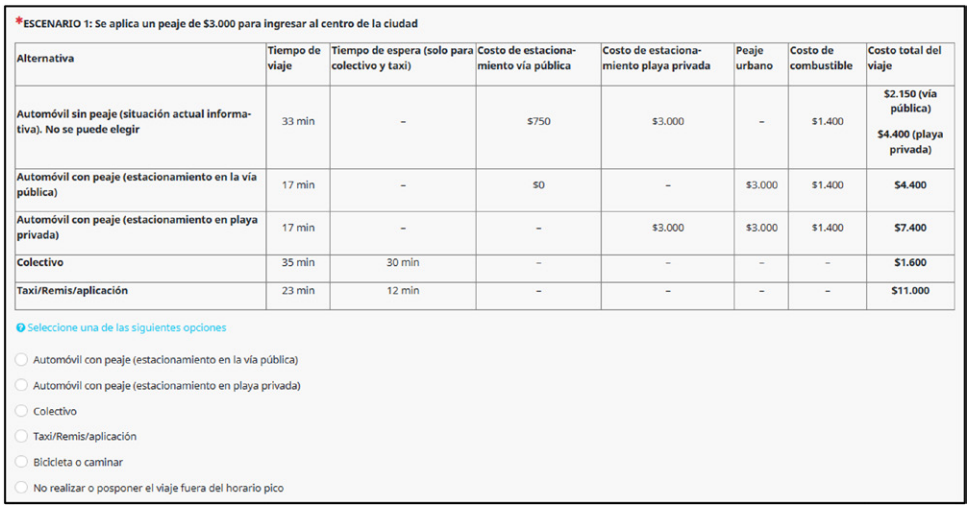
El diseño experimental se realizó aplicando técnicas de diseño eficiente (D-efficient design) para un modelo logit multinomial utilizando el software Ngene (Choicemetrics, 2024). Los diseños eficientes permiten estimar los parámetros del modelo con menos escenarios de elección que los diseños ortogonales tradicionales. El diseño experimental consideró 3 escenarios de elección por cada motivo de viaje (“al trabajo” y “otros motivos”), de modo que cada encuestado responda un número limitado de elecciones independientes, evitando la fatiga del entrevistado. Se realizaron diferentes diseños de experimentos de elección considerando distancias de viaje habituales de los entrevistados (5 km, 7,5 km, 10 km, 12,5 km, 15 km, 20 km y 25 km). Así, se presenta a cada encuestado los escenarios de elección que se corresponden con su experiencia habitual de viaje al centro de la ciudad. La Tabla 1 presenta las alternativas de elección, los atributos de las alternativas y los niveles de los atributos para un viaje de distancia de 10 km. En la Figura 1 se presenta el formato en que se presentó un escenario de elección para el caso de un viaje de 10 km en la encuesta online implementada.

Antes de la aplicación definitiva, el cuestionario fue sometido a una prueba piloto, con el fin de validar la comprensión de los escenarios, ajustar los niveles de los atributos y estimar el tiempo promedio de respuesta.

Tabla 1: Alternativas, atributos y niveles de los atributos de elección

Atributos	Alternativas de elección			
	Auto sin peaje (situación actual informativa)	**Auto con peaje**	**Bus**	**Taxi**
Costo peaje urbano (AR$)	---	1.500, 3.000, 4.500	---	---
Costo de estacionamiento en vía pública (AR$/hora)	750	0, 750, 1.500	---	---
Costo de estacionamiento en parking (AR$/hora)	3.000	2.000, 3.000, 4.000	---	---
Costo de viaje (AR$)	1.400	2.900, 4.400, 5.900	1.600	11.000
Tiempo de viaje (minutos)	33	17, 25, 33	31, 35, 39	15, 23, 30
Tiempo de espera (minutos)	---	---	15, 20, 30	5, 8, 30

Figura 1: Ejemplo de escenario de elección presentado en encuesta online


*ESCENARIO 1: Se aplica un peaje de $3.000 para ingresar al centro de la ciudad

Alternativa	Tiempo de viaje	Tiempo de espera (solo para colectivo y taxi)	Costo de estaciona-miento vía pública	Costo de estaciona-miento playa privada	Peaje urbano	Costo de combustible	Costo total del viaje
Automóvil sin peaje (situación actual informa-tiva). No se puede elegir	33 min	-	$750	$3.000	-	$1.400	$2.150 (vía pública) $4.400 (playa privada)
Automóvil con peaje (estacionamiento en la vía pública)	17 min	-	$0	-	$3.000	$1.400	$4.400
Automóvil con peaje (estacionamiento en playa privada)	17 min	-	-	$3.000	$3.000	$1.400	$7.400
Colectivo	35 min	30 min	-	-	-	-	$1.600
Taxi/Remis/aplicación	23 min	12 min	-	-	-	-	$11.000

Seleccione una de las siguientes opciones

- Automóvil con peaje (estacionamiento en la vía pública)
- Automóvil con peaje (estacionamiento en playa privada)
- Colectivo
- Taxi/Remis/aplicación
- Bicicleta o caminar
- No realizar o posponer el viaje fuera del horario pico

El universo de estudio está constituido por automovilistas que realizan viajes hacia el área central de la ciudad de Córdoba en días laborables y en horarios de alta congestión (entre 7–10 h o 17–20 h). La muestra se selecciona mediante un muestreo no probabilístico por cuotas, buscando asegurar diversidad en términos de edad, género y zonas de residencia (distancia recorrida en el viaje). El tamaño mínimo de la muestra se calcula siguiendo los criterios propuestos por Louviere et al. (2000), considerando la proporción de usuarios de automóvil y el número de escenarios de elección presentados a cada individuo. Si bien el tamaño mínimo estimado es de aproximadamente 56 individuos, se prevé alcanzar una muestra más amplia (entre 150 y 250 encuestados), con el objetivo de mejorar la robustez estadística de los modelos y permitir análisis por subgrupos.

El principal modelo a estimar es un logit condicional, en el que la utilidad determinística de cada alternativa se especifica como una función lineal de sus atributos:

$$U_{ij} = \beta_0 Automovil + \beta tv\ TV\ acp + \beta cevp\ CEVP + \beta cep\ CEP + \beta p\ P$$

donde los parámetros β capturan la sensibilidad de los individuos a cada atributo.

La estimación se realiza mediante máxima verosimilitud, utilizando software econométrico especializado (Biogeme). A partir de los coeficientes estimados, se calcula la disposición a pagar de los individuos por reducciones en el tiempo de viaje o en los niveles de congestión. Estas estimaciones permiten simular distintos escenarios de política, como la introducción de una tarifa específica en horas pico, y proyectar su impacto en la elección modal y el volumen de tráfico.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Este trabajo aborda la problemática de la congestión vehicular en la ciudad de Córdoba desde una perspectiva económica y de política pública, explorando la tarificación por congestión como un instrumento potencial para mejorar la eficiencia del sistema de movilidad urbana. La revisión de la literatura y el diseño metodológico adoptado refuerzan el consenso teórico respecto a la capacidad de los instrumentos de precio para internalizar las externalidades negativas del transporte urbano y promover cambios en el comportamiento de los usuarios del automóvil, particularmente en zonas y horarios de alta demanda. Si bien el estudio se encuentra actualmente en fase de implementación, con el relevamiento de encuestas de preferencias declaradas en curso, el enfoque metodológico seleccionado permite anticipar aportes relevantes. En particular, la estimación de modelos de elección discreta permitirá cuantificar la sensibilidad de los usuarios a variaciones en el costo y el tiempo de viaje, así como estimar la disposición a pagar por ingresar al área central en contextos de congestión. Esta información resulta clave para evaluar la viabilidad económica y social de esquemas de tarificación vial adaptados a ciudades intermedias. Desde una perspectiva de política pública, los resultados esperados podrán contribuir al diseño de intervenciones basadas en evidencia, complementarias a otras medidas de gestión de la demanda, como la mejora del transporte público y la promoción de modos alternativos de movilidad. Asimismo, el estudio aporta una metodología replicable para otras ciudades latinoamericanas que enfrentan desafíos similares de congestión y limitaciones de información local. En conclusión, esta investigación se propone generar evidencia empírica local que permita enriquecer el debate académico y apoyar la toma de decisiones en materia de movilidad urbana sostenible, destacando el potencial de la tarificación por congestión como una herramienta eficiente, flexible y compatible con los objetivos de desarrollo urbano y ambiental.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ben-Akiva, M., & Lerman, S. (1985). *Discrete choice analysis: Theory and application to travel demand*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Börjesson, M., Eliasson, J., Hugosson, M. B., & Brundell-Freij, K. (2012). The Stockholm congestion charges–5 years on: Effects, acceptability and lessons learnt. *Transport Policy*, 20, 1–12.

Bull, A. (2003). *Congestión de tránsito: el problema y cómo enfrentarlo*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.

ChoiceMetrics. (2024). *Ngene 1.4 user manual & reference guide*.

Eliasson, J. (2008). Lessons from the Stockholm congestion charging trial. *Transport Policy*, 15(6), 395–404.

Gleave, S. D. (2009). *Tarificación vial por congestión para la ciudad de Santiago*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Santiago de Chile.

Hensher, D. A., Rose, J. M., & Greene, W. H. (2015). *Applied choice analysis* (2ª ed.). Cambridge University Press, Cambridge.

Louviere, J. J., Hensher, D. A., & Swait, J. D. (2000). *Stated choice methods: Analysis and application*. Cambridge University Press, Cambridge.

Mateos, A. C., Amarillo, A. C., Tavera Busso, I., & González, C. M. (2018). Evaluación espacial y temporal de la contaminación por SO_2, NO_2, O_3 y CO en la ciudad de Córdoba. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas*, Físicas y Naturales, 5(2), 47–60.

McFadden, D. (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice behavior. En P. Zarembka (Ed.), *Frontiers in econometrics* (pp. 105–142). Academic Press, New York.

Municipalidad de Córdoba. (2012). *Plan Integral de Movilidad de la Ciudad de Córdoba*. Secretaría de Transporte, Córdoba, Argentina.

Ortúzar, J. D. (1994). *Modelos de demanda de transporte.* Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile.

Pigou, A. C. (1920). *The economics of welfare*. Macmillan, London.

Rose, J. M., & Bliemer, M. C. J. (2009). Constructing efficient stated choice experimental designs. *Transport Reviews*, 29(5), 587–617.

Santos, G. (2004). Urban congestion charging: A comparison between London and Singapore. *Transport Reviews*, 25(5), 511–534.

Sartori, J. J. P. (2013). *Estimación de la demanda de viajes al trabajo utilizando modelos de elección de modo de transporte y de elección conjunta de modo de transporte y tenencia de vehículo particular en la Ciudad de Córdoba*. Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.

Sartori, J. J. P., Oviedo, M., & Müller, E. R. (2016). Estimación de la demanda de viajes al lugar de estudio aplicando un modelo logit mixto de preferencias reveladas y declaradas. *Anales de la Asociación Argentina de Economía Política.*

Thomson, I. (2000). *Algunos conceptos básicos referentes a las causas y soluciones del problema de la congestión de tránsito.* Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.

Thomson, I. (2002). *Impacto de las tendencias sociales, económicas y tecnológicas sobre el transporte público en América Latina*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.

Torrico, A., Boonsiriphatthanajaroen, N., Garg, N., Lodi, A., & Mainguy, H. (2024). Equitable congestion pricing under the Markovian traffic model: An application to Bogotá. *arXiv preprint.*

Train, K. (2009). *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge University Press, Cambridge.

Vickrey, W. (1955). Some implications of marginal cost pricing for public utilities. *American Economic Review*, 45, 605–620.

Walters, A. A. (1961). The theory and measurement of private and social cost of highway congestion. *Econometrica*, 29(4), 676–699.

ALATPU

Tecnológico de Monterrey

Ponencias

Financiamiento de transporte y participación pública y privada

EFECTOS DE LAS MEDIDAS DE INCENTIVO AL TRANSPORTE PÚBLICO A CLIENTES DE SERVICIOS DE MOVILIDAD. LA EXPERIENCIA ESPAÑOLA

Julián Sastre González
Instituto de Movilidad, Sevilla, España, juliansastre@juliansastre.com

Javier Cantarella
Consultora Alomon, SL, Sevilla, España, javier.cantarella@consultoralomon.com

Alberto Cillero Hernández
ALSA, Madrid, España, albertocillero@yahoo.es

RESUMEN

Durante el verano de 2022, en medio de la crisis energética desencadenada por la guerra en Ucrania, el Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) implementó diversas medidas para reducir el costo del transporte, mitigar los efectos de la inflación y favorecer la independencia energética de España. Los descuentos en el transporte público han resultado efectivos apoyando el impulso al transporte público y gracias a la coordinación entre distintas administraciones.

La última normativa vigente es el Real Decreto-ley 8/2023, de 27 de diciembre, por el que se adoptan medidas para afrontar las consecuencias económicas y sociales derivadas de los conflictos en Ucrania y Oriente Próximo, así como para paliar los efectos de la sequía establece un sistema de ayudas directas, desde el 1 de enero de 2024 hasta el 31 de diciembre de 2024, para la concesión de apoyo financiero a las comunidades autónomas que presten servicio de transporte público colectivo.

En este contexto, los autores han llevado la iniciativa de analizar los hábitos y la percepción de usuarios/as y no usuarios/as del transporte público en autobús de ámbito urbano e interurbano a partir de la implementación de estos descuentos. Para ello se han realizado 800 encuestas, desglosadas en 400 a usuarios/as habituales del transporte público y otras 400 a usuarios/as no habituales, para analizar los efectos. En la comunicación se presentarían los resultados.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el verano de 2022, la crisis energética ha impulsado a los Gobiernos a implementar medidas de mitigación de costos en el transporte público. En España, estas acciones se han materializado en descuentos y abonos financiados por la Administración central, las Comunidades Autónomas y Entidades Locales. Estas medidas han sido clave no solo en la reducción de los costes de los desplazamientos diarios, sino también en el fomento de una movilidad más sostenible y accesible para toda la población.

La última normativa vigente es el Real Decreto-ley 1/2025, de 28 de enero, por el que se prorrogan las medidas para afrontar las consecuencias económicas y sociales derivadas de los conflictos en Ucrania y Oriente Próximo vigentes desde septiembre de 2022, así como para paliar los efectos de la sequía. Dando continuidad a las políticas vigentes hasta 2024, las normas vigentes hasta el momento (cuyos resultados son objeto de evaluación en esta investigación) establecieron un sistema de ayudas directas, para la concesión de apoyo financiero a las Comunidades Autónomas y Entidades Locales que presten servicio de transporte público colectivo, estando prevista su vigencia hasta el 30 de junio de 2025. En paralelo, diferentes normas nacionales e internacionales, entre ellas el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC), abogan por la necesidad de acelerar el cambio modal hacia los transportes públicos, reduciendo la cuota de uso del coche privado. Las normas en vigor definieron incentivos y descuentos igualmente para los servicios públicos interurbanos de titularidad estatal, por autobús y por ferrocarril.

Las estadísticas oficiales del Instituto Nacional de Estadística (INE) sobre transporte de viajeros por carretera en transporte colectivo muestran un significativo aumento de los/as usuarios/as del transporte público de carretera desde el inicio de las bonificaciones y descuentos. Este aumento se observa que es más pronunciado a medida que pasa el tiempo desde el inicio de la implementación de los bonos y descuentos, es decir, aumenta el número de adeptos/as y usuarios/as de estos descuentos conforme pasan los meses.

El objetivo de este estudio es evaluar la percepción de los usuarios/as sobre estas medidas y analizar su impacto en la demanda del transporte público, en ámbito urbano, metropolitano e interurbano. Se busca proporcionar información clave para la toma de decisiones en políticas de movilidad y sostenibilidad, identificando tanto los beneficios alcanzados como las áreas de mejora para futuras estrategias de incentivo al transporte público.

Para lograr este objetivo, se han analizado no solo los datos recogidos mediante la encuesta, sino también estudios previos realizados por organismos nacionales e internacionales. Asimismo, se ha tenido en cuenta la evolución de la movilidad en los últimos años y las tendencias observadas en la transición hacia modelos de transporte más sostenibles. Así, los autores diseñaron y desarrollaron un trabajo de campo basado en sistemas de captación probabilísticos a través de plataformas digitales, con el fin de aleatorizar la muestra y llegar de una manera más sencilla al conjunto de encuestados. Se recogieron 800 respuestas de entre el conjunto de la población residente en España mayor de 18 años. Para ambos colectivos (usuarios y no usuarios del transporte público), se testó la valoración de las políticas, su nivel de conocimiento, motivos de

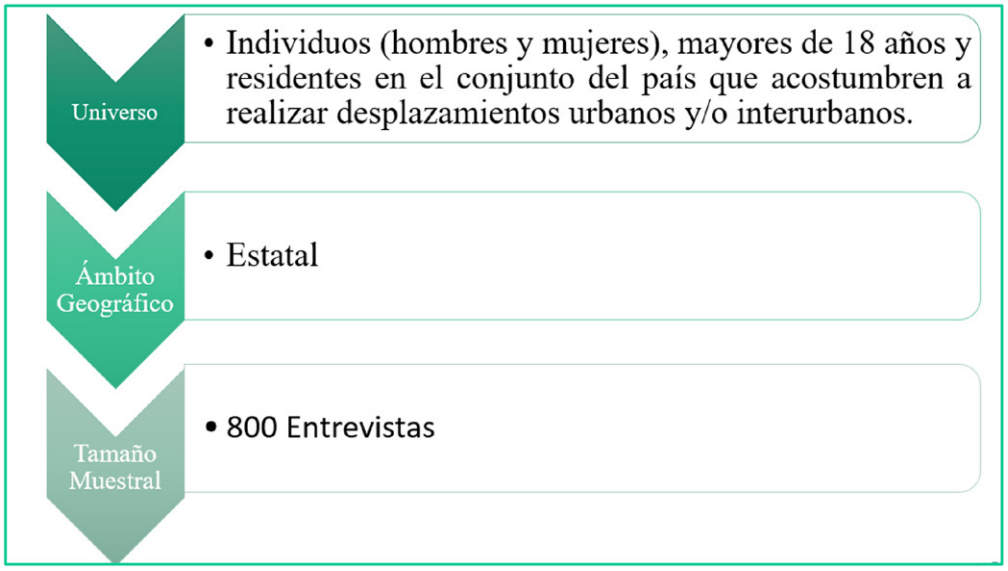
uso / no uso, y la opinión de cara a continuar incentivando el transporte público y la movilidad sostenible a futuro.

2. ENFOQUE DEL ANÁLISIS

El estudio se ha basado en una encuesta online probabilística realizada entre el 2 y el 10 de septiembre de 2024. La muestra incluyó 800 encuestas distribuidas de la siguiente manera:
• 400 entrevistas a usuarios habituales del transporte público.
• 400 entrevistas a no usuarios habituales, con mayor dependencia del coche privado.
• El error muestral para 400 entrevistas es de ±5,0%.

El trabajo de campo se basó en sistemas de captación probabilísticos digitales (trabajo de campo online) que permite realizar entrevistas a través de las redes sociales.

Figura 1: Muestra de la investigación



Fuente: Estudio del impacto de los descuentos y abonos multiviaje en el transporte público en autobús.

Los individuos participantes en el estudio, una vez validado su perfil demográfico y pertenencia al universo objeto de estudio, fueron clasificados como usuarios/as o no de transporte público. Los participantes fueron seleccionados aleatoriamente y clasificados según su respuesta a la siguiente pregunta: *"Cuando realizas desplazamientos dentro de tu municipio o entre municipios colindantes, ¿sueles utilizar algún medio de transporte público?"*

Esta metodología ha permitido comparar la percepción y el comportamiento de ambos segmentos de usuarios/as y evaluar el impacto de los incentivos económicos. Se garantizó una muestra representativa considerando variables como edad, género, ubicación geográfica y situación laboral, lo que permite extrapolar los resultados a la población general.

La obtención de resultados válidos para estos dos perfiles permite hacer comparativas para todas las preguntas de la encuesta, conociendo la visión de quienes se han visto más beneficiados de forma directa por los descuentos y abonos, y de quienes no han hecho uso de los mismos (o se han beneficiado menos).

3. PRINCIPALES RESULTADOS DE LA ENCUESTA

3.1 Motivos de uso del transporte público

El precio/coste del servicio es el factor más importante tanto para los/as usuarios/as habituales del transporte público (7,89 s/10) como para los/as no habituales (7,20 s/10). Seguido del tiempo de viaje (7,49 y 7,18, respectivamente), y en tercer lugar la calidad del servicio en el caso de los/as usuarios/as habituales (7,42) y la comodidad en el caso de los/as no habituales (7,16).

Estos factores muestran que el precio sigue siendo un elemento determinante para incentivar el uso del transporte público, seguido de la percepción de calidad y el tiempo de viaje. La accesibilidad también juega un papel clave, especialmente para personas mayores y usuarios con movilidad reducida.

3.2 Modo de transporte más habitual

Para los/as usuarios/as habituales del transporte público, en los desplazamientos urbanos predomina el autobús (25%), seguido de cerca por la opción de ir caminado (23,2%) y el coche (22,1%). En los desplazamientos interurbanos también predomina el autobús (36,40%), seguido de cerca por el coche (32,60%).

Para los/as usuarios/as no habituales, en viajes urbanos, el 50,8% utilizan el coche y el 35,10% se mueven a pie; en trayectos interurbanos el 84,1% va en coche, el 3% a pie y el 0,3% en autobús.

Se observa una diferencia significativa entre la elección modal de quienes ya utilizan el transporte público y quienes dependen del vehículo privado, lo que refuerza la necesidad de estrategias específicas para atraer nuevos usuarios al sistema de transporte colectivo.

3.3 Conocimiento previo de las medidas

Sobre el conocimiento que tienen las personas de la existencia de descuentos y abonos para rebajar el precio de los transportes públicos desde septiembre de 2022, en general la mayoría de los/as encuestados/as conocen las medidas (71% de los/as usuarios/as habituales y un 52,3% de los/as no usuarios/as habituales).

3.4 Utilización de los descuentos y abonos multiviaje

El 43,3% de los/as usuarios/as habituales de transporte público manifiesta haberlos utilizado frente al 10,3% en el caso de los no usuarios/as. Adicionalmente, el 37% de

los/as usuarios/as habituales manifiesta utilizar más el transporte público gracias a estas medidas, frente al 5,5% de los no usuarios/as.

El 37,3% de los no usuarios/as no han usado ningún tipo de descuento ni el 18,85% de los/as usuarios/as habituales a pesar de conocerlos.

3.5 Frecuencia de uso de los transportes públicos antes y después de las medidas

Entre los clientes/as que usan el transporte público, el porcentaje de personas que hacen uso habitual ha pasado del 16,9% antes de las medidas al 33,80% en la actualidad (+16,9 puntos porcentuales, doblando el porcentaje). Los/as usuarios/as frecuentes crecen del 32,40% al 58,10%. Y los/as esporádicos/as y/o no usuarios/as se reducen drásticamente, pasando del 50,7% a sólo el 8,10% actual.

Entre los/as clientes/as de menos uso la mejora se produce igualmente. Los porcentajes de uso esporádico y/o no uso del transporte público pasan del 81,8% a tan sólo el 45,5% actual.

3.6 Cambio modal que se está consiguiendo

La encuesta incluyó una pregunta para conocer los modos de transporte que las personas usaban antes de existir estas medidas para realizar los trayectos que ahora han pasado a realizar en transporte público.

El coche era el motivo predominante tanto para los/as usuarios/as habituales del transporte público como para los que no lo son. El 39,13% de los/as usuarios/as habituales indicaron que realizaban sus viajes en coche, cifra todavía superior (el 41,67%) para los/as no usuarios/as.

3.7 Continuidad del uso del transporte público si desaparecen las medidas

En el caso de los/as usuarios/as habituales del transporte público, el 36,5% pasaría a usar más el transporte privado si desaparecen los descuentos, el 35,8% viajaría menos en general y solamente el 27,7% seguiría usándolo como hasta ahora.

En el caso de los/as usuarios/as menos frecuentes, el 36,4% pasaría a usar más el transporte privado si desaparecen los descuentos (% muy similar al anterior) el 40,9% viajaría menos (% sensiblemente superior) y solamente el 22,7% no modificaría su uso actual.

3.8 Afinidad de las personas con las medidas implantadas

Se les preguntó a las personas que valorasen de 0 (muy en desacuerdo) a 5 (muy de acuerdo) el impacto de las medidas actuales de descuentos y abonos como instrumento para incentivar el uso del transporte y la movilidad sostenible. Se preguntó por la opinión general de la persona hacia las medidas y, además, por la opinión concreta para el caso particular de los viajes que lleva a cabo la persona.

En términos generales, las personas valoran muy positivamente estas medidas para incentivar el uso del transporte y la movilidad (4,48 sobre 5 para los/as usuarios/as habituales y 4,364 para los no usuarios/as).

En el caso en particular de cada encuestado/a, de igual manera valoran muy positivamente el impacto de estas medidas para incentivar el uso del transporte y la movilidad (4,351 sobre 5 para los/as usuarios/as habituales y 4,091 para los no usuarios/as).

Adicionalmente, presentamos a las personas encuestadas una serie de afirmaciones para conocer el grado de acuerdo o desacuerdo con las mismas (de 0 a 10, siendo 0 "totalmente en desacuerdo" y 10 "totalmente de acuerdo").

3.9 Continuidad de las medidas para incentivar la movilidad sostenible

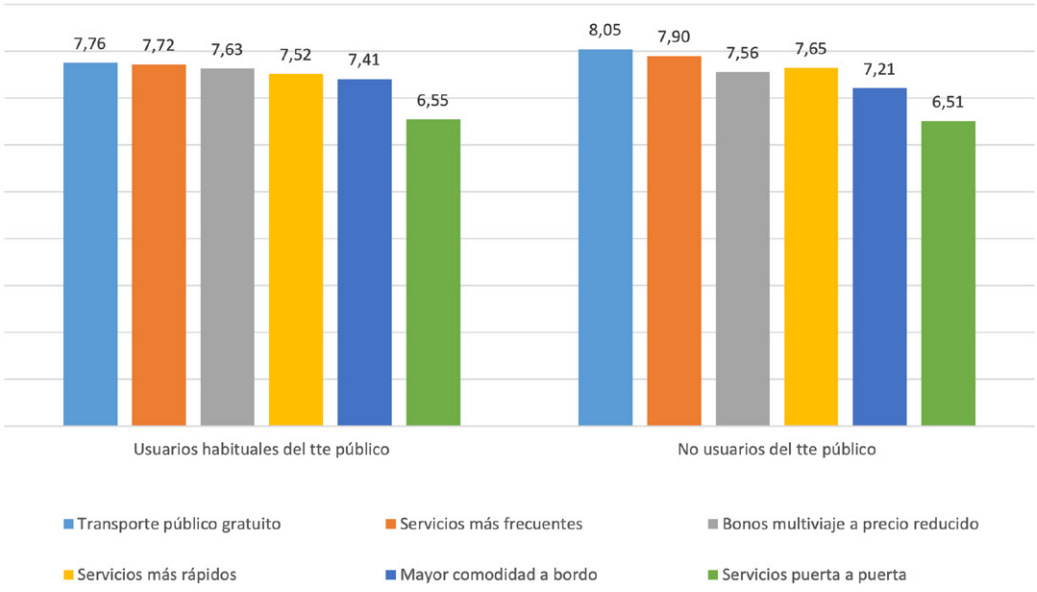
La encuesta incluyó una pregunta para valorar las posibles medidas para seguir incrementando el uso del transporte público.

Los/as usuarios/as habituales se decantan principalmente por el transporte público gratuito (7,76), por servicios más frecuentes (7,72 sobre 10), por los abonos multi viaje a precio reducido (7,63) y por servicios más rápidos (7,52%).

En el caso de los/as no usuarios/as, se decantan igualmente por el transporte público gratuito (8,05) como medida más valorada, por los servicios más frecuentes (7,9), por servicios más rápidos (7,65) y por los abonos multiviaje a precio reducido (7,56).

Los resultados obtenidos se detallan en el siguiente gráfico:

Figura 2: Encuesta medidas para incrementar el uso del transporte público



Fuente: Estudio del impacto de los descuentos y abonos multiviaje en el transporte público en autobús.

4. OTROS ESTUDIOS Y REFERENCIAS DE INTERÉS

Para contextualizar los datos obtenidos de la encuesta, se realizó un análisis de las estadísticas recientes de movilidad (INE) para intentar estimar qué % del crecimiento de viajeros del transporte público se debe a la propia coyuntura económica y qué % a otros factores como los descuentos y bonificaciones. La conclusión de este análisis corrobora que las medidas de incentivación a la demanda están teniendo un impacto positivo en cuanto a aumento del uso del transporte público en autobús. Entre un 6 y un 9% del crecimiento observado se debería a la buena evolución de la economía y el 94-91% a factores como los descuentos y abonos (junto a otras medidas que se están adoptando como las Zonas de Bajas Emisiones-ZBE, más la propia recuperación tendencial tras la pandemia).

En mayo de 2024 ALSA llevó a cabo un estudio de valoración de clientes/as que hacen uso de los títulos multi viaje en concesiones de servicios públicos de transporte en autobús en el ámbito estatal, basado en una encuesta online enviada a 10.000 usuarios/as activos que utilizaron los bonos multiviaje del Ministerio en servicios interurbanos de autobús. Esta encuesta concluyó valoraciones igualmente muy positivas y en línea con los resultados que ahora se han obtenido en el estudio. El 96% de los encuestados considera que los bonos multiviaje son un producto atractivo, siendo el 81% quienes lo consideran muy atractivo. El 86% de los encuestados considera que, gracias a la existencia de los bonos, está viajando más que antes. El 74% de los encuestados destaca con total seguridad que gracias al bono utiliza más el autobús que el vehículo privado. Y el 94% de las personas encuestadas están de acuerdo en que los bonos multiviaje son una medida adecuada para incentivar el transporte público y la movilidad sostenible. En cuanto a las medidas para fomentar el uso del transporte público, los encuestados en este estudio de mayo de 2024 destacan: la existencia de abono multi viaje a precio reducido, servicios más frecuentes y gratuidad en el transporte público.

En septiembre de 2024, GREENPEACE ESPAÑA realizó una encuesta para conocer de primera mano el apoyo que existe en la ciudadanía hacía la implantación de un abono único de transporte como continuación a los descuentos actuales, analizando a su vez la percepción de los mismo. Para ello, realizaron una encuesta on-line a nivel nacional entre el 13 y el 23 de agosto de 2024 a 2.005 individuos.

Según los datos de este estudio, en general ha habido una tendencia generalizada a usar con mayor frecuencia el transporte público, de ahí que el número de usuarios/as habituales haya aumentado significativamente, pasando del 28 % al 57,1 %. Además, hay que señalar que de los nuevos viajeros que antes no utilizaban el transporte público, el 44,75 % provienen del transporte privado y un 28,02% de modos sostenibles como el caminar. Cuando se les preguntó si continuarán utilizando el transporte público en caso de que se retiraran los descuentos, el 36, 5 % indicó que viajaría menos, el 35,7 % optaría por usar más el transporte privado y el 27,8 % no modificaría su uso del transporte público. Este estudio concluyó que la dependencia del coche privado crece debido a la menor oferta de transporte público. El autobús sigue siendo una opción (22 %) y el tren comienza a jugar un rol más relevante (9,6 %). El 92,4 % de los encuestados cree que un abono único contribuiría a proteger el medioambiente. Además, el 87,7

% expresó su interés en utilizar este abono para acceder a medios de transporte más sostenibles, con el fin de reducir su huella de carbono.

5. ¿QUÉ HA INFLUIDO EN EL CRECIMIENTO DEL TRANSPORTE PÚBLICO?

Según el Instituto Nacional de Estadística se ha producido un claro incremento en términos generales del transporte público en autobús. Si consideramos el crecimiento en 2024 respecto al 2019, se observa un crecimiento medio de la movilidad general del 11% (+11% en bus urbano, +13% en bus de cercanías, +28% en bus de media distancia, +21% en bus de larga distancia, según datos INE). Tres pueden ser los factores:

• Economía: Hay una clara correlación entre economía y movilidad según todas las experiencias.

• Inducción: Las personas que ya viajaban en transporte público, ahora viajan más por los descuentos al ser el transporte más barato. Aquí cabe reflexionar, algunos podrían ser viajes innecesarios como por ejemplo coger un bus por una parada para ir al metro porque es gratis. Pero también puede verse como una atención a una necesidad, imaginemos los jóvenes de Cádiz que estudian en Sevilla, así pueden ver más a su familia.

• Captación: Aquellos que provienen del coche, un objetivo fundamental en la línea de la movilidad sostenible, las políticas europeas y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

En relación a la influencia de la economía, las elasticidades de demanda en base al PIB nos permiten estimar que, de media, por cada 1% de variación del PIB, el número de pasajeros transportados por carretera varía 0,67% aproximadamente, según estudios de CONFEBÚS. Otros análisis dan valores de elasticidad más cercanos al 0,5.

Por otra parte, en base a los resultados de la encuesta se puede hacer una aproximación inicial de que, del resto del crecimiento, un 40% procede de viajes inducidos y otro % equivalente de viajes captados.

6. CONCLUSIONES

Los descuentos implementados por el Gobierno han sido bien valorados, especialmente por los/as usuarios/as jóvenes.

• Las estadísticas oficiales muestran un significativo aumento de los/as usuarios/as del transporte público de carretera desde el inicio de las bonificaciones y descuentos. Este aumento se observa que es más pronunciado a medida que pasa el tiempo desde el inicio de la implementación de los bonos y descuentos, es decir, aumenta el número de adeptos/as y usuarios/as de estos descuentos conforme pasan los meses.

• Los descuentos han incentivado el uso del transporte público más allá del impacto económico general (6-9%): por inducción y captación.

• Hay evidencias de captación del coche privado, alineándose con los objetivos de movilidad sostenible.

• Existen riesgos de pérdida de usuarios si las medidas son eliminadas, lo que podría afectar negativamente a los avances logrados en sostenibilidad (un 40% de los viajes

inducidos y de los captados podrían perderse).
• El precio bajo es importante (básico), pero no lo es todo: precio + tiempo de viaje + cobertura + calidad.
• Estos efectos no se pueden aislar de la necesidad de mantener o incrementar la calidad de la oferta que se refleja como clave para el éxito de transporte público.

En definitiva, los descuentos implementados por el Gobierno han sido bien recibidos, especialmente por los/as usuarios/as jóvenes, y han incentivado un mayor uso del transporte público, destacando su impacto positivo en la reducción del tráfico y en el medio ambiente, defendiendo los encuestados la idea de que debe apostarse de alguna manera por la continuidad de los mismos. En el caso de su eliminación, el transporte privado volvería a ganar espacio y las personas se moverían menos en general generando impacto en el dinamismo de la economía. Destacando, por último, que el factor oferta del servicio es uno de los más relevantes para los encuestados en cuanto a uso del transporte público, debiendo plantearse en todo momento con el objetivo de reducir la incidencia del vehículo privado en la movilidad cotidiana.

Este estudio ofrece información relevante para la formulación de políticas públicas de movilidad, subrayando la importancia de los incentivos económicos en la reducción de la dependencia del vehículo privado y la promoción de un sistema de transporte más eficiente y sostenible. Además, la investigación aporta datos y referencias de interés para la concreción de medidas para erradicar la Pobreza del Transporte, en el marco de la elaboración del Plan Social para el Clima (PSpC) que debe abordarse en cumplimiento del Reglamento (UE) 2023/955 del Parlamento Europeo y del Consejo de 10 de mayo de 2023 por el que se establece un Fondo Social para el Clima y se modifica el Reglamento (UE) 2021/1060.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Estudios

Alomon, Solbeck Consulting y Alsa (2024). Estudio del impacto de los descuentos y abonos multiviaje en el transporte público en autobús: Encuesta de valoración de las medidas de incentivo al transporte público a clientes/as de servicios de movilidad.

Alomon y Greenpeace España (2024). Percepción social sobre la implantación de un Abono Único de Transportes.

Alomon y Greenpeace España (2023). *Viabilidad técnica y económica de un abono único de transporte en todo el estado español.*

Alsa (2024). Estudio de valoración de clientes/as que hacen uso de los títulos multiviaje en concesiones estatales.

Federación de Empresas de Transporte Público (2021). Estudio sobre la financiación de los costes de las prestaciones del transporte público.

Greenpeace Alemania (2022). Estudio sobre el ahorro que supone a las familias el Billete Climático.

Idae (2017). Estudio sobre hábitos y actitudes de los no usuarios habituales hacia el transporte público urbano colectivo.

Instituto Económico Alemán (2023). Estudio sobre el impacto económico general del 9-Euro-Ticket.

Artículos de revista

Sastre, J., Álvarez, D., Amat, I. y Piriz, J. (2024). Análisis de la gratuidad del transporte de viajeros por carretera: beneficios e inconvenientes y análisis de casos. *Revista La Ley: Tráfico y Seguridad Vial*. Nº 294. 2024.

Series y estadísticas

Agencia Europea del Medioambiente (2023). Emisiones de dióxido de carbono procedentes del transporte de pasajeros.

Ayuntamiento de Madrid (2023). Aforos de tráfico.

Instituto Nacional de Estadística (2024). Estadística de transporte de viajeros.

Observatorio de la Movilidad Metropolitana (2023). Informes anuales.

Observatorio del Transporte y la Logística en España (OTLE) (2024). Informes anuales.

FINANCIAMENTO DE MODERNIZAÇÃO DE SISTEMAS SOBRE TRILHO COM BASE NA ENGENHARIA TERRITORIAL: ESTUDO DE CASO DA FERROVIA URBANA DE JOÃO PESSOA (PARAÍBA, BRASIL)

Rodolpho Rodrigues Soares
rodolpho.soares@ufpe.br

Maurício de Oliveira Andrade
mauricio.andrade@ufpe.br

Anísio Brasileiro
anisio.brasileiro@ufpe.br
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Joaquim José Guilherme de Aragão
joaquim.jg.aragao@gmail.com
Universidade de Brasília UnB

RESUMO

No Brasil, o transporte de passageiros sobre trilhos enfrenta uma série de desafios, incluindo falta de planejamento, ausência de políticas públicas eficazes, infraestrutura deficitária e baixo volume de investimentos. Esse cenário é agravado pelo esgotamento do espaço fiscal para investimentos em infraestrutura, o que tem colocado sérios limites às Parcerias Público-Privadas, que não têm sido capazes de gerar crescimento econômico e aumentos de renda, além de se concentrar em regiões com alta demanda, gerando desigualdades territoriais. Diante disso, a metodologia da Engenharia Territorial propõe uma nova abordagem, incorporando projetos produtivos que impulsionam o desenvolvimento econômico. A proposta da pesquisa que gerou este artigo consiste no desenvolvimento de estratégias que contribuam para a elaboração de um novo modelo de concessão para o setor ferroviário urbano que promova tanto o crescimento econômico quanto o equilíbrio fiscal dos investimentos públicos. A pesquisa escolheu a cadeia de valor cultural das cidades atendidas pelo trem urbano de João Pessoa, utilizando o conceito de programas territoriais para definir áreas ao redor das estações para instalação de novas empresas do setor cultural. O objetivo foi gerar multiplicadores econômicos e fiscais para subsidiar os aportes públicos no projeto de concessão. O resultado da aplicação dessa abordagem foi um modelo de concessão financeiramente equilibrado e atraente para o setor privado, com um fluxo de caixa sustentável.

1. INTRODUÇÃO

Uma das características essenciais dos projetos de infraestrutura é a presença intensa de riscos e incertezas, em grau bem superior aos projetos comerciais privados. Eles aparecem já na construção e operação, afetando por decorrência as receitas e os custos de financiamento (Poole et al., 2014). Nesse contexto, as restrições fiscais para o investimento público em infraestruturas vêm levando o Poder Público procurar novas estratégias de investimento. A experiência de duas décadas de parcerias público-privadas no mundo já produziu vastas análises dos problemas e das limitações desse arranjo institucional, com vistas até de melhorar e delimitar corretamente sua aplicabilidade e evitar os erros e riscos que ela aporta (Gomide e Pereira, 2018).

Com base em experiências internacionais, formula-se nesse artigo a hipótese de inserir o investimento na infraestrutura em programas mais compreensivos de dinamização econômica da área de influência, de forma que os efeitos multiplicadores dessa dinamização tornem o investimento mais rentável e produza um aumento da arrecadação fiscal. Nesse encaminhamento, a literatura discute Iniciativas de Desenvolvimento Espacial (IDE's), que são empreendimento governamentais concebidos para desbloquear o potencial econômico e estimular o investimento e a criação de empregos em áreas geográficas específicas, frequentemente subdesenvolvidas, mas com potencial de crescimento inerente (Muñoz e Vargas, 2020). São intervenções estratégicas que visam criar um ambiente propício ao investimento do setor privado, coordenando ações e recursos do setor público. Esses programas territoriais, concebidos com base na abordagem da Engenharia Territorial seriam uma ferramenta para o planejamento urbano que juntaria investimentos e políticas públicas com investimentos privados em um território delimitado capaz de gerar atrativos de investimento, geração de emprego, mobilização da economia local e suficiente arrecadação fiscal para financiar os empenhos públicos (Andrade et al., 2022).

A necessidade de formular uma nova Engenharia, a Engenharia Territorial, encontra-se fundamentada nos argumentos supracitados: a premência do crescimento econômico e, como uma condição básica, viabilizar a expansão de infraestruturas, assim como os problemas que os atuais procedimentos de investimento em infraestrutura se apresentam, que dificultam a realização de projetos, sobretudo em fronteiras econômicas e áreas periféricas, necessárias para atender as expectativas de crescimento nelas. Assim, projetos estabelecidos nos planos e empreendimento continuam impedidos de se realizar. No cerne do artefato dessa Engenharia situa-se a cadeia de negócios, que reúne, de forma sistêmica e espacial eficientes, empreendimentos funcionalmente encadeados. A Engenharia Territorial pode ser então definida como o campo interdisciplinar que integra ciência, técnica e gestão para planejar, implantar, implementar e operacionalizar artefatos territoriais, entendidos como o conjunto que vai da infraestrutura à entrega final de serviços públicos de excelência.

Assim, este artigo tem por objetivo apresentar uma metodologia baseada na Engenharia Territorial a ser aplicada ao estudo de caso do projeto de modernização do sistema metroferroviário de João Pessoa, no estado da Paraíba, Brasil. A falta de recursos para a manutenção e modernização dessa ferrovia urbana vem prejudicando a viabilidade operacional desse sistema, que vincula diverso bolsões populacionais na periferia ao

centro da cidade. A aplicação dessa metodologia em pesquisa recentemente realizada na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) confirmou a hipótese de que o projeto de modernização da ferrovia de João Pessoa pode ser financiado pela dinamização das economias locais dos bairros atravessados. Em uma cadeia de negócios diversificada (Unesco, 2009), o setor cultural e de hotelaria é considerado um importante ativo regional, e que políticas de incentivos e de desenvolvimento urbano, cujas cadeias de negócio envolvidas produziriam efeitos multiplicadores suficientes para cobrir os custos da modernização. O artigo apresenta essa introdução (seção 1), a metodologia da Engenharia Territorial (seção 2), o estudo de caso (seção 3), as etapas da metodologia, (seção 4), com as conclusões e bibliografia vindo ao final.

2. METODOLOGIA DA ENGENHARIA TERRITORIAL

A Engenharia Territorial (Aragão e Yamashita, 2010) parte do pressuposto de que para solucionar o problema dos investimentos em infraestrutura no Brasil, é preciso promover crescimento econômico regional ou local, que por sua vez produzirá a base do financiamento através do aumento da capacidade de arrecadação fiscal. Para tanto, esse financiamento público deve se basear em um estudo de fluxo de caixa futuro associado ao investimento e o meio para se promover isso seria um programa de consolidação comercial que associe os investimentos em infraestruturas ao crescimento econômico gerado, por meio da implementação de programas territoriais.

Esses programas territoriais, em termos gerais, seriam um conjunto de iniciativas e estratégias para promover o desenvolvimento econômico de uma determinada área geográfica e para fomentar esse crescimento seria necessário estabelecer um arranjo espacial adequado dos projetos de infraestrutura e de negócios. O programa conteria planos e projetos a respeito da configuração geral do território, acessibilidade e mobilidade desse território, outras infraestruturas, uma série de negócios comerciais ligados à implantação e à exploração das infraestruturas, e uma série de políticas integrativas que catalisem o processo de crescimento. O que se objetiva com tudo isso, segundo os autores, é um resultado sinergético em termos de crescimento da renda que seja suficiente para financiar o investimento (Aragão *et al.*, 2008).

Assim, os projetos atribuídos à iniciativa privada seriam remunerados pelas receitas operacionais da exploração dos negócios com eventual participação de recursos públicos, enquanto o conjunto de projetos e aportes públicos deveriam ser financiados pelo aumento dos recursos fiscais arrecadados advindo do crescimento econômico alcançado. Uma vez que a ideia principal do programa territorial é atrair um conjunto coordenado de investimentos públicos e privados capazes de impulsionar o crescimento econômico e aumentar a receita fiscal em um determinado território, um programa territorial deve ser constituído por um conjunto de projetos:

I)projetos produtivos motores: são aqueles diretamente responsáveis pela agregação do valor econômico, contribuindo para a sustentabilidade fiscal em função dos diversos impactos econômicos que geram não apenas diretamente, mas também ao longo de toda a cadeia produtiva em que se inserem; II)projetos produtivos complementares: são um conjunto de projetos de produção ou serviços relacionados aos primeiros,

pertencentes à respectiva cadeia de fornecimento e distribuição; III)projetos integrativos: estes não pertencem diretamente às cadeias de produção dos projetos de produção motores e complementares, mas visam catalisar a agregação de valor e o processo de crescimento geral, que inclui incentivo ao empreendedorismo, educação, capacitação, saúde, habitação, atividades culturais, esportivas, de lazer, de segurança, de promoção social e de gestão ambiental; e IV)projetos de infraestrutura: compreendem não apenas as infraestruturas de transporte, logística e outras infraestruturas técnicas, mas também a estrutura espacial e ambiental, que constituem uma condição essencial para os efeitos econômicos desejados. O Programa Territorial surge, então, como a solução integradora dos diversos projetos, que são relacionados mutuamente de forma sinérgica, viabilizando finalmente o investimento de projetos de grande vulto não somente na infraestrutura viária, mas também de outras infraestruturas.

3. O PROCESSO DE DESESTATIZAÇÃO DO SISTEMA FERROVIÁRIO BRASILEIRO

O transporte ferroviário no Brasil teve início na segunda metade do século XIX As suas primeiras linhas estavam sob administração de investidores privados e tinham como objetivo principal o escoamento da produção agrícola e mineração para os portos (LIMA NETO et al., 2000). Ao longo da primeira metade do século XX, o setor de transporte ferroviário passou por grandes dificuldades econômicas. Conforme Pinheiro e Ribeiro (2017), na primeira metade do século XX com a competição intermodal para cargas e passageiros e a ferrovia perdendo espaço na matriz de transporte, a situação financeira das ferrovias começou a se deteriorar. A partir da década de 1940, os governos, principalmente da Europa e países emergentes, em resposta a esse cenário de crise reestruturaram o setor, consolidando e estatizando as ferrovias na expectativa de que as injeções de capital recuperassem o setor. Nesse contexto, em 1957 o Governo Federal resolveu criar a Rede Ferroviária Federal S.A – RFFSA, que incorporou diversas estradas de ferro regionais com o objetivo de aperfeiçoar a manutenção e a gestão das ferrovias e consequentemente sua expansão no território brasileiro.

Conforme os autores, essas reformas duraram algum tempo, mas a situação financeira das empresas ferroviárias voltou a se deteriorar. A má situação financeira das empresas

comprometia o nível de investimento e manutenção. O resultado disso foi "um setor ferroviário em decadência, provendo serviços de baixa qualidade e que geravam elevados déficits, os quais precisavam ser cobertos pelo governo, dessa forma comprometendo as contas públicas" (PINHEIRO E RIBEIRO, 2017, p, 180). Esse quadro acabou levando os governos a adotarem medidas de reforma no setor a fim de reduzir os prejuízos e os subsídios que as ferrovias recebiam.

Os objetivos da política para o setor ferroviário e os arranjos institucionais para alcançar esses objetivos variaram bastante no decorrer dos anos (PINHEIRO E AZEVEDO, 2017). De acordo com esses autores, esse processo passou por três ciclos. O primeiro foi marcado pela instalação e expansão das malhas no decorrer da segunda metade do século XIX. Destacam-se nesse momento as políticas de captação de recursos estrangeiros. A regulação das concessionárias previa uma taxa de retorno predeterminada com risco de demanda assumido pelo Estado. Mas no decorrer do tempo, as tarifas foram

deterioradas pela inflação e os subsídios públicos cresceram. A estatização que se deu no setor no início do século XX até meados dos anos de 1980 caracterizou o segundo ciclo. Esse período foi marcado pela alocação de recursos públicos para financiamento dos investimentos e custeio das estatais do setor e com isso a consolidação de várias empresas ferroviárias.

A partir dos anos de 1980, o setor ferroviário passou por importantes reformas regulatórias tendo a concorrência como elemento fundamental. Essas mudanças regulatórias que ocorreram a partir desse período impulsionaram o setor, mas não foram suficientes para recuperar a saúde financeira do sistema ferroviário. Assim, o terceiro ciclo é marcado pelas concessões realizadas na década de 1990, quando a RFFSA foi dividida em seis malhas, mais a FEPASA – Ferrovia Paulista S.A. Nesse momento um novo marco regulatório para o setor foi instituído (PINHEIRO E AZEVEDO, 2017). Em 1990, foi instituído o Programa Nacional de Desestatização – PND. De acordo com Sousa e Prates (1997), a inclusão em 1992 da RFFSA no Programa Nacional de Desestatização com o objetivo de viabilizar a transferência de um serviço público para a iniciativa privada, representou um marco histórico, pois se tratou da inclusão do primeiro setor de serviço público no programa, na tentativa de superar um importante gargalo para o crescimento econômico na área de infraestrutura.

3.1 A Companhia Brasileira de Trens Urbanos

Em 1984, os serviços de transporte ferroviário urbano foram desmembrados da RFFSA e repassados para uma empresa recém-criada, subsidiária e de economia mista, a CBTU – Companhia Brasileira de Trens Urbanos. Com isso foram separados os sistemas de carga e de passageiros com a finalidade de diferenciar o tratamento dado aos dois sistemas, tendo em vista a natureza distinta de ambos. O sistema de cargas atenderia prioritariamente ao mercado, enquanto o sistema de transporte de passageiros desempenharia um papel social de promoção do transporte (LINS, 2004). A empresa foi criada a partir da Empresa de Engenharia Ferroviária – ENGEFER e da Diretoria de Transportes Metropolitanos, ambas vinculadas à RFFSA. O objetivo de sua criação era operar, modernizar, expandir e implantar sistemas de transporte urbano e suburbano de passageiros sobre trilhos no país. A CBTU incorporou gradativamente, entre os anos de 1984 e 1988, parte dos sistemas existentes em São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Recife, Salvador, Fortaleza, João Pessoa, Natal e Maceió (ANDRADE, 2006). Em 1993, a CBTU deixou de ser subsidiária da RFFSA e passou a estar vinculada ao Ministério dos Transportes. Em 2003, foi vinculada ao Ministério das Cidades e em 2016 ao Ministério de Desenvolvimento Regional. Em 2018, foi convertida em Empresa Pública, sendo 100% de suas ações pertencentes à União.

3.1.1 O processo de descentralização da CBTU

Devido à degradação das malhas da CBTU e à promulgação da Constituição Federal de 1988, que determinou que o transporte urbano seja de responsabilidade dos governos locais, o Governo Federal, através da Lei 8.693/93, que dispõe sobre a descentralização dos serviços de transporte ferroviário coletivo de passageiros, urbano e suburbano, da União para os Estados e Municípios, incluiu a CBTU no programa de descentralização. A descentralização teve início com a cisão da CBTU. Com isso deveriam ser criadas

empresas por localidade, autorizada a transferência das ações para os respectivos Estados e Municípios. Mas para que a transferência se efetivasse seria necessária a aceitação dos sistemas pelos Governos locais. A proposta infelizmente não se mostrou muito atraente para os Estados, pois "além de se tratar de sistemas reconhecidamente deficitários, cujos subsídios sempre foram assumidos pela União, na maioria dos casos não tinham significativo impacto no total de deslocamentos urbanos" (LINS, 2004, p. 86).

Segundo Lins (2004), para facilitar essas transferências o Governo Federal agregou a esse processo um projeto de reabilitação física e de restruturação financeira. Para viabilizar esse projeto, buscou-se uma aproximação com o Banco Mundial, com o objetivo de obter apoio técnico e financeiro. O modelo adotado considerava a inversão de recursos, a fundo perdido da União no intuito de viabilizar a recuperação dos sistemas. A partir de 1994, os governos estaduais em São Paulo, no Rio de Janeiro, na Bahia e no Ceará assumiram o controle das respectivas unidades da CBTU nessas Unidades da Federação. Em 2002, a Superintendência da CBTU em Fortaleza foi transferida para o Governo do Estado do Ceará e em 2005, a Prefeitura Municipal de Salvador criou a empresa estatal Companhia de Transporte de Salvador e assumiu as linhas da Superintendência da CBTU na cidade. Permanecem ainda, sob a administração da CBTU os sistemas de Belo Horizonte, Recife, João Pessoa, Natal e Maceió.

Conforme dito anteriormente, o Governo de São Paulo foi o primeiro a aceitar a proposta de descentralização em 1994, quando fusionou a sua malha ferroviária da FEPASA com a subdivisão paulista da CBTU e a CPTM – Companhia Paulista de Transporte Metropolitano, tomou o efetivo controle do sistema pertencente a CBTU. Já o Governo do Estado do Rio de Janeiro assumiu a subdivisão da CBTU em 1995 através da Flumitrens, tendo em 1998 concessionado o sistema de trens urbanos e o sistema de metrô ao setor privado. Em Salvador, a subdivisão da CBTU foi transferida para a Prefeitura Municipal e em 2013, o sistema foi repassado para o Governo do Estado da Bahia, que juntamente com as obras do metrô, passou a ser administrado pela empresa estatal CTB – Companhia de Transportes do Estado da Bahia. No ano de 2002, o transporte urbano de Fortaleza passou a ser de responsabilidade do Governo Estadual quando houve o repasse da malha ferroviária da CBTU na cidade. Após o repasse a empresa passou a se chamar Companhia Cearense de Transportes Metropolitanos – METROFOR.

Em 08 de maio de 2019, através da Resolução nº 60, o Conselho do PPI opinou pela qualificação da CBTU no âmbito do Programa de Parcerias e Investimentos da Presidência da República com vistas à desestatização mediante inclusão no Programa Nacional de Desestatização, o que foi referendado pela Presidência da República através do Decreto nº 9.999/2019. Em julho de 2020, a Resolução 132 do Conselho do PPI, recomendou a qualificação no Programa do projeto da Linha 2 do Metrô da Região Metropolitana de Belo Horizonte, com o objetivo da realização de estudos, sob a responsabilidade do BNDES, de viabilidade e alternativas de parcerias com a iniciativa privada. Em dezembro de 2020, foi publicada a Resolução CPPI nº160 aprovando operações de reestruturação societária da CBTU e prevendo a cisão parcial da empresa na operação da Superintendência de Belo Horizonte, com criação de nova sociedade por ações a ser desestatizada. Essa reestruturação societária já foi concluída, e a transferência da CBTU Belo Horizonte para a iniciativa privada ocorreu no final de 2022. O repasse das demais superintendências está sendo estudado pelo BNDES.

4. O CASO DA FERROVIA URBANA DE JOÃO PESSOA (PARAÍBA, BRASIL)

A aplicação da metodologia da Engenharia Territorial foi aplicada à ferrovia da Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU) na cidade João Pessoa, (capital da Paraíba, Brasil) que tem sua malha de 30km interligando 13 estações que atravessam além da capital, os municípios de Cabedelo, Bayeux e Santa Rita, que fazem parte da Região Metropolitana de João Pessoa, que possui uma população de 1,3 milhões de pessoas, segundo dados do censo de 2022 (Soares, 2025). Em 2019 foram transportados em média 8,1 mil passageiros por dia, num total de 2,1 milhões no ano (CBTU, 2022). A análise dos dados financeiros da unidade, no período de 2018 a 2022, revelou prejuízos em todos esses anos, caracterizando uma operação deficitária, com um déficit médio anual de R$ 33,3 milhões, confirmando a fragilidade econômica dos serviços prestados.

Para cobrir esses déficits a operação da Superintendência local da CBTU, responsável pelo trem urbano de João Pessoa depende de recursos federais, pois a sua principal receita é proveniente da tarifa que até o ano de 2023 era de R$ 2,50, o que pode justificar uma receita anual tão baixa. Para efeito de comparação, as tarifas de ônibus das cidades do entorno da linha férrea são, R$ 4,70 (João Pessoa), R$ 4,90 (Santa Rita), R$ 4,70 (Bayeux) e R$ 4,90 (Cabedelo). (CMMU, 2023). Outro dado importante na análise da receita operacional, de acordo com o levantamento anual dos dados operacionais da empresa é a evasão de receitas provocadas por usuários não pagantes sem direito às gratuidades estabelecidas por lei. A partir das informações fornecidas por esse levantamento foi possível calcular esse percentual de evasão de receitas que, no ano de 2022, foi de 53,12%. Além desses dois dados, um *headway* muito elevado, prejudicam a geração de um fluxo maior de passageiros e a formação do movimento pendular – movimento periódico de ida e volta dos mesmos passageiros, fazendo com que a concorrência com os demais meios de transportes públicos fique muito mais desproporcional para a empresa. Ademais, a empresa não faz parte do sistema metropolitano de integração física e temporal com os demais sistemas de transporte público urbano da Região Metropolitana de João Pessoa.

5. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA E RESULTADOS OBTIDOS

A metodologia da Engenharia Territorial aplicada ao trem urbano de João Pessoa obedeceu às seguintes etapas: a) Revisão bibliográfica sobre o papel do Estado nas infraestruturas e nas concessões públicas no Brasil, o processo de descentralização e desestatização dos sistemas ferroviários, a engenharia territorial e a cadeia de valor cultural; b) Levantamento de dados e indicadores, balanços financeiros e operacionais do empreendimento a ser concedido e análise desses números para elaboração do seu quadro atual de saúde fiscal e financeira; c) Utilização do modelo conceitual de programas territoriais de desenvolvimento econômico, proposto por Aragão e Yamashita (2010) e fundamentado na Engenharia Territorial, aplicado ao caso das ferrovias deficitárias; d) Desenvolvimento, aplicação e validação de um modelo de concessão, baseado na Engenharia Territorial, para o empreendimento ferroviário a ser concedido.

Após o processo de concepção de um modelo de concessão, por meio de um projeto de consolidação econômica e fiscal, a metodologia de aplicação do modelo para o

caso da CBTU-João Pessoa seguiu os seguintes passos: I)Levantamento dos dados do projeto de infraestrutura que a empresa possui para a reestruturação e modernização da ferrovia com a especificação das obras civis e dos investimentos a serem realizados para possibilitar o cálculo dos custos de construção, manutenção e operação do sistema; II)Levantamento das receitas tarifárias e extraordinárias do projeto de infraestrutura ao longo do contrato de concessão a partir de uma projeção da demanda de passageiros e de uma tarifa base, como também das despesas operacionais; III) Levantamento dos indicadores econômicos da região de entorno da ferrovia, a partir da Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE), das empresas que fazem parte da cadeia de valor cultural – quantidade de empresas e sua classificação por porte, quantidade de empregos gerados, média salarial, massa salarial e quantidade empregos por faixa salarial; IV)Levantamento das áreas do entorno da ferrovia para instalações de novas empresas da cadeia de valor cultural e quantificá-las; V)Cálculo da projeção de crescimento da cadeia de valor cultural, a partir do faturamento e da geração de emprego e renda das novas empresas desse setor que serão instaladas, e a partir disso calcular a arrecadação fiscal; VI)Cálculo dos efeitos multiplicadores (diretos, indiretos e induzidos) –Arrecadação fiscal com base nos resultados obtidos nos levantamentos feitos sobre as empresas da cadeia de valor cultural da região de entorno da ferrovia, bem como do projeto de reestruturação e modernização do sistema ferroviário da CBTU João Pessoa e sobre a operação da ferrovia; VII) Cálculo dos fluxos de caixa do projeto com base nos levantamentos feitos para se obter o equilíbrio econômico-fiscal do projeto.

6. CONCLUSÃO

Com os dados levantados, a aplicando a metodologia da Engenharia Territorial que resultou em uma Dissertação de Mestrado (Soares, 2025), foi elaborado um quadro fiscal e financeiro da empresa, o qual permitiu calcular o cenário tendencial, dentro dos moldes da concessão tradicional, e o cenário alternativo, no qual foram implantadas as medidas sugeridas para desenvolver a infraestrutura e a economia local. A partir desses cenários, foram realizadas análises econômicas e fiscais, de forma interativa, até que se alcançasse o equilíbrio econômico-fiscal do projeto.

Portanto, a aplicação dos conceitos da Engenharia territorial no modelo de projeto proposto, no caso o trem urbano deficitário de João Pessoa, não só viabilizou a concessão, por meio das contraprestações públicas advindas dos efeitos multiplicadores fiscais, como também desenvolveu e dinamizou a economia local onde a ferrovia está instalada, gerando emprego e renda. Entretanto, esse foi um modelo desenvolvido especificamente para o empreendimento em questão, e para cada tipo de infraestrutura é necessário elaborar e desenvolver um programa territorial que leve em consideração os potenciais econômicos locais.

REFERÊNCIAS

Aragão, J. J. G. *et al.* (2008) Fundamentos para uma Engenharia Territorial. *Texto Para Discussão* n. 2. Brasília: CEFTRU, Universidade de Brasília.

Aragão, J. J. G.; Yamashita, Y. (2010) Engenharia Territorial: Problemas e Territórios Programáticos. *Texto de Discussão*. Brasília: CEFTRU/UnB.

Andrade, M. O. (2006) *Acessibilidade e Valor da Terra – O Caso do Metrô do Recife*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação de Engenharia Civil/UFPE, Recife.

Andrade, M. O.; Aragão, J. J. G. ; Brasileiro, A. ; Yamashita, Y.; Soares, R.R. (2022) *Potencial dos Corredores Econômicos para Viabilização de Investimento em Infraestrutura Viária: Estudo dos Eixos Nacionais de Integração e Desenvolvimento (ENID) e da Iniciativa de Integração da Infraestrutura Regional Sul-Americana (IIRSA)*. Revista Brasileira De Gestão E Desenvolvimento Regional, v. 18, p. 398-412.

Gomide, A.A; Pereira, A.K. (2018) Capacidades estatais para políticas de infraestrutura no Brasil contemporâneo. *Revista da Administração Pública – RAP*. Rio de Janeiro: FVV, https://bibliotecadigital. fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/76976/73759

Lima Neto, O.; A. Brasileiro, J. Aragão, Orrico Filho, R, Santos, E. (2000) *Transporte no Brasil: História e Reflexões*. Ed. Universitária da UFPE, Recife.

Lins, I. S. M. (2004) *Descentralização dos Trens Metropolitanos Brasileiros: Uma Abordagem Institucional do Caso de Recife*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação de Engenharia Civil/UFPE, Recife.

Muñoz, L.; Vargas, S. C. (Ed.). (2020) Economic Corridors in Asia: Paradigm of Integration? Departamento de Publicaciones Universidad Externado de Colombia. https://publicaciones.uexternado.edu.co/gpd-economic-corridors-in-asia-paradigm-of-integration-9789587903812.html

Pinheiro, A. C. e L. Azevedo (2017) As Concessões de Ferrovias no Brasil. In: Dutra, J. C.; P. R P. Sampaio (eds.) *20 anos de concessões em infraestruturas no Brasil*. FGV, Rio de Janeiro.

Pinheiro, A. C. e L. C. Ribeiro (2017) *Regulação das Ferrovias*. Ed. FGV, IBRE, Rio de Janeiro.

Poole, E.; Toohey, C.; Harris, P. (2014) Public Infrastructure: A Framework for Decision-making. *In*: Heath, Alexandra; Read, Matthew (*eds*.) *Financial Flows and Infrastructure Financing*. Proceedings of a Conference. Held in Sydney on 20–21 March 2014. Reserve Bank of Australia. https://www.rba.gov.au/ publications/confs/2014/pdf/conf-vol-2014.pdf

Soares, R.R. (2025) *Estratégias para um novo modelo de concessão de ferrovias urbanas deficitárias: um estudo aplicado à CBTU João Pessoa* (Paraíba, Brasil), Dissertação de MESTRADO, Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife.

Sousa, R. A. e H. F. Prates (1997) O Processo de Desestatização da RFFSA: Principais Aspectos e Primeiros Resultados. *Revista do BNDS*, v. 4, n. 8, p. 119-141.

Unesco (2009) *Marco de Estadísticas Culturales de la UNESCO 2009*. Montreal: Instituto de Estadística de la UNESCO.

FINANCIANDO RODOVIAS DE CONTORNO METROPOLITANAS COM BASE NA ENGENHARIA TERRITORIAL: ESTUDO DO CASO DO ARCO METROPOLITANO DO RECIFE

Mauricio Oliveira de Andrade
mauricio.andrade@ufpe.br
Universidade Federal de Pernambuco

Joaquim José Guilherme de Aragão
joaquim.jg.aragao@gmail.com
Universidade de Brasília

RESUMO

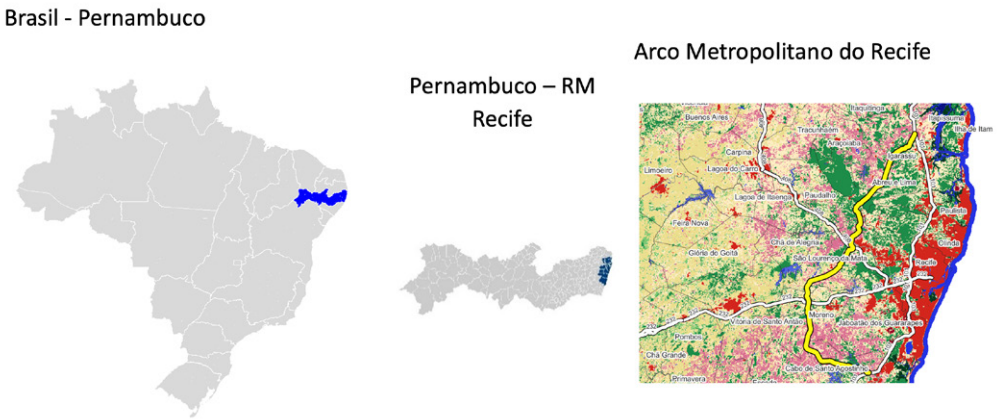
A viabilização de grandes infraestruturas de transporte em regiões metropolitanas latino-americanas enfrenta severas restrições fiscais e a insuficiência dos modelos tradicionais de financiamento baseados exclusivamente em tarifas. Este artigo investiga a viabilidade econômica do Arco Metropolitano do Recife sob a ótica da Engenharia Territorial, propondo a transformação da rodovia em um corredor econômico estruturante. A metodologia combinou a análise da matriz insumo-produto regional para identificar setores-âncora e efeitos multiplicadores com a modelagem financeira de quatro cenários de implantação: obra pública pura, obra pública com pedágio, Parceria Público-Privada (PPP) e concessão com exploração de receitas acessórias. Os resultados demonstraram que os modelos tradicionais (Cenários 1 e 2) apresentam Valor Presente Líquido (VPL) negativo e taxas de retorno inferiores à Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 15%. A viabilidade financeira do empreendimento só é alcançada nos cenários que incorporam receitas não tarifárias, estimadas entre R$ 360 e R$ 400 milhões anuais, provenientes da captura de valor imobiliário e logístico no entorno da via. Conclui-se que a sustentabilidade do Arco Metropolitano depende de sua concepção como um Empreendimento Territorial, integrando infraestrutura viária, ordenamento do uso do solo e projetos produtivos para mitigar riscos fiscais e atrair o investimento privado.

1. INTRODUÇÃO

As travessias de grandes conglomerações urbanas têm se tornado um desafio crescente para a mobilidade, a segurança viária e a sustentabilidade ambiental nas regiões metropolitanas latino-americanas. O aumento da acidentalidade, os elevados custos logísticos e os impactos ambientais associados ao tráfego intenso em áreas densamente povoadas evidenciam a urgência de soluções estruturantes. A construção de rodovias periféricas surge como alternativa técnica para mitigar esses efeitos, mas enfrenta entraves significativos, sobretudo de natureza fiscal, institucional e ambiental, que comprometem a viabilidade dos modelos tradicionais de financiamento, como concessões e parcerias público-privadas baseadas em tarifas cobradas aos usuários.

Nesse cenário, a abordagem da Engenharia Territorial propõe uma nova lógica de intervenção: a concepção de corredores econômicos que integram infraestrutura viária a projetos produtivos e urbanos, gerando fluxos econômicos capazes de sustentar o investimento público. O Arco Metropolitano do Recife, projeto rodoviário estratégico para a Região Metropolitana do Recife (RMR) com 80 km de extensão e orçamento em US$ 500 milhões (Figura 1), representa um caso emblemático dessa problemática. Apesar de sua relevância para a mobilidade regional e para a eficiência logística de equipamentos como o Porto de Suape e o polo automotivo de Goiana-PE, o projeto permanece inviabilizado por impasses políticos e pela ausência de um modelo econômico e fiscalmente sustentável.

Figura 1 – Mapas de localização e situação



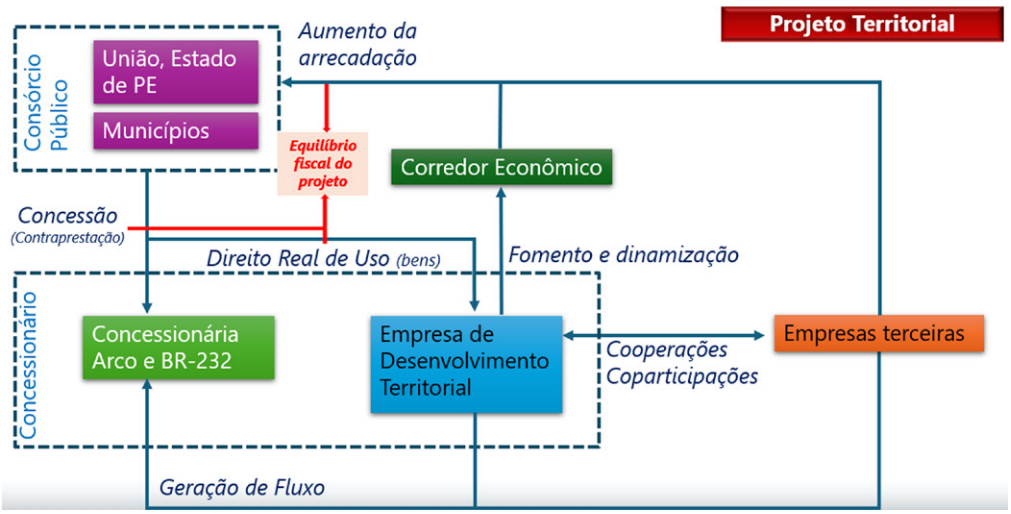
Este artigo tem como objetivo apontar cenários para o desenvolvimento territorial necessário para viabilizar o Arco Metropolitano do Recife como corredor econômico. A proposta articula investimentos em infraestrutura, produção e urbanização, com vistas à geração de renda e à arrecadação fiscal que sustentem o projeto. Ao ativar o potencial econômico da periferia metropolitana e promover a competitividade regional, busca-se demonstrar que essa estratégia é a única capaz de viabilizar financeiramente a construção da via expressa, ao mesmo tempo, induzindo o crescimento ordenado das áreas de influência.

O cenário brasileiro nas últimas décadas é marcado por um ciclo vicioso de baixo investimento, deterioração de ativos e concentração de capital privado apenas em

áreas de alta densidade econômica, o que perpetua as desigualdades territoriais e a perda de competitividade. As formas convencionais de concessão e parcerias, baseadas na fragmentação da rede e na remuneração exclusiva pelo tráfego, mostram-se insuficientes para promover o desenvolvimento em regiões com grande potencial, mas menor fluxo imediato (Aragão et al., 2019).

Nesse contexto, a Engenharia Territorial apresenta pressupostos que representam uma evolução das intervenções e investimentos pela via convencional, que transcende o projeto isolado para abraçar uma visão sistêmica e integrada do desenvolvimento. A Engenharia Territorial propõe a estruturação de "Empreendimentos Territoriais" (ET) (Figura 2), que articulam, em um único modelo de negócio, investimentos em infraestrutura com projetos produtivos geradores de renda e atividades de suporte. Essa abordagem busca criar sinergias e garantir a sustentabilidade fiscal dos projetos, viabilizando investimentos em áreas antes consideradas "inviáveis".

Figura 2 – Esquema da Engenharia Territorial



Portanto, a estratégia a ser aplicada ao projeto do Arco Metropolitano do Recife se fundamenta na estruturação de um Empreendimento Territorial. O trabalho consistirá em identificar os potenciais de um território delimitado, selecionar "negócios-âncora" e desenhar a cadeia de negócios encadeados — produtivos, logísticos e de suporte — que, em conjunto com a infraestrutura necessária, formem um arranjo financeiramente robusto e promotor do desenvolvimento regional. Trata-se de uma abordagem que substitui a fragmentação de obras isoladas por uma lógica de integração (rebundling), mitigando riscos e criando um paradigma para o planejamento e a viabilização de infraestruturas no país.

A estratégia adotada é associar a Engenharia Territorial ao conceito de corredor econômico como estratégia de desenvolvimento regional e de financiamento de infraestruturas de transporte. Partindo das limitações dos canais tradicionais públicos e privados, advoga-se que projetos de infraestrutura, de produção de bens e serviços e de serviços públicos sejam agrupados em corredores econômicos, visando à produção de efeitos multiplicadores econômicos fiscais em volume suficiente para cobrir as despesas públicas (ANDRADE et al., 2024).

2. METODOLOGIA

Na etapa de identificação dos negócios-âncora que servirão de base às propostas de desenvolvimento, adotou-se a análise de insumo-produto, também conhecida como modelo de Leontief. Essa abordagem amplia os fundamentos do modelo de base econômica ao desagregar a produção em um conjunto de setores interdependentes, revelando como a economia funciona como uma rede complexa onde cada setor necessita de insumos, paga impostos e gera valor adicionado (Guilhoto, 2011). Dada a complexidade para a construção de uma matriz regional específica, optou-se pela utilização da Matriz de Impactos Intersetoriais Nacional do IBGE (2015), adaptada para observar as inter-relações entre os setores econômicos mais relevantes na Região Metropolitana do Recife (RMR). Essa "fotografia econômica" permite identificar os efeitos dos investimentos em curso e definir os setores estratégicos capazes de sustentar o projeto territorial.

Da matriz de insumo-produto, que evidencia os efeitos intersetoriais, são extraídos os impactos a montante (sobre os fornecedores) e a jusante (sobre os compradores), relativos a investimentos em setores âncoras da economia local. Já da matriz inversa de insumo-produto — conhecida como Matriz de Leontief — derivam-se os efeitos multiplicadores dos investimentos analisados, a partir dos quais é possível estimar tanto o impacto no PIB quanto a geração de receita fiscal. Os multiplicadores econômicos surgem justamente dessa matriz: cada coluna da inversa indica quanto de produção total é gerado em todos os setores quando ocorre um acréscimo unitário na demanda final de um setor específico.

Uma vez obtidos os multiplicadores de produção, relaciona-se o nível de produção adicional em cada setor com a intensidade de emprego (número de postos de trabalho por unidade monetária de produção).

A contribuição do Valor Adicionado Bruto (VAB) ao Produto Interno Bruto (PIB) corresponde à diferença entre produção e consumo intermediário. Com a matriz de Leontief, calcula-se o aumento da produção setorial e, ao multiplicá-lo pela participação do VAB em cada setor, obtém-se sua contribuição ao PIB, considerando também os efeitos multiplicadores intersetoriais.

A geração de receita fiscal pode ser estimada aplicando a carga tributária média sobre o acréscimo do PIB ou do VAB. Esse cálculo indica o montante adicional de arrecadação e pode ser detalhado entre União, Estados e Municípios, conforme a estrutura tributária vigente.

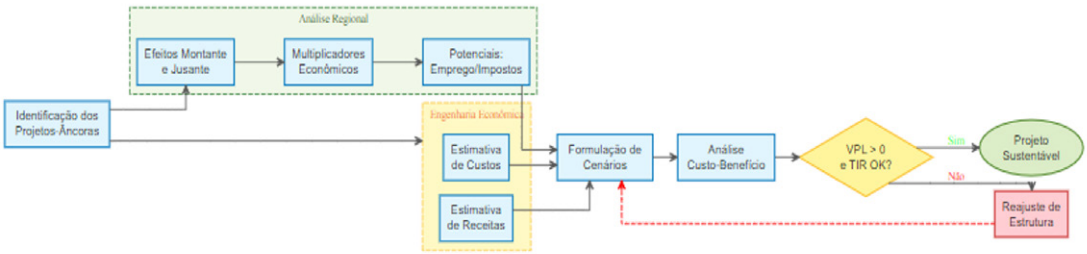
Para validar a viabilidade econômica dos cenários alternativos de contratação e execução, aplicou-se a Análise de Custo-Benefício (ACB). Em situações de escassez de recursos públicos e incertezas associadas à demanda e aos custos, a ACB torna-se fundamental para estimar, sob uma perspectiva ex-ante, a contribuição líquida do projeto para o bem-estar da sociedade. A metodologia baseia-se na projeção dos efeitos incrementais ao longo do ciclo de vida do projeto, incorporando tanto a orçamentação de obras (Capex) quanto as despesas operacionais, ambientais e de conservação (Opex). Ao converter custos e benefícios em valor monetário e ajustá-los

para considerar distorções de mercado, calculam-se indicadores como o Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e tempo de pay-back. Esses indicadores permitem a comparabilidade entre diferentes alternativas de investimento — obra pública, concessão ou PPP — e apoiam a tomada de decisão transparente (Brasil, 2020; The World Bank, 2010).

A estratégia metodológica foi executada de forma sequencial e integrada, iniciando-se com a prospecção dos potenciais do território do corredor e a identificação da aptidão dos diversos segmentos para projetos produtivos e de agregação de valor. A partir dessa base, procedeu-se às análises das Matrizes de Impactos Intersetoriais de insumo-produto para estimar o potencial de integração das cadeias produtivas, o que fundamentou a seleção dos projetos-âncoras e a construção das cadeias de negócio subsequentes ao longo do território. Na sequência, realizou-se o detalhamento dos projetos de infraestrutura e serviços públicos necessários para viabilizar tais investimentos, alimentando um modelo de simulação de impactos econômicos sob forma de renda, fluxos e arrecadação fiscal. O objetivo final dessa modelagem foi verificar a suficiência desses recursos para cobrir os custos do investimento público, culminando na aplicação das Análises de Custo-Benefício para avaliar a rentabilidade socioeconômica do projeto.

A Figura 3 apresenta os passos da agenda metodológica desenvolvida para construir os cenários alternativos para a governança do projeto do Arco Metropolitano do Recife. O fluxograma demonstra o encadeamento lógico descrito, partindo da prospecção territorial, passando pela análise intersetorial e seleção de âncoras, avançando para o detalhamento da infraestrutura e modelagem econômica, e encerrando-se na validação através da Análise de Custo-Benefício.

Figura 3 – Fluxograma metodológico



O estudo sobre o Arco Metropolitano parte da análise comparativa de indicadores macroeconômicos de Brasil, de Pernambuco e da Região Metropolitana do Recife (RMR), que revelam desempenho inferior da região em população, PIB e empregos formais. Diante disso, adota-se uma projeção conservadora de crescimento anual de 2,5% para PIB e receita fiscal, e de 1% para empregos. A estimativa de tráfego inicial considera um desvio de 30% do fluxo da BR-101, resultando em 8.700 veículos/dia no trecho Norte e 17.400 no Sul, com predominância de veículos leves (66%). A taxa de crescimento do tráfego foi vinculada ao desempenho econômico nacional, projetando-se 2,5% ao ano, em linha com a correlação histórica entre economia e demanda por transporte.

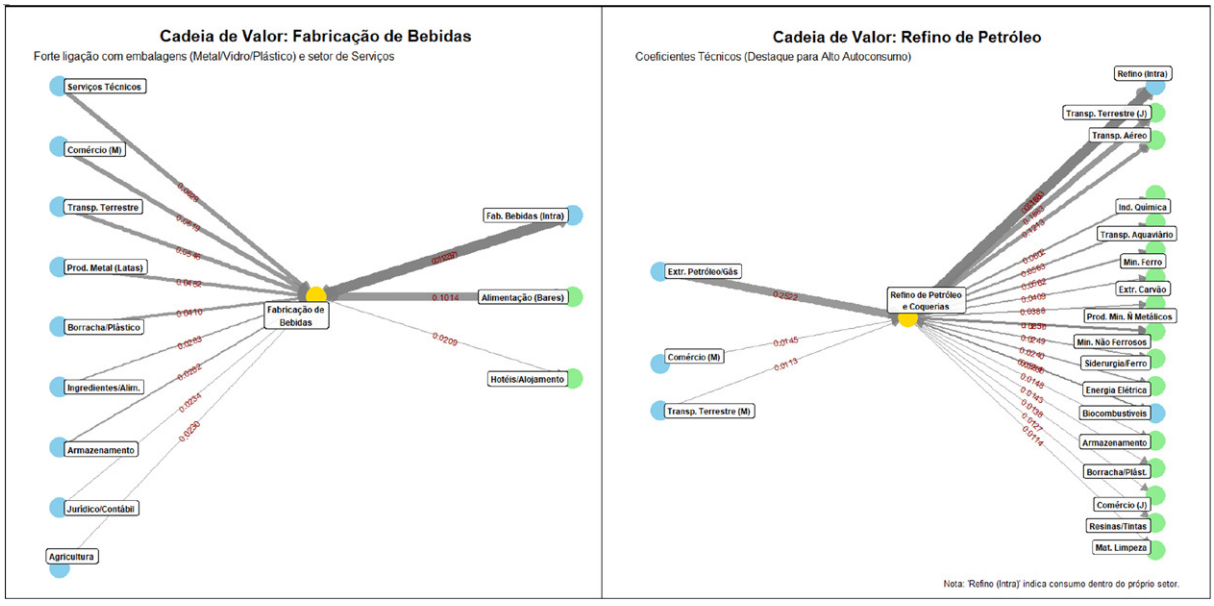
Além disso, os investimentos em grandes empreendimentos, como a ampliação da Refinaria Abreu e Lima, devem impulsionar o PIB estadual em R$ 41 bilhões até 2030, gerando cerca de R$ 13,5 bilhões em arrecadação adicional, dos quais R$ 4 bilhões para Pernambuco. Esses projetos também estimulam a criação de empregos e renda em diversos setores, conforme multiplicadores da Fundação Getúlio Vargas. Para avaliar a viabilidade do Arco, aplica-se a Análise de Custo-Benefício, considerando indicadores como Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Payback descontado e Razão Benefício/Custo. A Taxa Selic de 15% ao ano foi adotada como Taxa Mínima de Atratividade, servindo de parâmetro para verificar se o investimento supera o retorno livre de risco oferecido pelos títulos públicos federais.

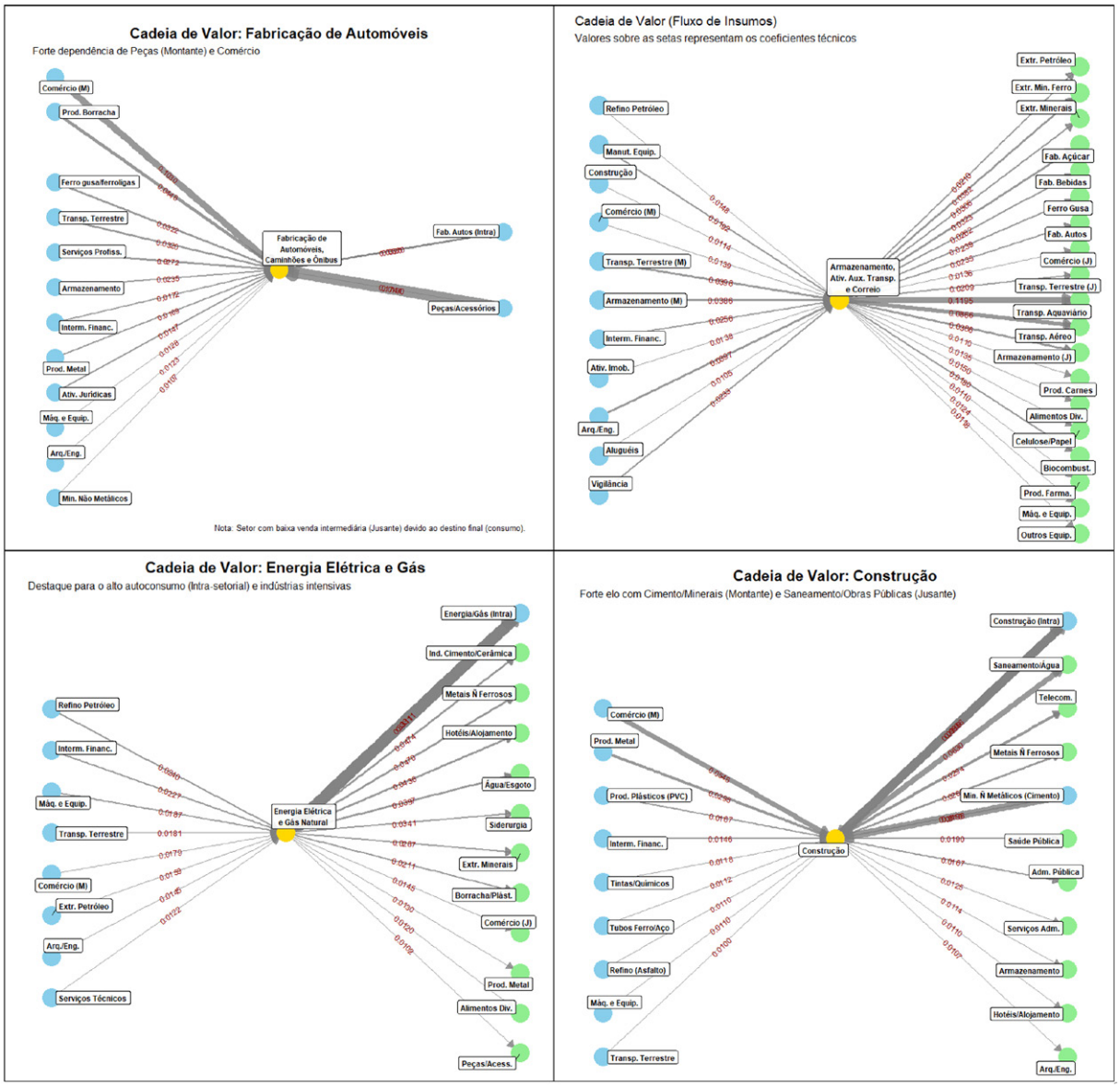
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os negócios ancoras foram selecionados a partir dos grandes investimentos industriais e logísticos já em implantação na Região Metropolitana do Recife, que produzirão nos próximos cinco anos reforços significativos na arrecadação fiscal, além de estimularem suas cadeias de fornecedores (montante) e produzirem insumos que dinamizarão cadeias novas e existentes de consumidores industriais dos insumos gerados (jusante).

Os diagramas da Figura 4 foram concebidos a partir da Matriz de Insumo-Produto (IBGE, 2015), extraindo-se dos setores com impactos intersetoriais mais representativos, com as linhas da matriz representando os setores fornecedores de insumos e as colunas, representando os setores que adquirirão os insumos industriais gerados. O conjunto de gráficos demonstra essas interrelações e suas intensidades. Pode-se, a partir daí, identificar os setores econômicos que poderão, se estimulados em um projeto territorial, ajudar a gerar arrecadação fiscal adicional e fluxos de tráfego gerados e induzidos que virão a aumentar as receitas tarifárias de futuras concessões ou parcerias público-privadas.

Figura 4 – Cadeias de valor e seus impactos a montante e a jusante





A anatomia estrutural revelada pela hierarquia agregada demonstra uma produção marcadamente "serviço-intensiva", onde os fluxos transversais de apoio pesam mais que as especificidades industriais. A análise a montante evidencia uma clara "terciarização" dos custos, colocando Comércio, Transporte e Armazenamento no topo da lista de insumos, o que indica que a eficiência logística e comercial é tão crítica para a competitividade quanto a transformação física em si; somam-se a isso os custos "invisíveis" de intermediação financeira e burocracia, que superam a relevância de insumos materiais básicos como minerais e plásticos na estrutura de produção.

A jusante, esses setores consolidam-se como o "motor" infraestrutural e de bem-estar da economia, fornecendo a base energética e de movimento necessária para o funcionamento do país. A liderança de Energia e Transportes entre os compradores confirma seu papel de viabilizadores sistêmicos, enquanto a forte conexão com Alimentação e Alojamento ilustra como a produção industrial escoa massivamente para o setor de serviços; em suma, o ciclo econômico transforma recursos naturais

consumindo serviços logísticos pesados para, na saída, sustentar a infraestrutura nacional e o consumo das famílias.

Ótima questão — você está pedindo a lógica de como os multiplicadores econômicos são derivados a partir da matriz de Leontief e como se traduzem em indicadores como geração de empregos, contribuição ao PIB e arrecadação fiscal. Vou organizar a explicação em etapas para ficar claro:

Por meio da Tabela 2, produzida a partir da Matriz de Leontief, chegou-se aos multiplicadores da produção. Associados às taxas de geração setorial, esses multiplicadores permitiram estimar o resultado em termos de empregos. Em seguida, vinculados aos coeficientes de VAB, possibilitaram calcular a contribuição para o PIB. Por fim, considerando o percentual médio de carga tributária de 33%, chegou-se à estimativa da receita fiscal.

Tabela 2 – Geração de impactos na produção, PIB, empregos e receita fiscal

Setor	Investimento (R$ bi)	Impacto na Produção (R$ bi)	Impacto no PIB (R$ bi)	Empregos Gerados (mil)	Impostos Gerados (R$ bi)
Refino de petróleo	7,00	17,89	2,10	21,00	0,69
Biocombustíveis	2,00	4,76	2,28	22,80	0,75
Automóveis	13,00	28,34	7,51	75,00	2,48
Armazenamento	1,60	2,54	1,10	11,00	0,36
Energia elétrica, gás natural e outras utilidades	2,00	4,17	1,92	19,20	0,63
Bebidas	2,50	3,33	1,36	13,00	0,45
Construção (Arco)	2,50	4,50	1,57	19,70	0,52
Total	**30,6**	**65,53**	**17,84**	**181,7**	**5,89**

A análise de viabilidade do Arco Metropolitano será estruturada em quatro cenários progressivos, permitindo uma avaliação comparativa de diferentes modelos de financiamento e operação. O objetivo é identificar, por meio de indicadores como o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), o arranjo contratual e financeiro que oferece a maior sustentabilidade e atratividade para o empreendimento.

A análise da viabilidade do Arco Metropolitano inicia-se pela avaliação do modelo de obra exclusivamente pública (Cenário 1), financiada pelo crescimento da receita fiscal (impostos gerados), e do modelo de obra pública com cobrança de pedágio (Cenário 2). Em ambas as situações, o projeto demonstra-se economicamente inviável. No primeiro caso, o Valor Presente Líquido (VPL) é negativo e a Taxa Interna de Retorno (TIR) também, indicando que o retorno fiscal é insuficiente para amortizar os custos de R$ 2,5 bilhões em obras, desapropriações e manutenção. Mesmo com a introdução de pedágios no Cenário 2 (estimados em R$ 11,00 para veículos leves), a TIR alcança apenas 7,34%, permanecendo muito abaixo da Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 15%, o que confirma a incapacidade do Estado de sustentar economicamente o projeto apenas com receitas tradicionais.

Diante da inviabilidade do investimento puramente estatal, a modelagem evolui para a Concessão Patrocinada ou PPP (Cenário 3). Nesta configuração, dividida entre as perspectivas fiscal (3a) e empresarial (3b), busca-se um equilíbrio em que o Estado aporta parte dos recursos (especialmente no Trecho Sul) e a iniciativa privada assume o restante.

Para que este modelo seja atrativo ao parceiro privado (atingindo a TIR de 15%), torna-se imperativo o desenvolvimento de receitas acessórias ou não tarifárias. O estudo aponta que a concessionária precisaria gerar cerca de R$ 360 milhões anuais extras, transformando a rodovia em um corredor econômico através de um projeto territorial composto por armazéns logísticos e condomínios industriais, reforçando as cadeias identificadas tanto a montante quanto a jusante.

A viabilidade financeira dos modelos privados (Cenários 3b e 4) fundamenta-se, portanto, no conceito de "Engenharia Territorial". Em vez de apenas operar uma estrada, a concessionária deve atuar como desenvolvedora urbana, capturando valor imobiliário ao longo do eixo. As projeções indicam um alto potencial para galpões logísticos (dada a proximidade com Suape), empreendimentos habitacionais em áreas de expansão urbana e complexos de serviços (postos de abastecimento e truck centers). Apenas com a incorporação dessas receitas imobiliárias e de serviços é possível cobrir os custos de capital e garantir o retorno sobre o investimento exigido pelo mercado.

Por fim, o Cenário 4 projeta uma concessão simples, em que a iniciativa privada ressarce o Estado pelos investimentos iniciais e assume integralmente o projeto. Para que essa alternativa pare de pé, a exigência de receitas não tarifárias sobe para a ordem de R$ 400 milhões anuais. Isso exige uma governança sofisticada e parcerias com fundos de investimento para atrair indústrias de alto valor agregado (como data centers, hidrogênio verde e fertilizantes). A conclusão geral é que o Arco Metropolitano só é viável se deixar de ser tratado apenas como uma obra viária e for estruturado como um projeto estruturante de desenvolvimento regional, integrando infraestrutura, logística e uso do solo.

4. CONCLUSÕES

A presente pesquisa demonstrou que a viabilização do Arco Metropolitano do Recife transcende a engenharia rodoviária tradicional, exigindo uma mudança de paradigma rumo à Engenharia Territorial. As simulações financeiras foram taxativas ao evidenciar o esgotamento dos modelos convencionais de financiamento: tanto a execução via obra pública pura (Cenário 1) quanto a concessão baseada exclusivamente em tarifas de pedágio (Cenário 2) apresentaram Valor Presente Líquido (VPL) negativo e Taxas Internas de Retorno (TIR) inferiores à Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 15%. Tais resultados confirmam que, sem a captura de valor gerado pelo desenvolvimento do entorno, a infraestrutura per se é incapaz de se autofinanciar no atual contexto fiscal e econômico.

A análise estrutural da economia regional, realizada através da matriz de insumo-produto, revelou um tecido produtivo "serviço-intensivo", onde a eficiência logística

(transportes e armazenamento) é o insumo crítico que sustenta tanto a indústria de base (refino e energia) quanto o setor de bens de consumo (alimentos e bebidas). Nesse contexto, o Arco Metropolitano deixa de ser apenas uma via de contorno para se tornar o eixo vertebral de um novo corredor econômico. A viabilidade financeira, alcançada nos Cenários 3 (PPP) e 4 (Concessão com receitas acessórias), depende imperativamente da capacidade de transformar essa vocação logística em receitas não tarifárias — estimadas entre R$ 360 e R$ 400 milhões anuais — oriundas da exploração imobiliária de condomínios logísticos, industriais e habitacionais.

Conclui-se, portanto, que a sustentabilidade do Arco Metropolitano reside na sua concepção como um "Empreendimento Territorial". A infraestrutura viária atua como o elemento indutor que valoriza o solo, enquanto os projetos-âncora (logística e indústria) geram os fluxos de caixa necessários para remunerar o capital investido. Este modelo de *rebundling* (reagrupamento de ativos) permite mitigar os riscos fiscais do Estado e aumentar a atratividade para o capital privado, alinhando o retorno financeiro ao desenvolvimento regional ordenado.

Dada a complexidade da implementação deste modelo, recomenda-se o aprofundamento em temas que, embora não tenham constituído o escopo central deste trabalho, são fundamentais para sua execução. Entre eles destacam-se a modelagem jurídica e de governança, voltada à investigação dos arranjos institucionais necessários para gerir um projeto que envolve múltiplas jurisdições municipais e interesses privados; a sustentabilidade ambiental integrada, que exige estudos de impacto capazes de considerar não apenas o traçado da rodovia, mas também os efeitos cumulativos da ocupação industrial e logística; e, por fim, a aplicação em outras metrópoles latino-americanas com gargalos logísticos semelhantes.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Mauricio; ARAGÃO, Joaquim, BRASILEIRO, Anísio, YAMASHITA, Yaeko; SOARES, Rodolfo. POTENCIAL DOS CORREDORES ECONÔMICOS PARA VIABILIZAÇÃO DE INVESTIMENTO EM INFRAESTRUTURA VIÁRIA Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional. https://doi.org/10.54399/rbgdr.v18i3.6632

ARAGÃO, J. J. G.; Lílian dos Santos Fontes Pereira Bracarense, L. S. F. P.; Yamashita, Yaeko (2019) PRINCÍPIOS DA ENGENHARIA TERRITORIAL APLICADOS COMO INSTRUMENTO PARA O CRESCIMENTO E PARA O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional ISSN: 1809-239X

BRASIL, (2020). Guia Prático de Análise Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura. Ministério da Economia. https://portal.crea-sc.org.br/wp-content/uploads/2020/08/guia-acb-infraestrutura_vcp_2.pdf

GUILHOTO, Joaquim José Martins (2011). Input-Output Analysis: Theory and Foundations. Online at https://mpra.ub.uni-muenchen.de/32566/ MPRA Paper No. 32566, posted 05 Aug 2011 13:56

MISHAN, Ezra J. Cost-benefit analysis: An informal introduction, 2nd Edition, 528 p., Allen & Unwin, 1 de Janeiro de 1975, ISBN-13978-0043380734.

THE WORLD BANK (2010). Road projects cost-benefit analysis: scenario analysis of the effect of varying inputs. Disponível em: https://documents1.worldbank.org/curated/en/259161468327409408/pdf/815770WP0Trans00Box379836B00PUBLIC0.pdf

VASCONCELOS, Débora G., (2025). Diretrizes para participação de atores sociais na discussão de megaprojetos: O Arco Metropolitano do Recife. Tese de doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFPE. Bolsista CAPES. Repositório.ufpe.br/

LOS PROYECTOS DE TRANSPORTE: FACTORES CRÍTICOS PARA SU PLANEACIÓN Y DESARROLLO

Mario Avellaneda González
mavellanedag@unal.edu.co
Profesor Instituto de Estudios Urbanos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia

RESUMEN

La planeación de transporte prioriza a menudo la modelación matemática, con ausencia en algunos casos de información sobre los intereses de los stakeholders (actores institucionales, políticos, financieros y ambientales). En este contexto, los proyectos son desarrollos sociotécnicos complejos que exigen un enfoque integrado que combine la racionalidad cognitiva, la participación de los interesados y métodos cuantitativos para buscar el consenso. Las soluciones viables (Sy) resultan de la intersección entre las soluciones compatibles con el marco legal (Sl), el de planificación (Sp), el conjunto técnico (St), y los requisitos de los stakeholders (Ss). Si esta intersección no es factible, es crucial dialogar con los interesados para que modifiquen sus requerimientos. Un estudio de 56 proyectos en América Latina halló que los proyectos con mayor inversión (INV) tienden a presentar más modificaciones ($r = 0.49$) e interrupciones ($r = 0.39$). La alta correlación ($r = 0.88$) entre la participación de los gobiernos nacionales y territoriales involucrados se asocia con una mayor duración de las interrupciones ($r = 0.58$). Esto subraya la necesidad de mejorar el análisis de los stakeholders y fortalecer la planificación estratégica en proyectos de infraestructura a gran escala.

1. INTRODUCCIÓN

La planeación del transporte es un proceso mediante el cual se definen estrategias y metas a largo plazo para operar, administrar, mantener y financiar el sistema de transporte del área objeto de planificación (US Department of Transportation, 2007, p. 1); en el que la modelación de transporte se constituye en una herramienta fundamental (Willumsen & Ortuzar, 2011, p. 2). Sin embargo, en la práctica esta última se está priorizando como el fin último del proceso y no como una de las técnicas a tener en cuenta, la cual debe ser armonizada con otras, así como con las necesidades e intereses de los actores que influyen en sus resultados.

Lo anterior ha generado que en los procesos de toma de decisiones de transporte (Sözüer & Spang, 2014) no se disponga de información referente al análisis de partes interesadas (*stakeholders*) de carácter institucional, político, financiero (Marsden & McDonald, 2019) y ambiental; las cuales junto con las reglas formales e informales (North, 1990) pueden influir en la ejecución de los proyectos definidos en los procesos de planeación.

En el marco del desarrollo de esta investigación (Sopha et al., 2018), se pone de presente la necesidad de identificar, caracterizar y tipologizar los *stakeholders* políticos e institucionales relevantes en el desarrollo de proyectos de sistemas de transporte a corto y largo plazo; bajo en entendido de que, como menciona (Karlsen, 2002), cualquier tipo de proyecto en su fase de gestión es sensible a estos, pues pueden afectar su desarrollo y resultados.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

De acuerdo con Milošević, (1989) se entiende que los stakeholders son una red de actores que, al interactuar entre sí, intercambian información, recursos y resultados y pueden generar información a partir de su comportamiento e interpretación de las reglas, lo que puede ser un *input* del proceso de planificación.

Así mismo, Karlsen, (2002) menciona que para el análisis de los proyectos existen dos tipos de entorno, uno general donde se encuentran factores tecnológicos, legales, económicos, políticos, físicos, laborales, culturales y ambientales; y otro, que se refiere al entorno propio del proyecto –environment task–, en donde se desarrollan sus procesos internos y donde se desenvuelven los *stakeholders* que lo pueden afectar. De allí que el entender este conjunto de variables que inciden en el proceso de planificación puede o no, facilitar o viabilizar los proyectos que se proponen desde las técnicas de modelación matemática.

En el caso de los sistemas de transporte, esto son sistemas sociotécnicos en los que las dimensiones técnicas, económicas, sociales y ambientales están interconectadas. Por lo tanto, abordar los desafíos en la planificación y diseño de estos sistemas requiere un enfoque integrado que considere todas estas facetas.

Este enfoque integrado se constituye en un marco sólido para abordar la toma de decisiones en la planificación y diseño de sistemas de transporte, pues la combinación

de racionalidad cognitiva, así como la participación de las partes interesadas y los métodos cuantitativos, crean un equilibrio entre objetivos técnicos, consideraciones sociales y económicas, y demandas de la comunidad. Este enfoque no solo aborda los desafíos complejos de manera efectiva, sino que también fomenta soluciones sostenibles y equitativas en la planificación de sistemas de transporte.

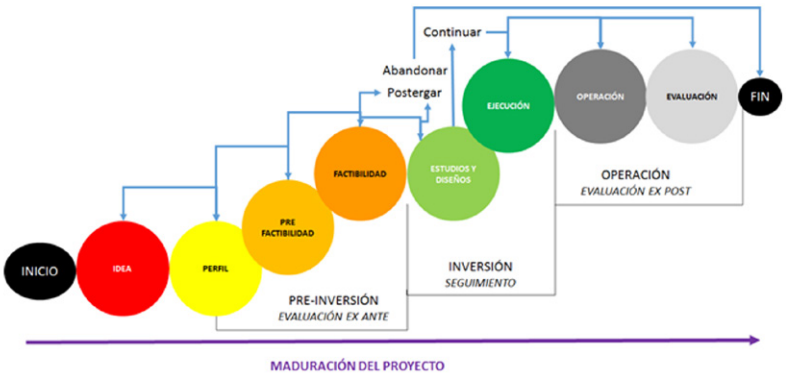
Sobre esto, (Cascetta et al., 2015) proponen que el transporte se da alrededor de sistemas socio técnicos complejos en cuales intervienen puntos de vista públicos y privados, y sobre los que se presentan debates conceptuales entre las ciencias sociales y la ingeniería.

Por un lado, se encuentra la visión de las ciencias sociales, la cual identifica que las problemáticas del transporte no pueden abordarse desde una visión ingenieril tradicional, debido a que son personas individuales las con sus decisiones subjetivas definen las dinámicas de transporte. Por el otro, están los postulados desde la ingeniería que plantean que el abordaje de los problemas de transporte debe responder a un proceso de análisis y planeación racional, en el cual se formulan y se comparan alternativas que cumplan con criterios técnicos y económicos aceptables para el ámbito sobre el cual se planea (Cascetta et al., 2015).

Sobre esto (Cascetta et al., 2015) señalan que el éxito de la planeación de transporte depende de la calidad del proceso de toma de decisiones donde participan múltiples agentes, en el cual debe maximizarse el consenso de todos los *stakeholders* que intervienen. Este proceso debe desarrollarse con información completa del contexto del proyecto, la identificación de los riesgos asociados a los actores y las posibles incertidumbres generadas en los productos (outputs) por parte de estos.

En este contexto, abordar los procesos de planificación incluyendo el análisis de *stakeholders* puede disminuir los factores que producen desarticulación entre las características y los plazos que fijan los modelos de transporte para que operen las infraestructuras; así como los tiempos y recursos que se requieren en la práctica para cumplir con *"las etapas de preinversión (estructuración, estudios de ingeniería), inversión-ejecución y operación de los proyectos"* (Miranda, 2012, p. 26). Tal como se describe en la lustración 1, cuando se incorporan los *stakeholders*, los tiempos de los proyectos pueden ser elevados o tienen mayor duración, en comparación con lo inicialmente establecido.

lustración 1 Ciclo del proyecto –Etapas de estructuración y fases de implementación de proyectos



Fuente: Elaboración propia

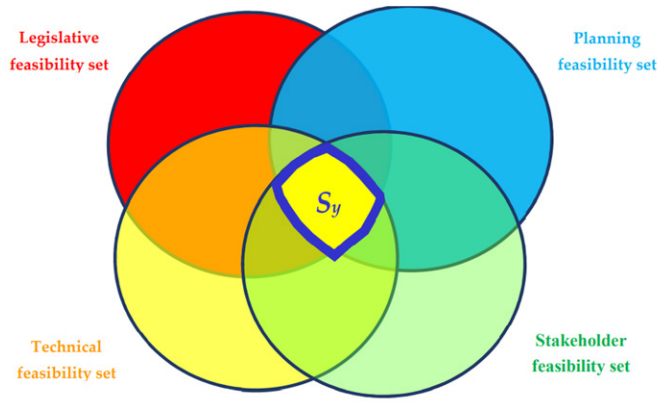
Sin embargo, para abordar el estudio de los stakeholders es necesario entender el proyecto desde el proceso de toma de decisiones y la maduración de este, para así vincularlos de manera sinérgica, entendiendo de manera rigurosa su papel y su influencia en el desarrollo de cada etapa del proyecto.

De acuerdo con (Cartenì et al., 2020), la metodología de toma de decisiones presenta un proceso iterativo y participativo para el diseño proyectos de transporte público, donde la retroalimentación de las partes interesadas y la consideración de las restricciones institucionales son fundamentales para lograr una solución que realmente sea efectiva para todas las partes.

El desarrollo de esta metodología permite según (Cartenì et al., 2020) obtener un conjunto de cuatro tipos de soluciones que son necesarias en el planteamiento de un proyecto de infraestructura de transporte, así: i. Aquellas que son compatibles con el marco legal (SL); ii. Aquellas que sean compatibles con el marco de planificación (Sp); iii. Aquel conjunto técnico desde la ingeniería (ST); y, iv, Aquellas que son compatibles con los requisitos de los interesados o stakeholders (Ss). La intersección de estos cuatro conjuntos de soluciones da como resultado el conjunto de soluciones viables para el proyecto, tal como se muestra en la Ilustración 3.

$$S_y = S_L \cap S_P \cap S_T S_s$$

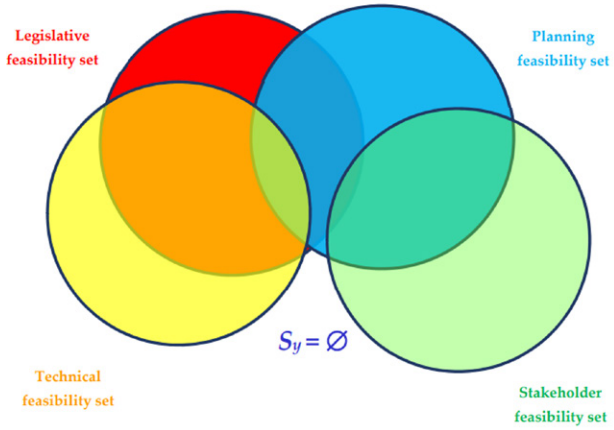
Ilustración 2 Conjunto de soluciones factibles



Fuente: Tomado de (Cartenì et al., 2020)

Sin embargo, tal como se muestra en la Ilustración 4, no siempre se encuentra una intersección que cumpla con todos los criterios expuestos, pues generalmente las restricciones técnicas (St) y legales (S_L) son inamovibles, y las restricciones de planificación (Sp) son difíciles de modificar, por lo que se hace fundamental dialogar con las partes interesadas para que se modifiquen sus requerimientos y se genere un conjunto de soluciones factibles. En este caso, la solución final estará más cercana a las necesidades de las partes interesadas, pero podrá tener implicaciones en el desarrollo o realización del proyecto.

Ilustración 3 Conjunto de soluciones no factibles



Fuente: Tomado de (Cartenì et al., 2020)

Bajo este contexto es fundamental caracterizar los *stakeholders* de cada proyecto de manera apropiada, ya que esto creará una capacidad de generar soluciones más efectivas y menos reprocesos en el proceso metodológico de la toma de decisiones.

Entendiendo la importancia de las partes interesadas, la identificación de los tipos de *stakeholders* que se pueden presentar en un proyecto resulta fundamental; ya que los resultados de investigaciones anteriores han identificado que, en muchos proyectos, la gestión de las partes interesadas carece de estrategias, planes y métodos (Doss, 2000).

En un contexto más específico (Karlsen, 2002) genera una clasificación de los *stakeholders* en los proyectos, tal como se muestra en la Ilustración 5. A partir de ello, el autor describe la complejidad que genera la participación de tantas partes interesadas (identificó 13 tipos en total), lo que genera un entorno del proyecto complejo y cambiante (Ginevri et al., 2010). Como conclusión, el autor señala que, si la gestión de las partes interesadas no se aborda adecuadamente en el proyecto, esto puede generar problemas inesperados e incertidumbre causadas por estas.

Ilustración 4 Stakeholders en el proyecto

Fuente: Tomado de (Karlsen, 2002)

Por otro lado (Cascetta & Pagliara, 2013) mencionan que los *stakeholders* pueden agruparse en siete grandes categorías: instituciones/autoridades, usuarios, operadores de transporte, empresas y sindicatos, comunidades locales, medios de comunicación e instituciones financieras, tal como se muestra en la Tabla 2.

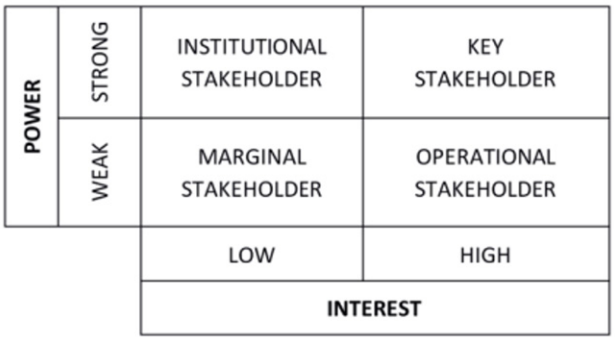
Ilustración 4 Stakeholders en el proyecto

Institutions and Authorities	Users	Transport operators	Business and Unions	Local communities	Media	Financial institutions
European Union	Direct users (passengers)	Transport operators	National and local industry associations	Transport users associations	TV station	Banks
National government and authorities	Direct users (freights)	Transport operator associations	National and local trade unions	Local interest groups (e.g. borough associations)	Radio station	Funds
National parliament	Indirect users (passengers)	Consultants	National and local craft unions	Environmental associations	Newspapers	Insurances
Regional governments and Authorities	Indirect users (freights)		Retailers associations	Citizens		
Regional transport authority			Industry in public works	Visitors		
Local authorities (Provinces and Municipalities)			Industry in vehicles production			
Political parties and single members			Industry in technology production			

Fuente: Tomado de (Cascetta & Pagliara, 2013)

Así mismo, existen diferencias en el comportamiento de los stakeholders según sus intereses: el primario, que son los que se benefician directamente del proyecto; y los secundarios como aquellos que tendrán un interés menor del proyecto. Ejemplos de *stakeholders* primarios serían las organizaciones proveedoras del servicio de transporte, operadores económicos, mientras que las comunidades locales, y uniones empresariales serian el segundo grupo. La Ilustración 6, evidencia la matriz de poder e intereses de los *stakeholders*.

Ilustración 5 Matriz de poder e interés de los stakeholder



Fuente: 1 Tomado de (Cascetta & Pagliara, 2013)

3. METODOLOGÍA

Una vez identificado el papel que cumplen los diversos tipos de *stakeholders* en los proyectos de transporte de manera conceptual, para este trabajo se realizó una búsqueda de los proyectos de infraestructura de transporte a estudiar, bajo tres variables analíticas, con el fin de identificar y caracterizar la trascendencia de los *stakeholders* en dichos proyectos, así:

• *Geográficas:* desarrollados para solucionar problemas de movilidad en países de América Latina, en sistemas políticos de estados unitarios o federales, para entornos urbanos, rurales o de conexión regional o nacional.

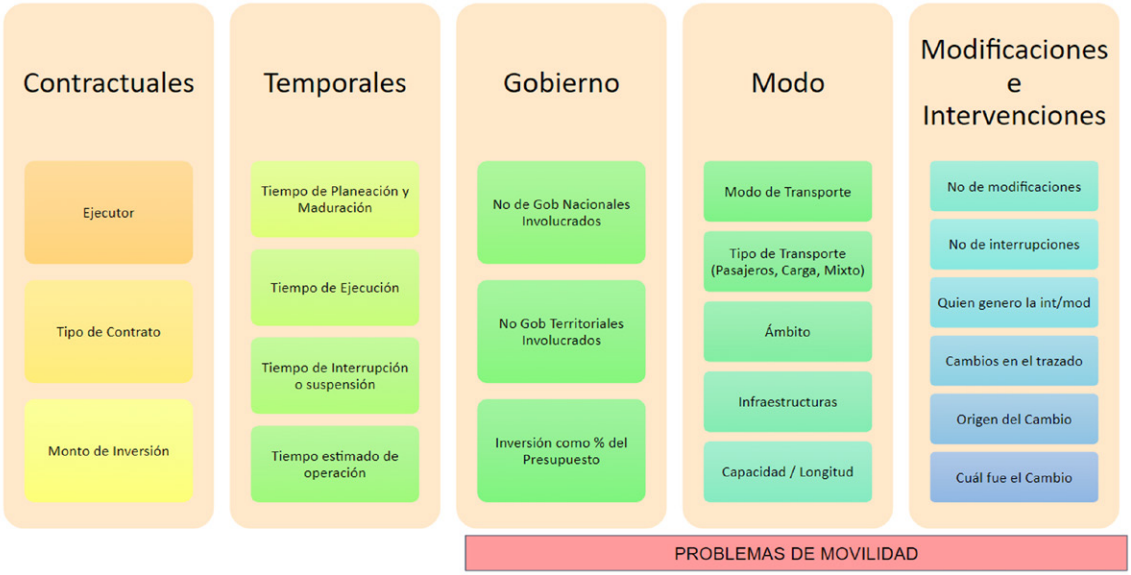
• *Temporales:* desarrollados en los últimos 40 años (periodo posterior a la crisis de la deuda externa en Latinoamérica).

• *Propias del proyecto:* desarrollados para todos los modos, que ya hayan iniciado su etapa de ejecución y que cuenten con participación de niveles de gobierno local y nacional/federal.

Bajo esta lógica se obtuvo una "matriz de proyectos de infraestructura" que cuenta con 56 proyectos en 12 países latinoamericanos, con 7 tipos de infraestructura distinta (Carreteras, Trenes, Metros, Aeropuertos, Puentes, Túneles y Puertos) con una inversión de USD 1.950 millones en promedio por proyecto. En este contexto, de acuerdo con la importancia de los diferentes *stakeholders*, el estudio se enfocó en la trascendencia las organizaciones gubernamentales de nivel municipal, departamental y nacional; y las entidades privadas (contratistas) que realizaron el proyecto, así como bancos, entidades financieras e inversionistas.

Para estos 56 proyectos de analizaron 21 variables comprendidas en cinco categorías (contractuales, temporales, de gobierno, de modo y de modificaciones e intervenciones), de manera que se abarcaran los aspectos económicos, técnicos y políticos de cada proyecto y así identificar los stakeholders que participaron en el proyecto y su papel en el desarrollo de los aspectos técnicos, políticos, y financieros del mismo.

Ilustración 6 Variables de análisis

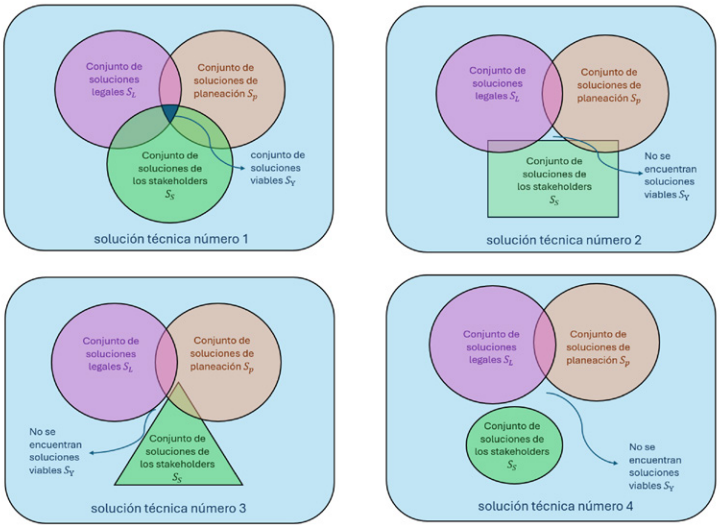


Fuente: Elaboración propia

4. RESULTADOS

Basándose en los planteamientos de autores como Cascetta et al (2015), Karlsen (2002) y Mitchel (1997), se reinterpretó el comportamiento de los *stakeholders* mediante la Matriz de poder e interés. Aquí, las soluciones técnicas pueden crear situaciones distintas para los *stakeholders*, ya que el tipo de relacionamiento con el proyecto varía, lo que depende del nivel y tipo de intervención o injerencia en el desarrollo del proyecto. Esto demuestra que las soluciones técnicas pueden reconfigurar los intereses de los *stakeholders* de una manera que impida encontrar una solución óptima. Además, los conjuntos de soluciones legales y de planeación pueden tener poca sensibilidad a los cambios derivados de las nuevas soluciones técnicas que se planteen para la gestión de los stakeholders, como se ilustra en la siguiente ilustración.

Ilustración 7 Reinterpretación de las soluciones factibles según el comportamiento de los stakeholders



Fuente: Elaboración propia

Por último, se realizó una prueba de correlación de Pearson sobre los 56 proyectos de infraestructura de transporte seleccionados, con el fin de identificar relaciones estructurales entre variables clave del ciclo de vida del proyecto. Algunos hallazgos permiten identificar una serie de características generales de los proyectos, las cuales evidencian el complejo proceso del desarrollo de estos, sobre todo los de gran tamaño:

• 44 proyectos tienen contratos de tipo PPP (Alianzas Público-Privadas) (78,5%)

• El tiempo promedio de planeación y maduración es de 6,25 años por proyecto

• El 42% de los proyectos involucran a más de un nivel de Gobierno.

• El 57% de los proyectos tienen carácter mixto, 35% de pasajeros y el resto de carga; 30 proyectos han sufrido al menos una modificación (53,5%)

• 33 proyectos han tenido al menos una interrupción (58,9%)

• El tiempo promedio acumulado de interrupción es de 3,94 años por proyecto

• Más del 35% de los proyectos han tenido algún tipo de cambio en el trazado por actores públicos ex-post a su contratación. Los Gobiernos Nacionales han intervenido en 35 proyectos (62,5%)

• Los Entes Territoriales han intervenido en 7 proyectos (12,5%)

• Otros actores (Jueces, Privados, etc.) han hecho intervenciones en 5 proyectos (8,9%)

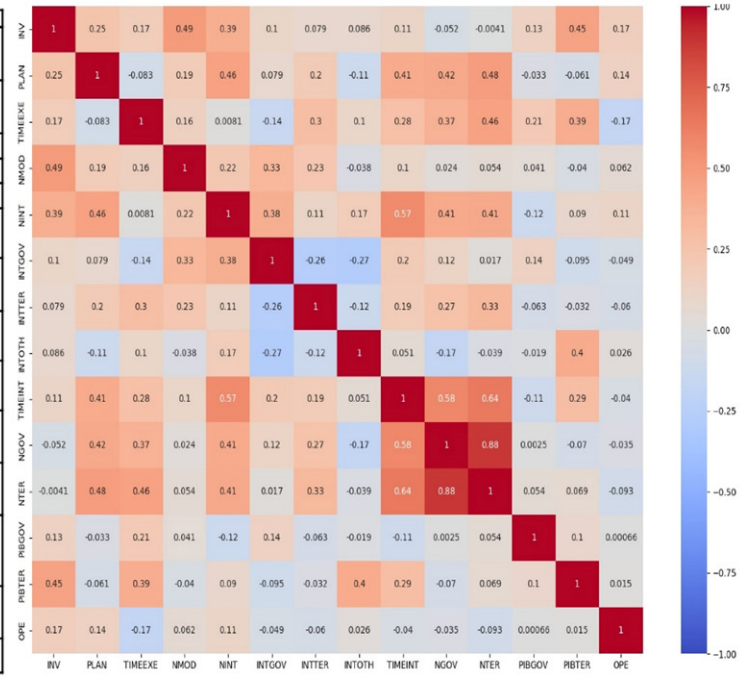
• El promedio de Gobiernos Nacionales que han participado durante el desarrollo de los proyectos es de tres.

• El tiempo estimado de operación (vida útil del proyecto) promedio es de 27,8 años

Los resultados muestran que los proyectos con mayor inversión (INV) tienden a presentar mayor número de modificaciones (r = 0.49) e interrupciones (r = 0.39). También se halló una alta correlación entre modificaciones e interrupciones (r = 0.57), lo que evidencia que los ajustes técnicos comúnmente vienen acompañados de demoras al proyecto. Por otro lado, la fuerte relación entre el número de gobiernos nacionales y territoriales involucrados (r = 0.88) muestra como los proyectos involucran *stakeholders* institucionales a múltiples niveles, lo cual se puede asociar con una mayor duración de las interrupciones (r = 0.58). Finalmente, la vida útil de operación (OPE) no presentó correlaciones relevantes con otras variables. En este contexto, la necesidad de mejorar la coordinación institucional y fortalecer la planificación estratégica se convierte en un punto de especial análisis en proyectos de infraestructura de transporte a gran escala.

Ilustración 8 Matriz de correlación de variables de interés

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
INV	Monto de inversión (Millones USD-2022)
PLAN	Tiempo de planeación y maduración- Años
TIMEEXE	Tiempo de ejecución - Años
NMOD	Número de modificaciones
NINT	Número de interrupciones
INTGOV	Interrupción o modificación del gobierno nacional
INTTER	Interrupción o modificación del gobierno territorial
INTOTH	Interrupción o modificación (Otro - Jueces/Privado)
TIMEINT	Tiempo de interrupción o de Suspensión por modificación - Años
NGOV	Número de gobiernos nacionales que estuvieron durante la planeación y ejecución
NTER	Número de gobiernos territoriales que estuvieron durante la planeación y ejecución
PIBGOV	Inversión como porcentaje del presupuesto territorial en un periodo de gobierno
PIBTER	Inversión como porcentaje del presupuesto nacional en un periodo de gobierno
OPE	Tiempo estimado de operación - Años



Fuente: Elaboración propia

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alzate, G. (2021). Gestión de Relaciones de los Stakeholders en Proyectos de Asociaciones Público Privadas para el Desarrollo de Ciudades Inteligentes y Sostenibles en Colombia.

Cartenì, A., D'Acierno, L., & Gallo, M. (2020). A Rational Decision-Making Process with Public Engagement for Designing Public Transport Services: A Real Case Application in Italy. Sustainability 2020, Vol. 12, Page 6303, 12(16), 6303. https://doi.org/10.3390/SU12166303

Cascetta, E., Cartenì, A., Pagliara, F., & Montanino, M. (2015). A new look at planning and designing transportation systems: A decision-making model based on cognitive rationality, stakeholder engagement and quantitative methods. Transport Policy, 38, 27–39. https://doi.org/10.1016/J.TRANPOL.2014.11.005

Cascetta, E., & Pagliara, F. (2013). ScienceDirect Public engagement for planning and designing transportation systems. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 87, 103–116. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.597

Doss, G. M. (2000). Is Project Management Handbook. https://www.amazon.com/Project-Management-Handbook-George-Doss/dp/0130866687

Ginevri, W., Moresco, M., & Notari, C. (2010). Project Complexity - Managing Stakeholders' Worlds. https://www.pmi.org/learning/library/project-complexity-managing-stakeholders-communication-6805?form=MG0AV3

Karlsen, J. T. (2002). Project Stakeholder Management. Engineering Management Journal, 14(4), 19–24. https://doi.org/10.1080/10429247.2002.11415180

Marsden, G., & McDonald, N. C. (2019). Institutional issues in planning for more uncertain futures. Transportation, 46(4), 1075–1092. https://doi.org/10.1007/S11116-017-9805-Z/FIGURES/2

Milošević, D. Z. (1989). Systems approach to strategic project management. International Journal of Project Management, 7(3), 173–179. https://doi.org/10.1016/0263-7863(89)90036-7

Miranda, J. J. (2012). Gestión de proyectos identificación – formulación evaluación financiera –económica – social – ambiental. Cuarta edición. https://www.academia.edu/17688636/Gesti%C3%B3n_de_Proyectos_Juan_Jose_Miranda_Miranda

Mitchell, R. K., Agle, B. R., & Wood, D. J. (1997). Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts. The Academy of Management Review, 22(4), 853. https://doi.org/10.2307/259247

North, D. C. (1990). Institutions, Institutional Change and Economic Performance. Institutions, Institutional Change and Economic Performance. https://doi.org/10.1017/CBO9780511808678

Sopha, B. M., Asih, A. M. S., & Nursitasari, P. D. (2018). Location planning of urban distribution center under uncertainty: A case study of Yogyakarta Special Region Province, Indonesia. Journal of Industrial Engineering and Management, 11(3), 542–568. https://doi.org/10.3926/jiem.2581

Sözüer, M., & Spang, K. (2014). The Importance of Project Management in the Planning Process of Transport Infrastructure Projects in Germany. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 119, 601–610. https://doi.org/10.1016/J.SBSPRO.2014.03.067

US Department of Transportation. (2007). Transportation Planning Process Briefing Book. https://www.transportation.gov/grants/dot-navigator/transportation-planning-process-briefing-book

Willumsen, L. G. ., & Ortuzar, J. de Dios. (2011). Modelling Transport (1st ed.). Wiley.

UMA RÉGUA PARA MEDIR A TARIFA ZERO: MAPEANDO AS TIPOLOGIAS DOS ARRANJOS DE SUBSÍDIO NO TRANSPORTE COLETIVO NO BRASIL

Thiago Von Zeidler Gomes
Universidade Federal do ABC (UFABC), São Bernardo do Campo – SP, Brasil
thiago.gomes@ufabc.edu.br

Silvana Maria Zioni
Universidade Federal do ABC (UFABC), São Bernardo do Campo – SP, Brasil
silvana.zioni@ufabc.edu.br

RESUMO

O transporte público coletivo (TPC) brasileiro enfrenta uma crise estrutural marcada pela queda de demanda, aumento dos custos e alta dependência da tarifa, contexto em que a Tarifa Zero (TZ) surge como alternativa para reposicionar o serviço como bem comum. Este estudo analisa as diferentes gradações de subsídios e gratuidades no sistema de TPC, distinguindo conceitualmente entre tarifa técnica e tarifa social, e classificando os modelos em arranjos parciais, integrais e híbridos. A metodologia consistiu em uma revisão crítica da literatura e na sistematização qualitativa das experiências ativas de TZ no país, estabelecendo uma "régua" para medir a transição entre o modelo de mercado e o paradigma da gestão do comum e do acesso a cidade. Os resultados indicam que a TZ não é uma política monolítica, mas um contínuo de arranjos. As tipologias variam desde o subsídio de preço e os arranjos de inequidade cruzada, até o Subsídio Integral. A Tarifa Zero Universal (TZU), com 137 programas ativos no país (Santini, 2025), mostra-se tecnicamente viável e politicamente consolidada, especialmente via arranjos híbridos que separam receita da remuneração por custo operacional/oferta, como em São Caetano do Sul (Santini et al., 2024). Conclui-se que a TZU é o único caminho para conferir perenidade ao financiamento do TPC. Seu sucesso em nível nacional depende da formalização de um Pacto Federativo e da modernização contratual, com a adoção de métricas de custo por oferta no lugar da obsoleta Receita por Passageiro Transportado. Essa reforma é vital para garantir a segurança jurídica e a melhoria real da mobilidade.

1. INTRODUÇÃO

O transporte público coletivo (TPC) brasileiro encontra-se em uma persistente crise estrutural, marcada pela combinação perversa de queda contínua da demanda de passageiros, aumento dos custos operacionais e uma elevada dependência da receita tarifária para a manutenção do sistema (Caribé, 2019; Santarém, 2023; Santini, 2024). Este cenário de desequilíbrio crônico, muitas vezes chamado de "ciclo vicioso da tarifa", resulta na deterioração da qualidade do serviço e no aprofundamento das desigualdades socioespaciais, restringindo o acesso à cidade para muitos de cidadãos. Neste contexto, a Tarifa Zero (TZ), emerge como uma alternativa radical para confrontar o modelo de financiamento falido e reposicionar o TPC como um direito social e bem comum (Adey et al., 2021; Brasileiro; De Andrade; Cardozo, 2026; Capanema-Alvares; Orrico, 2025). A crise de confiança e o colapso financeiro do setor, intensificados pelo impacto da pandemia de COVID-19, impulsionaram a busca por novos arranjos de custeio e forçaram a discussão sobre o subsídio público para garantir a estabilidade do serviço.

A Tarifa Zero, que antes era uma pauta restrita a movimentos sociais, ganhou proeminência e escala nacional. O Brasil consolidou-se como um dos líderes globais na adoção desta política, com cerca de 137 municípios a implementarem a gratuidade total em setembro de 2025 (Santini, 2025). Este crescimento tem sido especialmente notável em municípios de pequeno e médio porte (NTU, 2025a; Vermander, 2021), onde o custo total de operação é reduzido. Contudo, o debate e a pressão social pela implementação da TZ têm se intensificado também em contextos metropolitanos de grande escala, como evidenciado pelo caso de Belo Horizonte (Domingues et al., 2025). A TZ não se configura como uma política monolítica, ao invés disso, apresenta-se como um contínuo de arranjos que combinam diferentes formas de gratuidades e subsídios. A política reside em um espectro que varia desde um modelo de subsídio parcial, focado na subsistência das empresas e na garantia mínima do serviço (lógica defendida pelo mercado), até a concepção de uma política de gestão do comum, onde o transporte é tratado plenamente como um direito coletivo (defendido pelos movimentos sociais).

Este estudo visa, portanto, analisar as diferentes gradações de subsídios e gratuidades no TPC brasileiro. Propõe-se, a partir desta distinção, uma classificação sistemática dos modelos em arranjos parciais, integrais e/ou híbridos. A análise demonstra como essa diversidade de arranjos redistribui custos e amplia o acesso, em especial para populações periféricas. Como contribuição, o artigo propõe um quadro comparativo que funcione como uma "régua" para medir o grau de aproximação de cada política de subsídio às filosofias de mercado ou do direito a cidade. Isso permite mapear a transição em curso no país, confrontando a gratuidade com as realidades econômicas, institucionais.

2. MÉTODO

A pesquisa foi conduzida mediante a articulação de duas abordagens metodológicas complementares: a Revisão Crítica da Literatura e a Sistematização de Experiências,

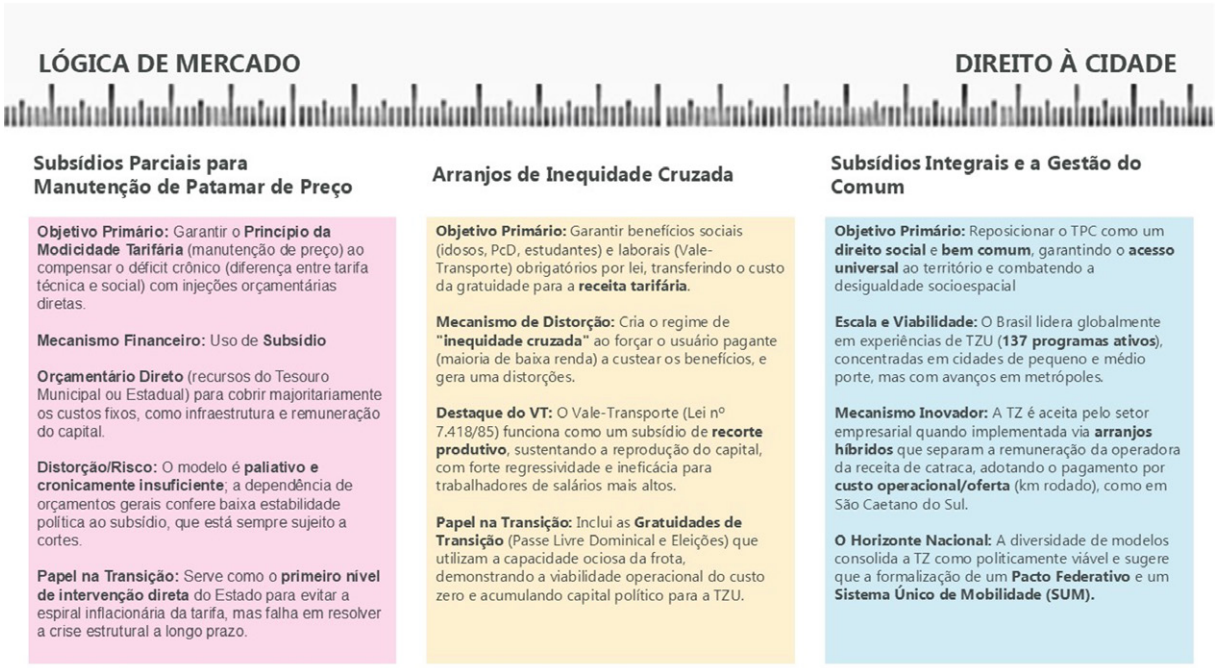
com foco na produção acadêmica e técnica especializada em transporte, mobilidade urbana e Tarifa Zero (TZ) no contexto brasileiro e internacional. Cabe destacar que este trabalho constitui um recorte da pesquisa de Doutorado em andamento do autor principal, e a apresentação dos resultados aqui está contida e delimitada pelas restrições de páginas deste artigo.

A primeira etapa envolveu a Revisão Crítica da Literatura, essencial para o estabelecimento do arcabouço teórico-conceitual do estudo. Foram analisadas obras centrais que abordam a crise do financiamento do transporte público, a insustentabilidade do modelo tarifário e o conceito do transporte coletivo como um bem comum e direito social. A revisão incluiu um diálogo com o campo internacional, incorporando estudos seminais sobre a Tarifa Zero e suas implicações econômicas, sociais e urbanas(Dai; Zheng; Nie, 2024; Gillard et al., 2025; Huré; Passalacqua; Poinsot, 2025; Kębłowski, 2023; Kębłowski et al., 2025). Este diálogo permitiu enquadrar as experiências brasileiras dentro de uma geografia global da política, utilizando as perspectivas de análise que avaliam a TZ como um contínuo entre o modelo de mercado e o paradigma de gestão do comum.

A segunda etapa consistiu na Sistematização e Análise Qualitativa de Experiências Brasileiras, crucial para a construção da tipologia proposta. Esta etapa envolveu a coleta e o cruzamento de dados secundários provenientes de relatórios técnicos e pesquisas temáticas de instituições como a Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos (NTU, 2024, 2025a)e pesquisas acadêmicas de campo (Angelo, 2023; Gomes; Baiardi; Zioni, 2023; Santini, 2025; Vermander, 2021). Os casos identificados foram classificados de acordo com a natureza do subsídio (parcial, integral e híbrido) e o objetivo subjacente (sobrevivência do mercado versus direito social), estabelecendo a "régua" de medição entre os paradigmas.

3. RESULTADOS

A emergência da Tarifa Zero no Brasil, impulsionada pela crise do financiamento e pela pressão social, revela um "continuum" de arranjos de subsídio que vai além do tradicional debate entre subsídio e tarifa. A análise das experiências ativas permite a organização dos modelos em três tipologias centrais que se sucedem em uma gradação de intervenção estatal no custeio e no gerenciamento do serviço. É importante notar a divergência dos dados sobre o número total de municípios com Tarifa Zero, que reflete a natureza dinâmica e a recente aceleração desta política. Enquanto os relatórios mais conservadores apontam para cerca de 137 experiências universais (Santini, 2025), os mapeamentos mais recentes registram 168 programas ativos (NTU, 2025), incluindo arranjos parciais e universais, confirmando a relevância crescente do tema no cenário nacional.



3.1 Tipologia 1: Subsídios Parciais para Manutenção de Patamar de Preço

Esta tipologia representa o modelo de intervenção estatal mais básico. Seu subsídio parcial difere dos arranjos de Inequidade Cruzada por ter um objetivo explícito de intervenção direta no valor da tarifa pública, visando mantê-la em um patamar socialmente aceitável (Modicidade Tarifária), em face dos custos operacionais crescentes. O foco não está apenas em cobrir gratuidades (que já são em parte absorvidas pelos subsídios cruzados), mas em compensar o déficit estrutural gerado pela queda da demanda e pelo aumento dos custos, evitando a espiral inflacionária da tarifa.

Arranjos de Sustentação de Preço (Subsídio por Custo Fixo)

Neste modelo, o subsídio é introduzido para absorver parte dos custos fixos ou despesas operacionais, permitindo que a tarifa de remuneração (custo real) seja significativamente maior que a tarifa social (preço de catraca).

• Subsídio Orçamentário Direto (Obrigação do Ente Federado): Trata-se da injeção direta de recursos do Tesouro Municipal (ou Estadual) para cobrir o déficit tarifário (a diferença entre a tarifa de remuneração e a tarifa social). Cidades como São Paulo e Brasília são exemplos históricos de metrópoles que utilizam subsídios diretos para estabilizar o preço da passagem e evitar a exclusão de usuários.

• Arranjos para Financiamento de Custo Fixo: O subsídio é frequentemente direcionado para custos que não variam com o número de passageiros, como

- ◦ Frota e Infraestrutura: Investimentos em aquisição de veículos e construção/ manutenção de corredores e terminais.
- ◦ Remuneração do Capital: Cobertura de custos fixos e do retorno do investimento do operador.

• Vínculo Constitucional (Direito Social): A justificativa legal para o subsídio é fortalecida pela inclusão do transporte como Direito Social (Emenda Constitucional nº 90/2015), que impõe ao Estado a obrigação de garantir a acessibilidade e a modicidade tarifária.

Ineficácia Estrutural e Necessidade de Modernização

Embora este modelo seja eficaz em curto prazo para manter o preço, ele falha em resolver a crise estrutural a longo prazo por três motivos principais:

• Não Aborda a Raiz do Custo: Não ataca as ineficiências operacionais ou o problema da dependência do automóvel que gera congestionamento e aumenta os custos da frota.

• Insuficiência Crônica: O volume de recursos necessários para o subsídio cresce anualmente, tornando o subsídio um recurso paliativo e cronicamente insuficiente.

• Sustentabilidade Frágil: A dependência dos orçamentos gerais confere ao subsídio uma estabilidade política baixa e compromete a previsibilidade, essencial para investimentos privados no setor.

A transição deste modelo de "manutenção de preço" para o modelo de Tarifa Zero Universal (Tipologia 3) é a adoção do subsídio integral como a única forma de conferir perenidade ao financiamento e resolver o problema da demanda, transformando o subsídio de uma "ajuda de custo" em um novo paradigma de receita operacional.

3.2 Tipologia 2: Arranjos de Inequidade Cruzada

Esta tipologia abrange os modelos nos quais a gratuidade é restrita por critérios legais, sociais ou produtivos, e onde o sistema de transporte ainda se sustenta majoritariamente pela receita tarifária. O custo desses benefícios é frequentemente absorvido pelos usuários pagantes, configurando um regime de "inequidade cruzada".

Gratuidades Legais e Sociais

Esta forma de subsídio parcial é imposta, em grande parte, por legislação federal, visando garantir o direito social à mobilidade para grupos vulneráveis, conforme a Constituição Federal e leis infraconstitucionais.

• Pessoas Idosas: O Estatuto da Pessoa Idosa (Lei Federal nº 10.741/2003) garante a gratuidade nos transportes coletivos públicos urbanos e semiurbanos para pessoas com 65 anos ou mais.

• Pessoas com Deficiência (PcD): A gratuidade no transporte interestadual para PcD de baixa renda está prevista na Lei Federal nº 8.899/94. No âmbito urbano, o direito à acessibilidade e assistência social (garantido pela Lei Brasileira de Inclusão, Lei nº 13.146/2015) consolida a gratuidade para PcD.

• Autonomia Municipal e Gratuidades Adicionais: A Lei Federal nº 12.587/2012 (Política Nacional de Mobilidade Urbana - PNMU) delega aos Municípios a gestão do transporte,

permitindo implementar isenções não obrigatórias por lei federal, como a gratuidade para Estudantes (Passe Livre Estudantil), e gratuidades setoriais pontuais.

Vale-Transporte (Recorte Produtivo)

O Vale-Transporte (VT) é o principal mecanismo de subsídio com recorte produtivo, instituído pela Lei Federal nº 7.418/85. Seu funcionamento baseia-se na antecipação do valor para o deslocamento diário do trabalhador formal, com o empregado arcando com até 6% do seu salário básico e o empregador cobrindo o excedente. Este modelo visa garantir a mobilidade da força de trabalho, sendo um dispositivo que sustenta a reprodução do capital.

• Tarifa Técnica *versus* Tarifa Social: Uma das maiores distorções financeiras do VT reside no fato de que, em diversas cidades, o cálculo da obrigação do empregador é feito sobre a tarifa técnica (o custo real e integral da operação do sistema, que inclui o custeio de todas as gratuidades e subsídios), e não sobre a tarifa social (o valor cobrado na catraca). Isso significa que, na prática, o repasse feito pelo empregador pode ser mais caro que a tarifa pública paga pelo usuário comum, onerando o setor produtivo e criando um subsídio indireto e opaco.

• Reforço de desigualdades: A mecânica do VT reforça o transporte coletivo como modo para pobres. Funciona como um incentivo mais forte para trabalhadores de salários mais baixos, pois a maior parte do custo é coberta pelo empregador. Para trabalhadores com salários mais altos, o incentivo diminui, pois eles arcam com a totalidade dos 6% do seu salário.

• Custos Ocultos: O custo do VT torna o custo do trabalhado que usa transporte coletivo superior ao custo de um trabalhador que utiliza um veículo particular (carro ou moto), gerando uma distorção econômica. A modernização do Vale-Transporte é indispensável para preservar o financiamento do setor, mesmo em modelos sem tarifa.

Gratuidades de Transição (Limitadas Temporal e Espacialmente)

Este fenômeno que ganhou força recentemente, representa uma forma de transição e um arranjo híbrido, onde a gratuidade é aplicada de forma pontual para alcançar objetivos operacionais, sociais ou políticos, sem a universalização integral do custeio.

• Passe Livre Dominical (Temporal e Operacional): A oferta de Tarifa Zero aos domingos utiliza a capacidade ociosa da frota, com baixo custo marginal, para aumentar o acesso à cidade para lazer e sociabilidade.

• Gratuidades Cidadãs (Temporais e Sociais/Políticas): Isenção total em dias específicos para incentivar a participação cívica ou o acesso a serviços:
    ◦ Eleições: Adotado em diversas cidades durante as eleições para garantir o direito ao voto.
    ◦ ENEM e Saúde Pública: Isenção em dias de exames e para campanhas de vacinação.

• Rotas Delimitadas (Espacial e Otimização): Consiste na oferta de TZ em linhas ou circuitos específicos, como a linha circular de Volta Redonda (RJ), visando otimizar a operação ou atender demandas sociais pontuais.

3.3 Tipologia 3: Subsídios Integrais e a Gestão do Comum

A *Tarifa Zero Universal (TZU)* consolida-se como uma resposta sistêmica à crise do transporte coletivo, redefinindo o modelo de financiamento e reposicionando o serviço como um direito social e bem comum.

Cidades de Pequeno Porte e Linhas de Caráter Social

A maioria dos 168 programas ativos de TZU (Santini, 2025) concentra-se em municípios de pequeno porte, revelando um ajuste à realidade econômica local:

• Inadequação ao Modelo de Concessão: O transporte nessas cidades (com menos de 100 mil habitantes) frequentemente não atrai empresas no formato de concessão tradicional. A baixa densidade de passageiros inviabiliza o serviço se a única fonte de receita for a tarifa.

• Linhas Sociais: Historicamente, muitas dessas cidades já possuíam linhas com um caráter social mais evidente. A TZU formaliza essa intervenção pública. O foco está menos na eficiência econômica da tarifa e mais no acesso universal ao território e a serviços essenciais, a exemplo de experiências pioneiras como Conchas (SP) e Monte Carmelo (MG).

Crescimento Pós-Pandemia e Choque na Demanda

A crise sanitária atuou como um catalisador para a adoção da TZU, expondo a fragilidade do modelo tradicional e impulsionando a busca por estabilidade:

• A Crise do Modelo Tarifário: A pandemia de COVID-19 causou um choque de demanda sem precedentes, com quedas de até 80% no número de passageiros, expondo a extrema fragilidade do modelo de remuneração baseado na Receita por Passageiro Transportado (RPU).

• Expansão Acelerada: A crise impulsionou a busca por fontes extratarifárias e a adoção da TZU, que deixou de ser uma política de nicho. O número de cidades com TZU universal teve um salto significativo, passando de 42 em 2020 para cerca de 130 municípios em outubro de 2025, tornando o Brasil o país com a maior quantidade de TZ plena no mundo.

Casos de Sucesso em Cidades de Médio e Grande Porte

A política de TZU avançou para cidades com mais de 100 mil habitantes, demonstrando resultados positivos que vão além do transporte:

• Maricá (RJ): Um dos exemplos mais longevos e citados. A TZU, financiada pelos *royalties* do petróleo, gera uma economia familiar de aproximadamente 20% da renda mensal e é um pilar da política de combate às desigualdades.

• São Caetano do Sul (SP): Adotou a TZU em 2023 através de uma reformulação do modelo de remuneração da empresa operadora, separando o pagamento do serviço da quantidade de passageiros (remuneração por custo operacional). Resultados incluem um aumento expressivo de passageiros, crescimento do faturamento no comércio próximo às linhas e redução de remarcações no sistema público de saúde (SUS).

• Caucaia (CE): Município mais populoso do país com TZU integral, registrou aumento no número de passageiros e no acesso a bens e serviços na cidade.

Belo Horizonte e a Discussão Nacional

• Destaque no Debate: A discussão sobre a Tarifa Zero em Belo Horizonte (MG), uma metrópole, tornou-se um destaque na discussão nacional. Embora não tenha adotado o TZU universal, a cidade tem travado um debate intenso sobre o subsídio e a modicidade tarifária, com projetos de lei e pressão de movimentos sociais para a redução ou gratuidade, evidenciando que a pauta alcançou as grandes cidades com suas redes complexas e alto custo.

• Ideia de Implantação Nacional: A TZU deixou o escopo municipal e entrou na agenda política federal. A possibilidade de uma implantação nacional do programa tem sido objeto de análise e debate, com forte vinculação ao combate às desigualdades e à crise do setor. O debate sugere que o Presidente Lula pode se tornar o "presidente da Tarifa Zero", indicando a existência de estudos e propostas para levar a política ao nível federal.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento das tipologias de subsídio revela que o sistema TPC brasileiro está em um momento de transição estrutural e de profunda variação de modelos (Gomes et al., 2023). O diagnóstico da crise do modelo tarifário, com sua inerente regressividade e o "ciclo vicioso da tarifa" (Santarém, 2023), impulsionou a emergência de arranjos de financiamento que variam do subsídio parcial para manutenção de preço à Tarifa Zero Universal.

4.1 O Posicionamento do Setor Empresarial: Bolsa-empresário?

A emergência da TZ como uma resposta sistêmica à crise alterou o panorama da disputa, forçando o setor empresarial a reavaliar sua posição. A NTU, como principal representante das operadoras, reconhece a TZ como uma importante medida de inclusão social e redistribuição de renda. Contudo, o apoio da NTU vem condicionado a requisitos que visam a mitigar o risco e garantir a previsibilidade e a remuneração das empresas, sublinhando a natureza do subsídio como uma ferramenta para a estabilidade do mercado.

Exigências para a Implementação: A NTU exige que a política seja lastreada em legislação clara, estável e transparente, assegurando o respeito integral aos contratos de concessão e permissão vigentes. Além disso, defende um Pacto Federativo e a necessidade de fontes de financiamento extratarifárias perenes e estáveis para custear o aumento da demanda e garantir a qualidade dos serviços.

Proposta de Alternativa Gradual: O segmento propõe o modelo "Tarifa Zero para Quem Precisa" (NTU, 2025b) como alternativa à universalização imediata, focando em grupos vulneráveis, incluindo trabalhadores formais e inscritos no Cadastro Único. O posicionamento apenas para trabalhadores formais enfraquece muito a universalidade do sistema em um país que amplia cada vez mais sua força de trabalho informal, com modelos de pejotização e precarização.

Em suma, a posição do empresariado sobre a Tarifa Zero, embora não unanime, consolida-se como um modelo de subsídio parcial para a sobrevivência do mercado, uma Bolsa Empresário. A política é aceita como uma forma de redistribuição de renda, desde que o risco operacional seja transferido integralmente para o poder público, garantindo o retorno fixo do capital investido e a segurança jurídica dos contratos.

4.2 SUM e a Melhoria Real da Mobilidade

A proliferação de programas ativos de TZ – incluindo universais, gratuidades de transição e arranjos híbridos inovadores – demonstra que o financiamento do TPC com recursos públicos é tecnicamente viável e politicamente está consolidado em diversas realidades municipais. Essa diversidade de modelos de subsídio aponta para o esgotamento do modelo de mercado e sugere que a política de Tarifa Zero Nacional parece cada vez mais próxima de ser considerada uma solução de Estado.

O avanço de um modelo nacional, contudo, exige o endereçamento das exigências de segurança jurídica e a formalização de um Pacto Federativo (NTU, 2025). O sucesso da TZ em nível macro depende de uma reforma que:

• *Modernize os Contratos e a Remuneração:* É imperativo modernizar os contratos de concessão, abandonando o obsoleto e ineficiente modelo de remuneração por passageiro transportado. Deve-se adotar uma métrica baseada em custos fixos somados a custos quilométricos (custo por oferta). Tal modelo garante a previsibilidade e a remuneração do operador, enquanto aumenta a eficiência do gasto público e a qualidade da oferta.

• *Implantação de um Sistema Único de Mobilidade (SUM):* Para formalizar a cooperação entre os entes federados e garantir o financiamento perene (NTU, 2025), é essencial a aprovação de propostas como a PEC (Proposta de Emenda à Constituição) que prevê a criação do Sistema Único de Mobilidade. Esta iniciativa, historicamente defendida por atores como Luiza Erundina, visa estruturar o TPC como uma política de Estado, com fontes de custeio obrigatórias e compartilhadas entre União, estados e municípios, alinhadas à inclusão do transporte como Direito Social (EC nº 90/2015).

• *Garanta Transparência e Controle Social:* A modernização deve incluir o uso de tecnologia para melhorar a fiscalização da qualidade e da operação. É fundamental garantir a transparência dos dados de custos e demanda, possibilitando o controle social efetivo, transformando o TPC de uma mercadoria em um serviço gerido e monitorado pela sociedade.

A Tarifa Zero é, em última instância, um "clarão para o combate às desigualdades" (Caribé, 2019), oferecendo o caminho para a realização plena do direito à cidade e a superação do modelo rodoviarista e excludente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEY, eter *et al. Moving Towards Transition: Commoning Mobility for a Low-Carbon Future*. 1st. ed. New York: Bloomsbury Publishing, 2021.

ANGELO, Danielle Andrade. *Tarifa Zero: Formas de Financiamento e Experiências Nacionais.* trabalho de conclusão de curso—São Bernardo do Campo: UFABC, 2023.

BRASILEIRO, Anísio; DE ANDRADE, Mauricio Oliveira; CARDOZO, Rodrigo Juan Martins. Rethinking urban governance and mobility in Brazil: An urban commons approach. *Cities*, v. 170, p. 106625, 1 mar. 2026.

CAPANEMA-ALVARES, Lucia; ORRICO, Romulo (ORGS.). *Extended Mobility for the City as a Common: Furthering the Right to the City in Global Perspective*. 1st edition ed. [S.l.]: Routledge, 2025.

CARIBÉ, Daniel Andrade. *Tarifa zero: mobilidade urbana, produção do espaço e direito à cidade*. tese de doutorado—Salvador: UFBA, 2019.

CATS, Oded; SUSILO, Yusak O.; REIMAL, Triin. The prospects of fare-free public transport: evidence from Tallinn. *Transportation*, v. 44, n. 5, p. 1083–1104, 1 set. 2017.

DAI, Tianxing; ZHENG, Hongyu; NIE, Marco. *Is Fare Free Transit Just? Quantifying the Impact of Moral Principles on Transit Design and Finance*. Rochester, NYSocial Science Research Network, , 24 maio 2024. Disponível em: <https://papers.ssrn.com/abstract=4847502>. Acesso em: 27 out. 2025

DOMINGUES, Letícia Birchal *et al.* Disputas discursivas no âmbito da mobilidade urbana: o caso da "tarifa zero" em Belo Horizonte. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 17, p. e20240014, 2025.

GILLARD, Merlin *et al.* "I always say, it's the icing on the cake": the discursive production of fare-free public transport in Luxembourg. *Urban Geography*, 28 maio 2025.

GOMES, Thiago Von Zeidler; BAIARDI, Yara Cristina Labronici; ZIONI, Silvana. Caminhos para uma nova gestão e financiamento Transporte Público Coletivo. *Journal of Sustainable Urban Mobility*, v. 3, n. 1, p. 96–110, mar. 2023.

HURÉ, Maxime; PASSALACQUA, Arnaud; POINSOT, Philippe. Fare-free public transport in France: unveiling urban policy challenges. *Town Planning Review*, v. 96, n. 1, p. 81–101, jan. 2025.

KĘBŁOWSKI, Wojciech. The Making(s) of an Alternative Urban Policy: What Happens When Free Fares Come to Town? *Antipode*, v. 55, n. 1, p. 180–199, 12 jan. 2023.

KĘBŁOWSKI, Wojciech et al. Fare-free public transport: From policy fringes to an established practice. *In: The Routledge Handbook of Sustainable Urban Transport. [S.l.]*: Routledge, 2025.

NTU. *Tarifa Zero nas Cidades do Brasil 2024:* Pesquisas temáticas NTU. Brasília, DF: NTU – Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos, 2024.

NTU. *Tarifa Zero nas Cidades do Brasil 2025*: Pesquisas temáticas NTU. Brasília, DF: NTU – Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos, 2025a.

NTU. *Nota de Posicionamento Oficial sobre a Tarifa Zero.* Disponível em: <https://technibus.com.br/2025/11/06/nota-de-posicionamento-oficial-sobre-a-tarifa-zero/>. Acesso em: 10 nov. 2025b.

SANTARÉM, Paíque Duques. Ensaio sobre o incontornável: do ciclo vicioso da tarifa ao ciclo virtuoso da Tarifa Zero. *Journal of Sustainable Urban Mobility*, v. 3, n. 1, p. 21–32, 20 mar. 2023.

SANTINI, Daniel. *Sem Catraca: da Utopia a Realidade da Tarifa Zero.* São Paulo: AUTONOMIA LITERARIA, 2024.

SANTINI, Daniel. *Brazilian municipalities with full Fare-Free Public Transport policies - updated September 2025*. Harvard Dataverse, , 24 set. 2025. Disponível em: <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/Z927PD>. Acesso em: 10 nov. 2025

VERMANDER, Marijke. *Exploring Fare-Free Public Transport in Brazil: Rationales and characteristics of Tarifa Zero policies in small Brazilian municipalities.* Dissertação de Mestrado—Bruxelas: VUB - Vrije Universiteit Brussel, 2021.

UN NUEVO MODELO TARIFARIO PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO CAPTURA DE VALOR DEL SUELO Y EQUIDAD EN EL SUR GLOBAL (TARIFA GENERAL PARA EL PAGO DEL TRANSPORTE PÚBLICO)

Hernando Arenas Castro
Universidad Nacional de Colombia; Bogotá D.C.; harenasc@unal.edu.co

Juan David Franco Peñaloza
Universidad Nacional de Colombia; Bogotá D.C.; jfrancop@icloud.com

RESUMEN

La sostenibilidad financiera del transporte público en las ciudades del Sur Global enfrenta crecientes desafíos, pues los ingresos tarifarios resultan insuficientes para cubrir los costos operacionales. La ciudad de Bogotá (Colombia) ilustra de manera clara este problema estructural: en 2024, Bogotá destinó cerca del 9% de su presupuesto total para subsidiar el déficit operacional del sistema de transporte público. Este artículo propone un novedoso modelo de financiación que distribuye los costos operacionales según el precio de los predios (valor catastral) y la proximidad de estos a la infraestructura de transporte. Lo anterior, bajo el supuesto de que las inversiones públicas generan externalidades positivas reflejadas en la valorización del suelo (y de los predios) y una mayor accesibilidad (Arenas, 2025).

Los resultados muestran mejoras en eficiencia fiscal y equidad social: en los usos residenciales, el pago anual promedio representa menos del 60% del gasto que implicaría cubrir la movilidad mediante tarifa usuario con pago en taquilla; en los no residenciales, la contribución, aunque nueva, se justifica por los beneficios económicos y de accesibilidad que mitigan la congestión y fortalecen la actividad comercial. En conjunto, el modelo ofrece una ruta progresiva y sostenible para financiar el transporte público, promoviendo corresponsabilidad urbana y equilibrio entre equidad social y eficiencia económica.

1. INTRODUCCIÓN

La pandemia COVID-19 expuso de manera contundente la vulnerabilidad financiera de los sistemas de transporte público en todo el mundo frente a choques externos. La drástica reducción de la demanda de pasajeros, los cambios en los hábitos de movilidad y la acelerada adopción de nuevas modalidades de transporte —como la micromovilidad, rutas privadas y el teletrabajo— alteraron de forma estructural el equilibrio financiero de los sistemas urbanos (WRI, 2024). Desde entonces, las ciudades enfrentan el desafío de garantizar la sostenibilidad económica de sus sistemas de transporte mientras mantienen la calidad del servicio y avanzan en sus metas de sostenibilidad ambiental y equidad social.

El aumento de la brecha entre los ingresos tarifarios y el costo real de operación del transporte público ha impulsado la búsqueda de mecanismos financieros alternativos. La literatura especializada documenta diversas estrategias para cerrar este déficit: subsidios estatales directos, impuestos con destinación específica, esquemas de captura de valor del suelo, ingresos por publicidad y, más recientemente, mecanismos basados en la internalización de externalidades negativas del transporte, como los cobros por congestión o las tarifas de estacionamiento regulado. Estas alternativas reflejan una tendencia global hacia modelos de financiamiento mixtos que buscan diversificar las fuentes de ingreso y reducir la dependencia de la tarifa pagada por el usuario.

En Bogotá, caso de estudio de este trabajo, la presión financiera sobre el sistema de transporte público se ha intensificado de manera significativa. En 2024, Bogotá destinó alrededor del 9% de su presupuesto total (US$750 millones[1]) para cubrir la diferencia entre los ingresos por tarifa y el costo total de operación del sistema. En comparación, en 2012 el aporte de la ciudad había sido cercano a US$25 millones (0,61% del presupuesto de la ciudad), en 2019 —antes de la pandemia— ascendía a US$225 millones, y en 2021, ya en el contexto de la recuperación post-COVID-19, alcanzó aproximadamente US$575 millones. Este crecimiento exponencial del Fondo de Estabilización Tarifaria (FET) evidencia la creciente fragilidad del modelo financiero del sistema y la urgencia de replantear sus fuentes de ingreso (Sandoval, 2022).

A pesar de los esfuerzos por generar recursos complementarios, los ingresos colaterales de TransMilenio S.A., continúan siendo marginales. En 2024, por ejemplo, los ingresos por *naming rights* no superaron los US$6 millones, lo que representa menos del 1% de las necesidades de financiación del sistema. La empresa TransMilenio S.A., ha explorado mecanismos de captura de valor del suelo y aprovechamiento comercial del espacio público, pero estos aún se encuentran en etapas iniciales y no ofrecen, en el corto plazo, una solución estructural al déficit operativo. La Empresa Metro de Bogotá, estimó que para el año 2032 estos ingresos podrían alcanzar los US$200 millones, siendo el 70% de esta cifra los ingresos por cobros por congestión, medida hoy inexistente en la ciudad (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2021).

En este contexto, se vuelve imperativo diseñar y evaluar nuevos mecanismos de financiación que permitan garantizar la sostenibilidad fiscal del sistema de transporte

1 Cifras aproximadas con una tasa de cambio de COL$4.000 por dólar.

público de Bogotá, sin comprometer su accesibilidad ni su función social. Este documento propone un enfoque alternativo orientado a diversificar las fuentes de ingreso mediante instrumentos innovadores de financiamiento urbano, buscando fortalecer la autonomía fiscal de la ciudad de Bogotá reduciendo su dependencia de las transferencias presupuestales tradicionales.

El modelo propuesto se basa en idea de que las inversiones en transporte público generan, en general, un beneficio positivo en las propiedades cercanas a dichas infraestructuras. Esto no constituye un hallazgo novedoso, la literatura sobre esta relación es amplia y concluyente (Mohammad, et. al., 2013, Yang et. al., 2020 y Zhang et. al., 2020, Arenas, 2025). Sin embargo, acá se propone una aproximación diferente y novedosa. Se parte de dos premisas fundamentales, la primera, el transporte público tiene efectos económicos y de bienestar sobre toda la ciudadanía; la segunda, la accesibilidad es un bien público[2] fundamental para generar crecimiento económico y competitividad urbana (Desclos et. al., 2020).

Con estas premisas, se propone un modelo donde los predios beneficiados por la infraestructura de transporte público contribuyan a su financiamiento en razón a los beneficios que estos predios obtienen a través del efecto valorización que estas infraestructuras producen sobre los precios de los predios (suelo y construcción). El modelo permite una distribución del costo operacional del sistema teniendo en cuenta consideraciones redistributivas. Al final, el modelo permite que un predio (con un hogar) tenga una contribución anual que resulta menor al pago por tarifa que haría en una situación hipotética de dos viajes diarios durante un año completo. ¿Por qué se utiliza la relación entre inversiones en infraestructura y distancia-precio de los predios? Para 2023, de acuerdo con la Encuesta de Movilidad 2023 (SDM, 2024), Bogotá tenía 2,9 millones de hogares y 2.7 millones de predios (UAECD, 2024). Por otro lado, según el Departamento Nacional de Estadística – DANE, aproximadamente el 50% de los hogares en la ciudad vive en arriendo (SDHT, 2023). Es decir que, en general, la mitad de los hogares son dueños de todo el catastro de la ciudad. El tamaño del mercado del arriendo en Bogotá podría alcanzar el 4% del PIB de la capital, es decir, aproximadamente US$4.400 millones (Silva, 2025). Lo anterior, demuestra que el modelo carga el costo operacional del sistema en los hogares propietarios de predios y en todo caso a un costo menor al equivalente al uso del sistema.

El modelo tiene externalidades positivas asociadas a la liberación de US$750 millones anuales que hoy la ciudad aporta al Fondo de Estabilización Tarifaria (FET) y que provienen de los ingresos corrientes del Distrito. Esta cifra puede redistribuirse en mejorar la calidad de prestación del servicio, inversiones en educación, salud y más infraestructura. Igualmente, contribuiría de manera determinante a la eliminación de la evasión en el pago de la tarifa que para 2024 representó cerca de US$65 millones anuales. El modelo no contempla la revisión de la tarifa al usuario actual donde se podrían encontrar eficiencias que permitan disminuir el costo operacional del sistema (Rodríguez y Peralta, 2016).

2 La accesibilidad se entiende en este trabajo como acceso a oportunidades en un espacio urbano. No es un bien tangible sino un atributo urbano. Sin embargo, cumple las condiciones no exclusión y no rivalidad hasta el umbral de congestión.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

El debate sobre la sostenibilidad financiera y la equidad en los sistemas de transporte público se ha intensificado en las últimas décadas, especialmente en el contexto del Sur Global, donde los desafíos de cobertura, accesibilidad y asequibilidad son más críticos. A nivel internacional, distintas ciudades y países han experimentado con mecanismos de financiamiento que van más allá de la tarifa usuario, reconociendo que los ingresos por pasajes son insuficientes para garantizar la operación y expansión del transporte público. En este marco, la literatura especializada ofrece un panorama amplio de estrategias de subsidio, captura de valor del suelo y gratuidad, que permiten analizar la relación entre financiamiento y equidad tarifaria.

La evidencia internacional muestra que las tarifas rara vez cubren por sí solas los costos operacionales y, menos aún, los de capital. Informes recientes del ITF-OECD convergen en que el ingreso por pasajes cubre en promedio entre el 30% y el 40% del costo operativo a nivel global; el resto proviene de subsidios y otras fuentes como impuestos, gravámenes y captura de valor del suelo (ITF-OECD, 2024b). En Estados Unidos, la American Public Transportation Association (APTA) y reportes del Congressional Research Service (CRS) documentan que, antes de la pandemia, las tarifas y otros ingresos operacionales cubrían aproximadamente el 25% de los costos totales, con el remanente proveniente de aportes federales, estatales y locales; el aporte federal predominó en capital, no en operación (APTA, 2025; CRS, 2025). Asimismo, se señala que la recuperación de la demanda postpandemia no ha eliminado el déficit operativo en muchas agencias, reforzando la dependencia de subsidios (APTA, 2025; CRS, 2024).

Desde la década de 1970, Francia financia el transporte urbano mediante un gravamen empresarial sobre la nómina —el *versement mobilité* (antes *versement transport*)— recaudado por URSSAF[3] y gestionado por las autoridades organizadoras de movilidad. En Île-de-France, este instrumento constituye la principal fuente del presupuesto operativo: en 2023, las empresas aportaron aproximadamente el 48% de los recursos operativos del sistema (WRI, 2024). Este impuesto marcó un cambio conceptual importante, pues el transporte público dejó de verse exclusivamente como un servicio para los usuarios y pasó a considerarse una infraestructura colectiva que genera beneficios económicos más amplios. Al involucrar a los empleadores en su financiamiento, el sistema reconoce que la accesibilidad y la movilidad laboral son bienes públicos que sostienen la competitividad urbana y la cohesión territorial. Este enfoque sentó las bases de un modelo de corresponsabilidad en la financiación del transporte que, décadas después, sigue siendo una referencia internacional en sostenibilidad fiscal y equidad en movilidad (Desclos et. al., 2020).

El metro de Hong Kong aplica un esquema de captura de valor del suelo por desarrollo inmobiliario: el operador recibe derechos de desarrollo sobre terrenos alrededor de estaciones, internaliza plusvalías y reinvierte. Este modelo ha sido clave para cubrir costos, especialmente de capital, y sostener operación con tarifas relativamente estables (Dou, 2016; Jauregui-Fung, 2022). Luxemburgo eliminó el cobro de pasajes en 2020; el sistema ya se financiaba entre el 90% y el 94% con impuestos generales,

3 Unions de recouvrement des cotisation de sécurité sociale et des allocations familiales.

por lo que la transición a tarifa cero fue coherente con su estrategia Modu 2.0 (Global Railway Review, 2024; Transports.lu, 2025). Tallin (Estonia) mostró aumentos de uso más modestos que los esperados, con efectos distributivos mixtos (Cats et al., 2017; Hess, 2017). En Brasil, más de 100 municipios han adoptado esquemas de tarifa cero totales o parciales, financiados con presupuestos locales y fuentes específicas (Santini, 2023). Chile consolidó un subsidio nacional permanente (Ley 20378) que hoy compensa brechas operativas y financia rebajas tarifarias, actualizado en 2024 con un nuevo marco y reglas de asignación regional (BCN, 2024). Bogotá, por su parte, combina la tarifa usuario con incentivos focalizados para poblaciones de menores ingresos, personas mayores y personas con discapacidad, definidos por decretos distritales (2023–2025) y apoyos presupuestales (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2023, 2024, 2025).

Por otro lado, la discusión contemporánea sobre equidad en transporte ha migrado de un énfasis en kilómetros de oferta a la noción de accesibilidad, entendida como las oportunidades reales que las personas pueden alcanzar. En este campo, Martens (2012, 2016) propone la noción de *transport justice*, que centra el diseño de políticas en igualar niveles mínimos de accesibilidad para quienes se encuentran en peor situación. Pereira et. al. (2017) integran las perspectivas de Rawls y el Enfoque de Capacidades para evaluar la distribución de beneficios de la política tarifaria y de red. Welch (2013), por su parte, operacionaliza la equidad espacial mediante indicadores de accesibilidad y conectividad en vivienda asequible, mostrando que los resultados pueden variar según el tipo de subsidios aplicados. Golub y Martens (2014) también utilizan principios de justicia para evaluar la equidad modal en planes regionales de transporte. En conjunto, estas aproximaciones destacan que, por sí sola, una tarifa plana puede resultar regresiva cuando el tiempo y el costo de acceso al sistema varían por ingreso y localización. Diseños focalizados o estructuras diferenciadas —por zona, distancia o perfil socioeconómico— pueden mejorar la justicia distributiva si se combinan con un buen servicio (ITF-OECD, 2024a).

Revisiones sobre sistemas Buses de Transito Rápido (BRT) encuentran beneficios de equidad en términos de tiempo, seguridad y acceso, aunque advierten que la ubicación de estaciones y la política tarifaria determinan quién se beneficia más (Venter, 2011). En Bogotá y Santiago de Chile, estudios de accesibilidad y asequibilidad muestran que la combinación de red y tarifas con subsidios focalizados es determinante para reducir la exclusión, aunque, en el caso de Bogotá, por ejemplo, estos sistemas no logran cubrir al 100% las poblaciones más necesitadas (ITF-OECD, 2021). La literatura sobre tarifa cero es matizada: en Tallin, el salto de demanda fue acotado y con sustitución modal menor a lo esperado, y los efectos distributivos dependen de quién usaba y qué alternativas tenía cada grupo (Cats et al., 2017; Hess, 2017). Luxemburgo legitima la tarifa cero por el altísimo subsidio previo y un sistema nacional compacto (Global Railway Review, 2024; Transports.lu, 2025). Brasil expande la agenda, pero los retos de sostenibilidad fiscal siguen abiertos (Santini, 2023).

En conclusión, la revisión de experiencias internacionales revela que el financiamiento del transporte público depende en gran medida el pago por pasajes, muy típico en países en desarrollo y de subsidios públicos y mecanismos fiscales complementarios, lo cual cuestiona la visión tradicional del pasaje como fuente primaria. Los casos analizados muestran que la captura de valor del suelo (pagos de una sola vez y para

financiar CAPEX), ingresos por publicidad y subsidios focalizados se constituyen en ingresos complementarios que no logran sostener financieramente los sistemas; sin embargo, ofrecen herramientas para avanzar en equidad social y territorial. No obstante, la literatura subraya que la efectividad de estas estrategias depende de su diseño institucional, de la capacidad de gestión pública y de la coherencia con políticas urbanas más amplias. Este panorama abre el camino para explorar alternativas innovadoras —como la distribución de costos en función del precio de los predios (avalúo) y distancia— que permitan financiar la operación de manera justa y sostenible en el Sur Global.

3. DATOS Y MODELO

El modelo se desarrolló a partir de información catastral de Bogotá correspondiente al año 2024, con el propósito de analizar la relación entre el valor del suelo (y de los predios) y la proximidad a la infraestructura de transporte público masivo. La base de datos incluyó el valor catastral de los predios urbanos registrados por la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (UAECD), lo que permitió contar con una medida homogénea y actualizada del valor del suelo (y de los predios) en la ciudad de Bogotá. Para cada predio se calculó la distancia al sistema de transporte público más cercano (estaciones), considerando tanto estaciones del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) como del sistema TransMilenio. Dado que la información espacial se encontraba georreferenciada, se utilizó el centroide de cada predio como punto de referencia para estimar su distancia a la estación más próxima. Estas distancias se obtuvieron mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), aplicando la distancia euclidiana como medida base, lo que permitió capturar la relación directa entre localización y accesibilidad física al sistema. Adicionalmente, se incorporó información sobre el costo operacional del sistema de transporte para el año 2024, suministrada por fuentes oficiales del Distrito. Esta variable permite contextualizar los resultados del modelo en el marco de la sostenibilidad financiera del sistema y su relación con la estructura espacial de beneficios indirectos, reflejados en la valorización del suelo.

La combinación de estas tres fuentes de información, valor catastral, distancia a estaciones y costo operativo del sistema, a través del algoritmo de distribución propuesto en este documento, posibilitó el desarrollo de un modelo de distribución como se muestra a continuación.

Algoritmo de distribución[4]

$$C_i = \frac{A_i^{\partial}}{d_i^{\beta}} \times \frac{CO}{\sum_{i=1}^{n} \frac{A_i^{\partial}}{d_i^{\beta}}}$$

4 Para esta estimación los valores de delta y beta son iguales a 1. Sin embargo, se pueden estimar para verificar la relación del avalúo y la distancia con el efecto valorización. Valores más altos de estos parámetros generan que el avalúo y la distancia pesen más en la distribución. Estos parámetros permiten grados de libertad para que el hacedor de política pueda ponderar algunos usos económicos por encima/debajo de otros, por ejemplo.

Tabla 1. Contribución anual por tipo de destino económico[5]

Destino Económico	Contribución media
Usos de los predios no Residenciales	US$ 2.413,58
Residencial E1	US $ 202,95
Residencial E2	US $ 228,61
Residencial E3	US $ 316,54
Residencial E4	US $ 370,29
Residencial E5	US $ 379,83
Residencial E6	US $ 362,15

Fuente: Elaboración propia con datos de la UAECD, 2024.

Para entender la bondad de la distribución es preciso señalar que un pasaje de transporte público (en Bogotá - Colombia) cuesta US$0,83, de manera que un ciudadano, utilizando dos pasajes diarios durante los 365[6] días del año, tendría un gasto aproximado de US$604,87 al año por persona. Como puede apreciarse en la tabla 1, para un predio residencial en estrato 1 (nivel bajo de ingresos), el pago anual promedio sería de US$202,95. En los usos no residenciales, el pago anual promedio sería de US$2.413,58.

La distribución estimada del costo operacional sugiere eficiencias económicas en la asignación de la contribución. Para los usos residenciales, el monto promedio anual equivale a menos del 60% del gasto que un hogar típico realizaría por transporte público, lo que indica que el esquema resulta más económico y equitativo para los hogares, especialmente en estratos de menores ingresos. En el caso de los predios no residenciales, aunque el pago representa un nuevo costo, puede interpretarse como una contribución dirigida a mejorar la accesibilidad del sistema de transporte que, potencialmente, puede incrementar el flujo de consumidores, trabajadores y visitantes, generando beneficios directos sobre la actividad comercial y el valor del suelo. De esta forma, el modelo propuesto no solo mantiene la sostenibilidad financiera del sistema, sino que internaliza los beneficios económicos territoriales, fortaleciendo el principio de corresponsabilidad entre los distintos usos del suelo en la financiación de la movilidad urbana.

4. CONCLUSIONES

El análisis realizado confirma que los modelos de financiamiento del transporte público basados exclusivamente en la tarifa usuario (pagada en la taquilla) son estructuralmente insostenibles y tienden a profundizar las inequidades territoriales y sociales, especialmente en contextos del Sur Global donde la informalidad laboral y la desigualdad limitan la capacidad de pago de los hogares. En este escenario, la propuesta

5 Destino económico. Es la clasificación que la Unidad Administrativa espacial e Castro Distrital de Bogotá Colombia (UAECD) le da a cada inmueble para fines estadísticos. Se basa en la actividad económica que se desarrolla en el predio (por ejemplo, residencial, comercial, industrial).

6 Este supuesto podría no representar el consumo diario de tiquetes de una persona en la ciudad, sin embargo, su utilidad está medida como elemento de comparación.

desarrollada en esta ponencia, basada en la distribución del costo operacional del sistema a partir del valor catastral y la distancia de los predios a la infraestructura de transporte público, ofrece una alternativa viable, progresiva y fiscalmente responsable para fortalecer la sostenibilidad del sistema sin comprometer su función social.

Los resultados empíricos demuestran que el esquema propuesto reduce la carga económica directa de los hogares: para el conjunto del sector residencial, el pago anual promedio es inferior al 60% del gasto estimado por uso del sistema mediante tarifa convencional, y en los estratos más bajos la diferencia es aún mayor. Esto indica que el modelo no solo es financieramente eficiente, sino también socialmente equitativo, ya que redistribuye el costo del servicio en función de la capacidad económica reflejada en el avalúo de los predios. En contraste, para los predios no residenciales, la contribución representa un nuevo costo dentro de su estructura financiera, pero puede entenderse como una contribución razonable y eficiente: al mejorar la accesibilidad urbana, el transporte público incrementa el flujo de consumidores, trabajadores y visitantes, generando beneficios directos sobre la actividad económica y el valor del suelo y de los predios. Además, al favorecer el uso de modos sostenibles y desincentivar el uso intensivo del automóvil, la medida contribuye a reducir la congestión y las externalidades negativas asociadas al transporte privado, consolidando así un círculo virtuoso entre accesibilidad, productividad y sostenibilidad urbana.

Desde el punto de vista fiscal, la implementación de este modelo liberaría aproximadamente US$750 millones anuales que actualmente provienen del presupuesto distrital para subsidiar el Fondo de Estabilización Tarifaria (FET). Estos recursos podrían reasignarse a mejorar la calidad del servicio, ampliar la cobertura del sistema o financiar programas sociales y ambientales prioritarios, fortaleciendo la autonomía financiera y la resiliencia urbana de la ciudad.

En síntesis, el modelo propuesto ofrece un enfoque integral que internaliza los beneficios territoriales del transporte público, equilibra eficiencia y equidad en la distribución de cargas, y contribuye a consolidar un marco de corresponsabilidad social y económica en la financiación de la movilidad urbana. Su implementación requeriría, no obstante, ajustes normativos e institucionales, así como mecanismos de comunicación y transparencia que garanticen legitimidad pública y sostenibilidad política.

5. REFERENCIAS

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2021). *Documento técnico de soporte para el cumplimiento Anexo A de la Resolución No. 20203040013685 de 2020, para el proyecto de la Troncal Calle 13 y la Línea 2 del Metro de Bogotá*. Empresa Metro de Bogotá / Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Recuperado de https://www.metrodebogota.gov.co/sites/default/files/F-Identificacion-de-fuentes-de-pago-para-alimentar-el-FET.pdf. 2025.

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2023). *Decreto 004 de 2023.* Recuperado de https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=132579. 2025.

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2024). *Decreto 061 de 2024.* Recuperado de https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=153045. 2025.

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2025). *Decreto 010 de 2025.* Secretaría de Movilidad. Recuperado de https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=171717. 2025.

American Public Transportation Association (APTA). (2025). *Public Transportation Fact Book.* APTA. Recuperado de https://www.apta.com/research-technical-resources/transit-statistics/public-transportation-fact-book/. 2025.

Arenas, H. (2025). *Modelo de evaluación de impacto de las estaciones de buses de tránsito rápido (BRT) sobre los precios de los predios y su aplicación en Bogotá. Cuadernos de Geografía Revista Colombiana de Geografía*, 34, 118. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/390197501_Modelo_de_evaluacion_de_impacto_de_las_estaciones_de_buses_de_transito_rapido_BRT_sobre_los_precios_de_los_predios_y_su_aplicacion_en_Bogota. 2025.

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile (BCN). (2024). *Ley 20378*. Recuperado de https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1005871. 2025.

Cats, O., Susilo, Y., & Reimal, T. (2017). *The prospects of fare-free public transport: Evidence from Tallinn, Estonia*. Transportation, 44(5), 1083–1104. Recuperado de https://ideas.repec.org/a/kap/transp/v44y2017i5d10.1007_s11116-016-9695-5.html. 2025.

Congressional Research Service (CRS). (2024). *Federal Support of Public Transportation Operating Expenses (R47900)*. CRS. Recuperado de https://crsreports.congress.gov. 2025.

Congressional Research Service (CRS). (2025). *Federal Public Transportation Program: In Brief (R47002)*. CRS. Recuperado de https://www.congress.gov/crs-product/R47002. 2025.

Desclos, T., & Minster, C. (2020). *Alternative revenue sources for urban transport: presentation and discussion on the French mobility tax*. CODATU. Recuperado de https://www.codatu.org/en/alternative-revenue-sources-for-urban-transport-presentation-and-discussion-on-the-french-mobility-tax-by-thierry-desclos-clotilde-minster-world-bank/. 2025.

Dou, Y. (2016). *Prospect of Using Rail-Plus-Property Model for Transit Financing in China: Based on comparative case studies of Shenzhen and Hong Kong*. Columbia University. Recuperado de https://academiccommons.columbia.edu/doi/10.7916/D81N87TK/download. 2025.

Global Railway Review. (2024). *Lessons learnt from Luxembourg's fare-free transport system*. Recuperado de https://www.globalrailwayreview.com/article/179222/lessons-learnt-from-luxembourgs-fare-free-transport-system/. 2025.

Golub, A., & Martens, K. (2014). *Using principles of justice to assess the modal equity of regional transportation plans. Journal of Transport Geography*, 41, 10–20. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0966692314001628. 2025.

Hess, D. (2017). *Decrypting fare-free public transport in Tallinn, Estonia. Case Studies on Transport Policy*, 5(4), 690–698. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213624X17300858. 2025.

International Transport Forum (ITF-OECD). (2021). *Reversing Car Dependency.* OECD Publishing. Recuperado de https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/reversing-car-dependency.pdf. 2025.

International Transport Forum (ITF-OECD). (2024a). *The Future of Public Transport Funding.* OECD Publishing. Recuperado de https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/future-public-transport-funding.pdf. 2025.

International Transport Forum (ITF-OECD). (2024b). *Fare's Fair: Experiences and Impacts of Fare Policies.* OECD Publishing. Recuperado de https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/fares-fair-experiences-impacts-policies.pdf. 2025.

Jauregui-Fung, F. (2022). *The Case of Hong Kong Rail + Property Model*. IDOS. Recuperado de https://www.idos-research.de/uploads/media/Jauregui-Fung_Hong_Kong_MTR_IDOS.pdf.

Martens, K. (2012). *A justice-theoretic approach to the distribution of transportation benefits. Transportation Research Part A.* Recuperado de https://doi.org/10.1016/j.tra.2012.01.004. 2025.

Martens, K. (2016). *Transport Justice: Designing Fair Transportation Systems.* Routledge. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/305398785_Transport_Justice_Designing_Fair_Transportation_Systems. 2025.

Mohammad, S. I., Graham, D. J., Melo, P. C., & Anderson, R. J. (2013). *A meta-analysis of the impact of rail projects on land and property values*. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0965856413000207. 2025.

Pereira, R. H. M., Schwanen, T., & Banister, D. (2017). *Distributive justice and equity in transportation. Transport Reviews,* 37(2), 170–191. Recuperado de https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1257660. 2025.

Rodríguez Hernández, C., & Peralta-Quiros, T. (2016). *Balancing financial sustainability and affordability in public transport: The case of Bogotá, Colombia (ITF Discussion Paper 2016-16)*. OECD Publishing. Recuperado de https://www.oecd.org/en/publications/balancing-financial-sustainability-and-affordability-in-public-transport_21b96177-en.html. 2025.

Sandoval, E. E. (2022). *Situación financiera de la movilidad urbana en Bogotá (Documentos de Proyectos LC/TS.2022/151)*. Santiago de Chile: CEPAL. Recuperado de https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/a0cb30d2-cb1f-4e23-9c0d-092682678657/content. 2025.

Santini, D. (2023). *The remarkable rise of fare-free public transport in Brazil.* Rosa Luxemburg Stiftung. Recuperado de https://rosalux.org.br/wp-content/uploads/2023/12/2023-12-01-daniel-santini-presentation-Right-to-_231201_142618.pdf. 2025.

SDHT. (2023). *Lineamientos para una política de vivienda social en renta. Documento Técnico 2023.* Secretaría Distrital de Hábitat de Bogotá. Recuperado de Lineamientos-para-una-politica-de-vivienda-social-en-renta.pdf. 2025.

SDM. (2024). *Encuesta de movilidad 2023.* Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá. Recuperado de https://observatorio.movilidadbogota.gov.co/sites/default/files/2025-09/Cartilla%20Encuesta%20de%20Movilidad%202023.pdf. 2025.

Silva, J. M. (2025). *El tamaño del mercado de arrendamiento de Bogotá es inmenso.* Publicación de LinkedIn. Recuperado de https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7381105448709685248/. 2025.

Transports.lu. (2025). *Free mobility from 1 March 2020—FAQ*. Recuperado de https://transports.public.lu/en/plus/faq/gratuite-transports-publics.html. 2025.

UAECD. (2025). *Censo inmobiliario 2025*. Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital. Recuperado de https://www.catastrobogota.gov.co/recurso/censo-inmobiliario. 2025.

UITP. (2024). *Global Economic Outlook 2024: Taking the pulse of the public transport sector.* Recuperado de https://www.uitp.org/wp-content/uploads/sites/7/2025/08/20241008_Economic-Outlook-2024_WEB.pdf?utm_. 2025.

Venter, C. (2011). *Transport expenditure and affordability: The cost of being mobile.* Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/227611340_Transport_expenditure_and_affordability_The_cost_of_being_mobile. 2025.

Welch, T. F. (2013). *Equity in transport: The distribution of transit access and connectivity among affordable housing units. Transport Policy*, 30, 283–293. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0967070X13001534. 2025.

World Resources Institute (WRI). (2024, 19 de diciembre). *4 Cities Looking Beyond Rider Fares to Fund Better, More Resilient Public Transit*. Recuperado de https://www.wri.org/insights/why-cities-need-diverse-public-transit-funding. 2025.

Yang, L., Chau, K. W., Szeto, W. Y., Cui, X., & Wang, X. (2020). *Accessibility to transit (by bus) and property prices.* Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920920305745. 2025.

Zhang, M., et al. (2020). *The impact of Bus Rapid Transit (BRT) on land and property values: A meta-analysis.* Recuperado de https://ideas.repec.org/a/eee/lauspo/v96y2020ics0264837718305830.html. 2025.

ALATPU

Tecnológico de Monterrey

Ponencias

Gobernanza en el transporte y movilidad: políticas públicas, marco regulatorio y el papel de las autoridades

ACTORES Y PATRONES DE LA GOBERNANZA DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN AUTOBUSES EN EL GOBIERNO SUBNACIONAL DE MÉXICO. CASO SINALOA

MC. Jorge Said Osuna-Félix
Universidad Autónoma de Occidente, Culiacán, México, saidosuna@uas.edu.mx

RESUMEN

La gobernanza ha avanzado en diversas temáticas relacionadas con el desarrollo regional; sin embargo, su análisis sobre los servicios públicos de transporte ha sido poco profundizado en los niveles subnacionales de gobierno de acuerdo con la revisión de la literatura científica realizada en esta investigación. Los gobiernos locales enfrentan el reto de proporcionar, además de los servicios básicos, diseñar las políticas públicas sobre el transporte para que las personas lleguen a sus centros de trabajo, actividades escolares y otras actividades como de entretenimiento. En este texto analizamos el transporte público urbano en autobuses que se oferta en Sinaloa, utilizando como caso de análisis la ciudad de Culiacán. En ella identificamos la dinámica multinivel que sucede entre los gobiernos estatales y municipales para condicionar la infraestructura y la producción de servicios de transporte.

1. INTRODUCCIÓN

El transporte urbano en autobuses en la ciudad de Culiacán ha sido objeto de serias iniciativas de mejora desde el año 2009 sin llegar a su ejecución tanto por parte del Gobierno del Estado de Sinaloa, responsable legal del servicio, como por la autoridad municipal. En 2009 se creó el organismo descentralizado Sinaloa Red Plus en el Gobierno del Estado de Sinaloa con la intención de generar la primera ruta troncal bajo un esquema de BRT (*Bus Rapid Transit*) que al tiempo no prosperó. Después en 2021 el Gobierno del Estado de Sinaloa y el Gobierno Municipal de Culiacán propusieron, sin llegar a su cristalización, el Sistema Integrado de Transporte para la ciudad de Culiacán denominado en los medios de comunicación como «Metrobus». Entre otros proyectos mencionados públicamente para la ciudad, como el sistema de prepago, carriles confinados y formalización de paraderos que no han visto su implementación en la ciudad.

Ante este panorama, este documento busca conocer la forma en que se produce el servicio público de transporte y la forma en la que interactúan la diversidad de actores públicos de los gobiernos municipal y estatal, así como los privados como concesionarios y permisionarios responsables de la prestación del servicio, y al mismo tiempo este contexto pone sobre la mesa una variedad de retos en coordinación y colaboración.

En ese sentido, paso fundamental para identificar las razones de los fracasos en las acciones gubernamentales es necesario conocer la forma en que actualmente funciona el servicio e identificar el marco de actuación que tienen las autoridades de los gobiernos locales para la dotación de los servicios de transporte. Por lo tanto, este texto utiliza como guía la pregunta de investigación sobre ¿Cómo es la provisión del servicio público de transporte urbano en autobuses? Su respuesta permite dar luz sobre el proceso poco público de la toma de decisiones en este servicio público.

Para encontrar una respuesta, se toma como referencia la perspectiva de la gobernanza, la cual reconoce el diálogo, la discusión y la negociación como tareas inherentes a la toma de decisiones, significativamente en su desarrollo teórico ha buscado herramientas para identificar la interacción y colaboración entre actores públicos y privados que participan en la provisión de bienes y servicios. Además, este cuerpo teórico ofrece un marco para analizar las interacciones formales e informales y la manera en que esto influye en las formas y las características del servicio entregado, en este caso, el servicio de autobuses para el transporte en la ciudad de Culiacán.

En ese sentido, se ha llevado a cabo una exhaustiva revisión documental sobre publicaciones públicas oficiales, en medios de comunicación, los marcos regulatorios del actuar público, y el repositorio de concesiones y permisos. Este documento presenta los avances de una investigación más amplia en desarrollo que contempla llevar a cabo entrevistas a los actores relevantes para este sector.

En la primera parte de este documento retomamos las perspectivas teóricas del transporte y las discusiones sobre la conceptualización de la gobernanza. Después, se describe el contexto de la ciudad de Culiacán y su situación con el servicio público

de transporte en autobuses. Finalmente, se analizan los datos recolectados durante la investigación.

1.2 Transporte y Gobernanza: Perspectivas Teóricas

La transición del concepto de transporte hacia el de movilidad ha significado una expansión de las variables y los objetos de análisis. Se transita de una definición simple de trasladarse de un lugar a otro para integrar otras aristas sobre cómo se trasladan, la diferenciación social, los vehículos y la infraestructura, etc. (Connolly, 2018), incluso discusiones desde el punto de vista del espacio público, los bienes públicos, incluso como implicación política (Paget-Seekins y Tironi, 2016).

Esto implica un amplio espectro de temáticas donde se requieren arreglos entre actores públicos y privados, de las cuales resultan las particularidades en el suministro de infraestructuras y servicios necesarios para los traslados (Connolly, 2018). Por lo tanto, esta interacción define la manera en que se van a producir los bienes y servicios que forman parte del concepto actual de movilidad, tales como las vialidades, banquetas, el tipo de servicio de autobuses, la operación de semáforos, por mencionar algunos.

A este tipo interacciones se les ha referido como gobernanza, aunque es pertinente señalar que existe una discusión en la literatura sobre la diversidad de usos de este concepto que van desde referirse al entramado institucional y sus actores, la capacidad de los gobiernos para generar soluciones, el involucramiento de una diversidad de actores no gubernamentales y hasta la observación de los resultados y la rendición de cuentas (Stoker, 1998; Marques, 2013) y quien la percibe como un proceso de la toma de decisiones con participación múltiple de actores (Trejo, 2020;).

Por su parte, el término «gobernanza multinivel» ha sido empleado para describir los sistemas de negociación permanente entre gobiernos de varios niveles territoriales también denominados «niveles de gobernanza», que pueden variar desde lo supranacional hasta lo local (Marsden et al., 2014). Bajo esta idea los actores pueden clasificarse por sus funciones generales o funciones específicas dependiendo de su rol sobre la cuestión (Hooghe y Marks, 2003).

Bajo este marco, en el transporte se ha identificado que el nivel nacional de gobierno no es necesariamente la unidad dominante en la formulación de políticas y la formulación e implementación, generalmente, se lleva a cabo dentro de un sistema de negociación continua entre gobiernos anidados en varios niveles territoriales y dado que no hay una claridad en las atribuciones, en la práctica, todos los niveles de gobierno interactúan con agencias con responsabilidades específicas (Veeneman y Mulley, 2018).

A su vez, la gobernanza eficaz en el transporte público se enfrenta a fuertes desafíos. Cuando la capacidad de planificación y toma de decisiones está fragmentada formalmente entre arenas y organizaciones en varios niveles administrativos, con diferentes objetivos, roles y mandatos, por lo tanto, se requiere identificar el contexto formal e informal en el que opera el transporte público (Hrelja et al., 2017).

Por su parte, las funciones de las que son responsables los gobiernos locales se han transformado a lo largo del tiempo. En esa evolución, desde el punto de la gobernanza se identifican nuevas actividades y redes de producción de bienes y servicios públicos donde existe en menor o mayor grado la participación de la autoridad con privados, un control de la actuación de los actores, más disposiciones de rendición de cuentas y la búsqueda permanente de mejorar formas de gestión, revelando la existencia de relaciones formales e informales entre organismos gubernamentales, así como dentro y fuera del sector público Sosa López (2012).

Sumado a esto, es imprescindible considerar las características del territorio y su contexto local. Es decir, la gobernanza del transporte tiene que ver con la escala geográfica, y los procesos de coordinación pueden ser por una agenda nacional (*top-down*) o desde las agendas locales (*bottom-up*) (Hrelja et al., 2017).

Por otro lado, en la literatura se menciona la gobernanza colaborativa que se centra en analizar la dinámica de la colaboración. Para ello existen elementos detonadores denominados *drivers* entre los que se encuentran el liderazgo, los incentivos, la interdependencia y la incertidumbre, a partir de ello, se ponen en marcha las dinámicas colaborativas y sus tres componentes (Compromisos; motivación compartida; y la capacidad para la acción conjunta) (Emerson et al., 2012).

En el contexto del transporte, podemos encontrar escritos sobre la producción informal de los servicios de transporte, es decir, cuando es permitido el incumplimiento de ciertas normas. Esto significa que los vehículos y los operadores no tienen las licencias, los permisos o los documentos de registro apropiados, así como que los vehículos de transporte informal suelen ser viejos y de bajo rendimiento, y este entorno propicia a que los operadores suelen competir de forma activa y peligrosa, por los clientes, como ejemplo, se detienen cualquier lugar para abordar pasajeros, llevan vehículos con más pasajeros de lo permitido y hábitos de manejo inseguros, denominado como «comportamiento dañino colectivo» ("*collectively damaging behavior*") y bautizado en América Latina como «la guerra por el centavo» (Cervero y Golub, 2007).

1.3 Nota metodológica

En la presente investigación se adopta el enfoque metodológico de estudio de caso, el cual permite analizar el fenómeno en estrecha relación con su contexto. Este enfoque ha sido ampliamente utilizado por diversos autores en estudios de vanguardia sobre gobernanza en el ámbito del transporte.

Por su parte, para identificar los actores, sus atribuciones e interacciones se llevó a cabo la recolección de información a través de una exhaustiva revisión documental sobre publicaciones públicas oficiales, en medios de comunicación, de los marcos regulatorios. Así también, para configurar el caso se consultó el repositorio de concesiones y permisos, así como información de los registros de transporte y movilidad del estado de Sinaloa.

2. SERVICIO PÚBLICO DE TRANSPORTE URBANO EN LA CIUDAD DE CULIACÁN, SINALOA, MÉXICO

La ciudad de Culiacán se encuentra en el noroeste de México, es la capital del estado de Sinaloa y es designada como la cabecera de la Metrópoli Municipal que lleva su mismo nombre; cuenta con una población metropolitana de 1,003,530 habitantes, de los cuales el 83% (802,824 habitantes) reside en zonas urbanas y el 11.7% (200,706 habitantes) en zonas rurales (SEDATU, 2020).

Por su parte, la demanda de transporte ha mostrado variaciones significativas en los últimos años, por ejemplo, los desplazamientos en transporte público aumentaron del 20.8% en 2015 al 23.1% en 2020, reflejando una leve preferencia por este medio; en relación con el uso del automóvil particular este pasó del 27.9% al 30.8% en el mismo periodo (SEDESU, 2020), lo que sugiere un crecimiento en la dependencia de los vehículos privados.

De acuerdo con la consulta de información pública, el sistema de transporte público de Culiacán está compuesto por 58 rutas urbanas, operadas por siete agrupaciones de concesionarios y permisionarios. Sin embargo, a su vez, la operación del servicio se caracteriza por ser individualizada o en pequeñas microempresas que explotan concesiones y permisos del Gobierno del Estado de Sinaloa. A esta forma se le conoce como el «Hombre-camión» en el cual predomina el interés y las expectativas y la manera en que se brinda el servicio se encuentra configurada por los beneficios y costos que se obtienen por cada autobús. Este modelo de operación impone limitaciones a una forma más integral de planeación y operación del servicio.

Por otro lado, respecto a la elección del transporte público para desplazarse, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2015b; 2020) al comparar el año 2015 y el 2020 notamos que el porcentaje de trabajadores que se trasladaron a su centro de trabajo en transporte aumentó del 24.1% al 26.1%; mientras que quienes lo hicieron en auto pasaron del 38.7% al 48.8%, es decir, las personas han preferido utilizar el vehículo privado. En ese periodo, el mismo fenómeno se documenta para los viajes que se realizan a la escuela; el porcentaje de estudiantes que utilizaron transporte aumentó del 26.8% al 27.6%; y los que llegaron en coche incrementaron del 25.2% al 31%. Esto ha intensificado las externalidades negativas mencionadas por diversos autores y que se hacen visibles en las ciudades sinaloenses en cuanto a la congestión vial y el consumo de tiempo de los viajes.

Además, de acuerdo con la Encuesta Nacional de Calidad e Impacto Gubernamental del INEGI (2015a; 2021), cada vez es menos la población con más de 18 años que utiliza el transporte público urbano en Sinaloa, por ejemplo, en 2015 se contabilizaron 777,929 personas y para el año 2021 la cantidad disminuyó a 561,586. En contraste, la satisfacción del servicio ha tenido un cambio ligeramente más positivo, en 2021 el 52.9% de este grupo de la población se encontró satisfecho, superior al 42.6% del año 2015. En relación con los paraderos de transporte la poca satisfacción se mantiene, en 2015 con 36.3% y para 2021 con 36.2%, aunque respecto a los horarios del servicio hay una mejora al pasar del 13.3% al 25.4%, los tiempos de espera entre un autobús y otro han perdido buena percepción al pasar del 61.9% al 57.6%

Desde un punto de vista más social (Burgos Dávila, C. J et al., 2013) recopilaron las opiniones de personas usuarias y choferes del transporte de autobuses en la ciudad de Culiacán, en este estudio identificaron la poca planeación del sistema y lo que denominaron un funcionamiento anárquico donde la interacción entre choferes y usuarios se da en conflicto por la ausencia y poco respeto de los puntos de ascenso y descenso, así como las faltas a los reglamentos de tránsito por parte de los conductores. Estos autores discuten la existencia de un proceso de normalización de los asaltos al transporte, no solo al chofer sino a los objetos de valor que portan los pasajeros, así como otras situaciones de inseguridad como acoso o violaciones.

Así también, en el estado de Sinaloa la política pública de transporte no ha logrado implementar proyectos que ofrezcan una mayor calidad en el servicio público. En 2009, se llevó a cabo el proyecto «Sinaloa Red Plus» que creó una agencia, del mismo nombre, encargada de modernizar el servicio, sin embargo, este organismo fue extinguido con la publicación del Periódico Oficial del Estado de Sinaloa el 25 de mayo de 2018, limitando sus logros a la homologación de la cromática de los autobuses y el sistema de credenciales de estudiante.

Por otra parte, el Gobierno del Estado de Sinaloa llevo a cabo, entre los años 2019 y 2021, una estrategia para renovar la flota de los autobuses del servicio público, esta consistía en un esquema de apoyo a manera de enganche para que los concesionarios y permisionarios del transporte público adquirieran autobuses nuevos a través de créditos, sin embargo, debido a la pandemia del Covid-19 disminuyeron los ingresos de los transportistas quienes se vieron imposibilitados de sostener los pagos (Revista Espejo, 2021).

También, otro proyecto que no vio la luz fue el denominado «Sistema Integrado de Transporte para la ciudad de Culiacán», que a pesar de estar en el registro de la Cartera de Proyectos de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2023) y contar con un monto de apoyo del Gobierno Federal de México.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la revisión llevada a cabo, en primera instancia se identifica que el servicio público de transporte en autobuses está contemplado en la Ley de Movilidad Sustentable del Estado de Sinaloa (2018) como una atribución del Gobierno del Estado. En esta disposición jurídica podemos identificar la distribución de funciones en materias vinculadas al transporte, tanto dentro del propio Estado como las atribuciones de los municipios.

La responsabilidad del servicio recae en el Gobierno del Estado en cuanto a la prestación del servicio y su planificación, y los municipios tienen la particularidad de poder participar en los programas de transporte público que suceden en su territorio, además de señalar facultades genéricas que puedan igualarse al estado excepto en la prestación del servicio.

También, esa misma Ley señala la existencia de un Consejo de Movilidad, que tiene por objetivo promover «la participación plural y democrática de la sociedad, así como los

esfuerzos de la Administración Pública en las acciones inherentes a la movilidad y el transporte público». De acuerdo, a las dos últimas actas de sesiones del Consejo con fecha de 2021 a las que se obtuvo acceso, se registra la integración de dependencias del Gobierno del Estado como consejeros y como invitados los representantes de los Sectores del Transporte, de la Construcción, de las Confederaciones Agrícolas. Los temas que se han desahogado tienen que ver con la actualización de la tarifa del transporte y la dictaminación positiva de concesiones del transporte.

Además, el estudio elaborado por la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno de Sinaloa (SEDESU) (2020) muestra que para implementar un proyecto de transporte se requiere tener en cuenta la participación del Gobierno Municipal de Culiacán por sus competencias en planeación urbana de la ciudad y por la jurisdicción de las vías donde se desplaza el transporte. En la revisión documental también encontramos que existen vialidades de jurisdicción estatal y federal que se encuentran dentro del territorio administrado por el municipio (SICT, 2022), lo que genera incertidumbre sobre la administración, mantenimiento, modificación y en temas de transporte incluso la circulación de vehículos del transporte urbano (Figura 2).

A la par, se reconoce que dentro de la estructura administrativa del estado se debe contar con la participación de la dependencia encargada de la obra pública, quien controla la otorgación de permisos y operación del transporte (Secretaría General de Gobierno de Sinaloa), así como la dependencia del desarrollo urbano, territorial y aspectos técnicos de la movilidad (Secretaría de Desarrollo Sustentable de Sinaloa), así como de la Secretaría de Administración y Finanzas para participar en temáticas como semáforos, construcción de infraestructura vial, operación y planeación del servicio transporte público, entre otras. Con todo esto, se identifica una diversidad de participantes y denota una dispersión y/o fragmentación de las responsabilidades para atender el tema (SEDESU, 2020).

Sumado a esto, tenemos que la operación de estos servicios se encuentra en manos de privados a partir de concesiones y permisos que entrega el Gobierno del Estado; en el estudio se señala que en la ciudad de Culiacán existen 58 rutas urbanas (Figura 4) que son operadas por 7 agrupaciones de personas concesionarias y permisionarias. Una de ellas opera más del 55% de las rutas y cuenta con el 49% de los 1,172 autobuses disponibles para el servicio (SEDESU, 2020).

Respecto a la antigüedad de la flota, se observa que la mayoría son autobuses de más de 10 años. El 45.1% se encuentra en el rango de 16 a 20 años, es decir, modelos entre el año 2014 y el 2008; y el 35.4% son autobuses fabricados en el año 2007 y anteriores.

Sumado a esto, el modelo convencional de operación del transporte se identifica con el modelo «hombre-autobús» también denominado «hombre-camión», que es el que tiene mayor presencia en el país (Gobierno de México, 2023). Además, de acuerdo con la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano del Gobierno de México, el 80% de los que ofrecen el servicio de transporte en el país bajo este modelo que media la calidad por los ingresos y la visión se acota a la operación cotidiana (Pasajero 7, 2022).

4. CONCLUSIÓN

La gobernanza del transporte en Sinaloa tiene elementos para considerarla como multinivel ya que reconoce en la Ley de Movilidad Sustentable de Sinaloa la participación de distintos órdenes de gobierno. Sin embargo, el Consejo de Movilidad donde busca consolidar la pluralidad y la participación no distingue la integración de autoridades del gobierno como el Federal o el Municipal. Respecto a la autoridad dominante de la formulación de la política de transporte público en el estado de Sinaloa existe una ausencia ya que existe una diversidad de funciones de planeación y operación del transporte que son distribuidas en las secretarías de Gobierno, de Desarrollo, de Obras Públicas y Salud. Por su parte, se observa que la opción del transporte público para desplazarse cada vez es menos utilizada en Sinaloa, mucho de ello explicado por la baja satisfacción que tienen los usuarios con el servicio y sus componentes.

Con esto podríamos aseverar que la calidad del servicio es posiblemente afectada por la fragmentación que existe en la planificación y la toma de decisiones. Sin embargo, esta fragmentación supone que los servicios son más cercanos a la población, pero en el caso del transporte público la agencia de la operación diaria se encuentra instalada en el Gobierno del Estado y no en los municipios.

Durante la investigación no se encontró información sobre la existencia de órganos de gobiernos adicionales al Consejo de Movilidad. Así mismo, la integración de este Consejo incluye sectores como invitados relacionados a la operación del servicio de transporte público de pasajeros y de mercancías, pero sin tomar en cuenta a organizaciones ciudadanas que intervengan por los usuarios, la población en general o temas específicos como lo ambiental, la justicia social o el desarrollo económico. A la par, tampoco se consideran actores relacionados al uso del territorio y la administración del territorio que han contemplado los autores para una mejor gestión del servicio de transporte público y desde su perspectiva pudieran apoyar en la vinculación del territorio y el transporte que es crucial para consolidar la gobernanza del transporte.

En ese sentido, se debe promover una agenda de investigación que permita dar mayor claridad sobre el marco en el cual se lleva a cabo la gobernanza sobre el transporte en los gobiernos subnacionales, así como los actores que participan y las interacciones formales e informales.

REFERENCIAS

Burgos Dávila, C. J., Silva Ríos, C. E., Troncoso Avalos, S. M., y Franco López, B. (2013). Lo cotidiano en el transporte público de Culiacán: hacia una movilidad urbana sostenible y segura. *Revista de Estudios Urbanos y Ciencias Sociales*, 3(1), 123–139.

Cervero, R., y Golub, A. (2007). Informal transport: A global perspective. *Transport Policy*, 14(6), 445–457. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.04.011

Congreso del Estado de Sinaloa (2018, octubre 10). Ley de Movilidad Sustentable para el Estado de Sinaloa. Periódico Oficial. Recuperado mayo 15, 2023, de: https://gaceta.congresosinaloa.gob.mx:3001/pdfs/leyes/Ley_59.pdf

Connolly, P. (2018). ¿Qué se gobierna en materia de transporte y movilidad?: el caso de la ciudad de México. En P. Le Galès y V. Ugalde (Eds.), *Gobernando la Ciudad de México: Lo que se gobierna y lo que no se gobierna en una gran metrópoli*. (pp. 371–428). Colegio de México. https://doi.org/10.2307/j.ctv8bt1pt.13

Del Castillo, R. G. (2014). Democracia y participación en los gobiernos locales: su importancia para la gestión pública y gobernanza locales en México. *Revista Mexicana de Análisis Político y Administración Pública*, (5), 91-120.

Emerson, K., Nabatchi, T., y Balogh, S. (2012). An integrative framework for collaborative governance. *Journal of Public Administration Research and Theory: J-PART*, 22(1), 1–29. https://doi.org/10.1093/jopart/mur011

Gobierno de México (2023) Estrategia Nacional de Movilidad y Seguridad Vial 2023 - 2042. *SEDATU/SICT*. Recuperado junio 01, 2023, de: https://www.gob.mx/cms/uploads/sedatu/ENAMOV_VF.pdf

Gonzalez-Feliu, J., Pronello, C., y Grau, J. M. S. (2018). Multi-stakeholder collaboration in Urban Transport: State-of-the-art and research opportunities. *Transport*, 33(4), 1079–1094. https://doi.org/10.3846/transport.2018.6810

Hooghe, L. y Marks, G. (2003). Unraveling the central state, but how? Types of multi-level governance. *The American Political Science Review*, 97(02). https://doi.org/10.1017/s0003055403000649

Hrelja, R., Monios, J., Rye, T., Isaksson, K., y Scholten, C. (2017). The interplay of formal and informal institutions between local and regional authorities when creating well-functioning public transport systems. *International Journal of Sustainable Transportation*, 11(8), 611–622. https://doi.org/10.1080/15568318.2017.1292374

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2023). *Encuesta nacional de seguridad pública urbana* [Data set]. Recuperado mayo 15, 2023, de: https://www.inegi.org.mx/programas/ensu/#Tabulados

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015a). *Evaluación de servicios públicos bajo demanda* [Data set]. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/encig/2015/tabulados/II_evaluacion_servicios_bajo_demanda_encig2015_est.xlsx

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2021). *Evaluación de servicios públicos bajo demanda* [Data set]. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/encig/2021/tabulados/II_evaluacion_servicios_bajo_demanda_encig2021_est.xlsx

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015b). *Movilidad cotidiana* [Data set]. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/intercensal/2015/tabulados/10_movilidad_cotidiana.xls

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2020). *Movilidad cotidiana* [Data set]. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ccpv/2020/tabulados/ampliado/cpv2020_a_eum_10_movilidad_cotidiana.xlsx

Lay, M. R., Daeng, E., y Therik, J. J. (2023). Realizing good local governance through local government apparatus empowerment strategy. *Journal of Social Research*, *2*(8), 2600-2607. https://doi.org/10.55324/josr.v2i8.1311

Marques, E. (2013). Government, political actors and governance in urban policies in Brazil and São Paulo: concepts for a future research agenda. *Brazilian Political Science Review*, *7*(3), 8–35. https://doi.org/10.1590/s1981-38212013000300001

Marsden, G., Ferreira, A., Bache, I., Flinders, M., y Bartle, I. (2014). Muddling through with climate change targets: a multi-level governance perspective on the transport sector. *Climate Policy*, *14*(5), 617–636. https://doi.org/10.1080/14693062.2014.905823

Marsden, G. y Reardon, L. (2017). Questions of governance: Rethinking the study of transportation policy. *Transportation Research. Part A, Policy and Practice*, 101, 238–251. https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.05.008

Paget-Seekins, L., y Tironi, M. (2016). The publicness of public transport: The changing nature of public transport in Latin American cities. *Transport Policy*, *49*, 176–183. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.05.003

Pasajero 7 (2022, mayo 16) *SEDATU reiteró su apuesta por el transporte público que mueve al 80% de los mexicanos*. Pasajero 7. https://www.pasajero7.com/sedatu-reitero-apuesta-transporte-publico-mueve-al-80-los-mexicanos/

Revista Espejo (2022, octubre 18) *Camiones "Puros Sinaloa". Entre la modernización y el embargue*. Revista Espejo. https://revistaespejo.com/2021/10/18/camiones-puros-sinaloa-entre-la-modernizacion-y-el-embargue/

Secretaría de Desarrollo Sustentable del Gobierno del Estado de Sinaloa (SEDESU) (2020). *Sistema Integrado de Transporte de la ciudad de Culiacán. Análisis costo beneficio.*

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) (2020). Metrópolis de México 2020. Recuperado marzo 18, 2025, de: https://www.gob.mx/cms/uploads/sedatu/MM2020_06022024.pdf

Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2023) *Cartera Pública de Inversión*. Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Recuperado mayo 15, 2023, de: https://www.secciones.hacienda.gob.mx/work/models/sci/cartera_publica/#/busqueda

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte (SICT) (2020). Miniatlas 2022. Recuperado marzo 18, 2025, de: https://www.sct.gob.mx/planeacion/cartografia/miniatlas/

Sosa López, J. D. J. (2012). Gobiernos locales y desarrollo territorial en México. *Frontera Norte*, 24(47), 171-192. Recuperado septiembre 21, 2023, de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73722012000100007&lng=es&tlng=es

Stoker, G. (1998). Governance as theory: five propositions. *International Social Science Journal*, *50*(155), 17–28. https://doi.org/10.1111/1468-2451.00106

Trejo, A., (2020). La gobernanza del transporte público metropolitano en la Ciudad de México. *Espacialidades*, 10(01), 64–87. https://doi.org/10.24275/uam/cua/dcsh/esp/2020v10n1/trejo

Veeneman, W., y Mulley, C. (2018). Multi-level governance in public transport: Governmental layering and its influence on public transport service solutions. *Research in Transportation Economics*, 69, 430–437. https://doi.org/10.1016/j.retrec.2018.07.005

DEL MANUAL TÉCNICO A LA ACCIÓN CIUDADANA: EMPODERANDO A LA SOCIEDAD CIVIL VENEZOLANA PARA LA CO-CREACIÓN Y FISCALIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA CICLISTA SEGURA

Eliana Coromoto León Espinoza
Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela
e-mail: elianaleon@usb.ve

Rosa Virginia Ocaña Ortiz
Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela
e-mail: rocana@usb.ve

RESUMEN

En Venezuela existe un marco legal para el ciclismo urbano, la Ley para la Promoción del Ciclismo (Gaceta Oficial N.º 6.664 Extraordinario del 11 de noviembre de 2021) y en Caracas se cuenta con 3 ordenanzas municipales en Chacao, El Hatillo y Libertador. Sin embargo, estas ordenanzas no contemplan aspectos técnicos que definan criterios respecto a lo que significa que la infraestructura ciclista sea segura, más allá de algunos criterios contenidos en el Manual Venezolano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito. El objetivo de este trabajo es evaluar el uso del "Manual para evaluar calles seguras para ciclistas", instrumento desarrollado en la ciudad de Sinaloa, México, para su aplicación como una herramienta técnica clave para operacionalizar la participación ciudadana en Venezuela. Como resultado, el "Manual para evaluar calles seguras para ciclistas" de México ofrece una guía sencilla y útil para que el movimiento de ciclistas urbanos venezolanos y cualquier ciudadano interesado en la materia, en pleno ejercicio de sus derechos y deberes, se convierta en un actor clave en la co-creación y fiscalización de la infraestructura ciclista urbana.

1. INTRODUCCIÓN

A partir de la segunda mitad del siglo XX cobra cada vez mayor importancia el concepto de desarrollo sostenible y de acuerdo con el objetivo de desarrollo sostenible número 11 de la Agenda 2030, sobre ciudades y comunidades sostenibles, cada vez más ciudades se encuentran convencidas de la importancia de la movilidad sostenible, enfocada en mover personas y no automóviles, protegiendo el ambiente, siendo accesibles, seguras e incluyentes. En este contexto juegan un papel importante los sistemas de transporte sostenible y aumenta el auge de la movilidad activa.

De acuerdo con el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible de España (2025), la movilidad activa "Es el desplazamiento en modos no motorizados o utilizando la actividad física humana, como caminar o desplazarse en bicicleta o ciclo" y ofrece importantes beneficios para la salud pública, ya que constituye una actividad física, reduce las emisiones de gases contaminantes y contribuye al diseño y construcción de espacios urbanos más seguros y agradables.

La bicicleta se ha robustecido como modo de transporte en muchas ciudades europeas, donde no es posible dejar de mencionar la experiencia de los Países Bajos. Mientras que en América Latina también hay un impulso importante en países como México, Argentina y Colombia, nombrando sólo algunos. México tiene avances incluso en sistemas de bicicletas públicas, pero además tiene una interesante experiencia colaborativa que tuvo lugar en la ciudad de Sinaloa, de la cual ha resultado el Manual para Evaluar Calles Seguras para Bicicletas.

Venezuela se encuentra en un escenario donde algunos sectores de la sociedad ofrecen resistencia, pero es innegable la existencia de un movimiento de ciclistas urbanos que ha venido en aumento durante los últimos años. En 2021 se sancionó la Ley para la Promoción del Ciclismo Urbano, instrumento que asigna a los gobiernos locales la obligación de crear infraestructura segura para la circulación en bicicleta, mientras que confiere a los ciclistas urbanos el derecho a participar en el proceso de formación, aplicación y control de las políticas pública dirigidas a la promoción del ciclismo urbano. No obstante, aún no existen herramientas que, en el caso específico de la seguridad de la infraestructura, permitan a este grupo social hacer evaluaciones con criterios objetivos y es en este punto donde resulta interesante y pertinente pensar en la metodología planteada en Sinaloa como una herramienta técnica clave para operacionalizar la participación ciudadana en el contexto venezolano. En este orden de ideas se busca proponer una metodología adaptada al contexto venezolano que permita evaluar la seguridad de la infraestructura ciclista, a través del ejercicio de la participación ciudadana.

2. EL MARCO LEGAL VENEZOLANO: ASPECTOS INHERENTES A UNA INFRAESTRUCTURA SEGURA Y LA PARTICIPACIÓN CIUDADANA

La Ley para la Promoción del Ciclismo Urbano

En noviembre de 2021 ha sido promulgada la Ley para la Promoción del Ciclismo Urbano (LPCU), un novedoso instrumento de rango legal que regula la materia del

ciclismo urbano como modo de transporte en Venezuela. El objeto fundamental de esta ley, según su Art. 1, es "promover, incentivar, proteger y regular el ciclismo urbano en todo el territorio nacional como actividad física que promueve el libre tránsito, la salud, el deporte, la recreación y la vida activa de las personas, en armonía con el ambiente y el desarrollo sustentable".

La LPCU tiene entre sus finalidades "garantizar la seguridad vial y protección al libre tránsito de las y los ciclistas" (Art. 2) y hace a los gobiernos regionales y alcaldías corresponsables para desarrollar "políticas y planes para el desarrollo del ciclismo urbano" (Art. 9). A los gobiernos locales les asigna la obligación de "crear progresivamente, mantener y adecuar infraestructuras que garanticen ciclovías para el uso exclusivo de bicicletas en sus municipios, con condiciones de seguridad" y las hace responsables de "garantizar que las ciclovías permanezcan libres para su circulación (Art. 11).

Por otra parte, en el Art. 5 la Ley confiere a los ciclistas urbanos el derecho a "participar en la formulación, ejecución y control de las políticas públicas dirigidas a la promoción del ciclismo urbano", así como a "constituir movimientos sociales" que contribuyan a su consolidación como modo de transporte. La efectividad de dicha participación requiere acceso a herramientas que permitan a la ciudadanía evaluar con criterios objetivos la calidad y seguridad de la infraestructura propuesta o existente. El mismo artículo, también define como derechos de los ciclistas urbanos el "disponer de la infraestructura pública adecuada" y "promover el uso de la bicicleta como medio de transporte" y "apoyar y participar en las políticas públicas y planes sociales sobre el ciclismo urbano".

Finalmente, la LPCU en su disposición transitoria segunda asigna a las Alcaldías tres años para generar las condiciones normativas y de infraestructura necesarias para el desarrollo del ciclismo urbano, las cuales deberían contener la definición de los criterios y elementos que puedan garantizar que la infraestructura sea segura. A los efectos de evaluar los avances que se hayan podido materializar al respecto, se revisará el estatus de los municipios del Área Metropolitana de Caracas.

Estatus de la formulación de criterios y normativa para el ciclismo urbano en los municipios del Área Metropolitana de Caracas

Se conoce que desde la entrada en vigencia de la LPCU, se han promulgado ordenanzas en materia de ciclismo urbano en tres de los seis municipios que conforman el Área Metropolitana de Caracas, tal como se observa en la tabla 1.

Tabla 1: Ordenanzas de Ciclismo Urbano en al Área Metropolitana de Caracas

Municipio	Destino Económico	Contribución media
Chacao, Estado Miranda	Ordenanza que promueve y regula el ciclismo urbano en el Municipio Chacao	Gaceta Municipal Número Extraordinario 9386 (25/01/2023)
Libertador, Distrito Capital	Ordenanza para la regulación de la Movilidad en Bicicleta	Gaceta Municipal Nº 5083-1 (19/07/2024)
El Hatillo, Estado Miranda	Ordenanza para la regulación de la movilidad en bicicleta en el Municipio El Hatillo del Estado Miranda	Gaceta Municipal Nº 297 (06/08/2024)

En términos generales se puede decir que en los tres casos se abordan los temas de la infraestructura y la participación ciudadana. Sin embargo, destaca la ordenanza del Municipio Libertador por tener un enfoque holístico del tema, incluyendo conceptos importantes tales como movilidad sostenible, integración modal y pacificación de tránsito. Todo esto, entendiendo la necesidad de planificar la movilidad en bicicleta de manera conjunta con la planificación urbana y definiendo competencias en materia de mantenimiento.

Es el instrumento que desarrolla más aspectos inherentes a la seguridad vial, estableciendo el uso de la caja-bici, la fase ciclista en los semáforos, el uso de señalización y demarcación, la realización de estudios de transporte previos al diseño de las ciclovías y cómo manejar los ciclocanales. En las disposiciones transitorias de esta ordenanza se establece la formulación de un Plan Maestro de la Bicicleta, como medio para la formación de las políticas y la consecuente formulación de planes, programas y proyectos en la materia. En cuanto a los estacionamientos para bicicletas, el contenido de los tres instrumentos es bastante homogéneo. Se plantean criterios muy básicos de localización y algunas características en cuanto a la configuración física de los anclajes para colocar las bicicletas. Es de destacar que estas ordenanzas, se apoyan en los criterios técnicos establecidos en el Manual Venezolano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito (Gaceta Oficial N.º 39.590, del 10/01/2011), norma de aplicación nacional, cuestionada por algunos sectores por requerir actualización.

Desde el punto de vista de la participación, la ordenanza de Chacao se limita a las organizaciones comunales, pero Libertador y El Hatillo tienen un enfoque más amplio y reconocen la participación activa de las organizaciones de ciclistas urbanos. La ordenanza del Municipio Libertador es la concreción de un esfuerzo colaborativo entre instituciones de gobierno, la academia y el impulso de los ciclistas urbanos, a través de las organizaciones Movilidad Urbana en Bicicleta (Mubici) y Bicicultura Venezuela.

El Manual Venezolano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito (MVDUCT)

El MVDUCT es un documento técnico de obligatorio cumplimiento en el territorio nacional, en su capítulo 7 desarrolla criterios a ser aplicados para diseñar e implementar ciclorrutas, para "comenzar a considerar la bicicleta como un sistema de transporte alternativo" (Capítulo 7, p. 1). Seguidamente, se presenta una síntesis de tales criterios.

Las ciclorrutas deben localizarse en vías arteriales secundarias, colectoras y locales. Para que puedan existir en vías de jerarquía superior es requisito indispensable que se encuentren totalmente segregadas y separadas de la calzada a una distancia entre 1,7 y 2 metros, según la velocidad de circulación permitida en la vía. Además de la segregación, se recomienda reducir al mínimo posible el número de intersecciones con las vías principales.

El trazado de las ciclorrutas debe tener carácter estructurante y unir diferentes generadores de viajes de la ciudad. Deben brindar protección y un paisaje agradable para el ciclista, así como tener buena accesibilidad, iluminación, señalización y demarcación.

La superficie de rodamiento de la ciclorruta debe diferenciarse del resto de la calzada, a través de un cambio de textura o de color. Asimismo, debe estar en buenas condiciones de mantenimiento, ser impermeable y antideslizante. El manual también define lineamientos de reglamentación, prevención e información, aplicables a las ciclorrutas (Capítulos 2 y 3).

Por último, el manual proporciona orientación para el tratamiento que debe darse al trazado de ciclorrutas en intersecciones, tanto semaforizadas como no semaforizadas. En tal sentido, el manual hace referencia a rampas para el cruce de la ciclovía, demarcación y criterios básicos para la determinación de las fases de semáforos.

Conocido el propósito fundamental de la LPCU, habiendo revisado el contenido de tres ordenanzas municipales promulgadas en municipios del Área Metropolitana de Caracas, así como los lineamientos técnicos del MVDUCT, se hace evidente la necesidad de contar con un instrumento más específico y accesible a la ciudadanía, que permita concretar el proceso de evaluación de la seguridad de la infraestructura ciclista, adecuado para las etapas de diagnóstico, formulación y seguimiento de proyectos, un instrumento que con fundamentación técnica, coadyuve a operacionalizar la participación ciudadana.

3. EL MANUAL PARA EVALUAR CALLES SEGURAS PARA CICLISTAS DE SINALOA

El manual para evaluar calles seguras para ciclistas es el resultado de un proceso colaborativo, llevado a cabo en la ciudad de Sinaloa, México, en 2022, en el cual participaron colectivos, organizaciones e instituciones interesados en promover el ciclismo urbano. Fundamentada en principios de movilidad sostenible, urbanismo, perspectiva de género y seguridad vial, es una metodología que permite evaluar una calle y ubicarla dentro de una escala de clasificación que indica qué tan segura es para ser transitada en bicicleta.

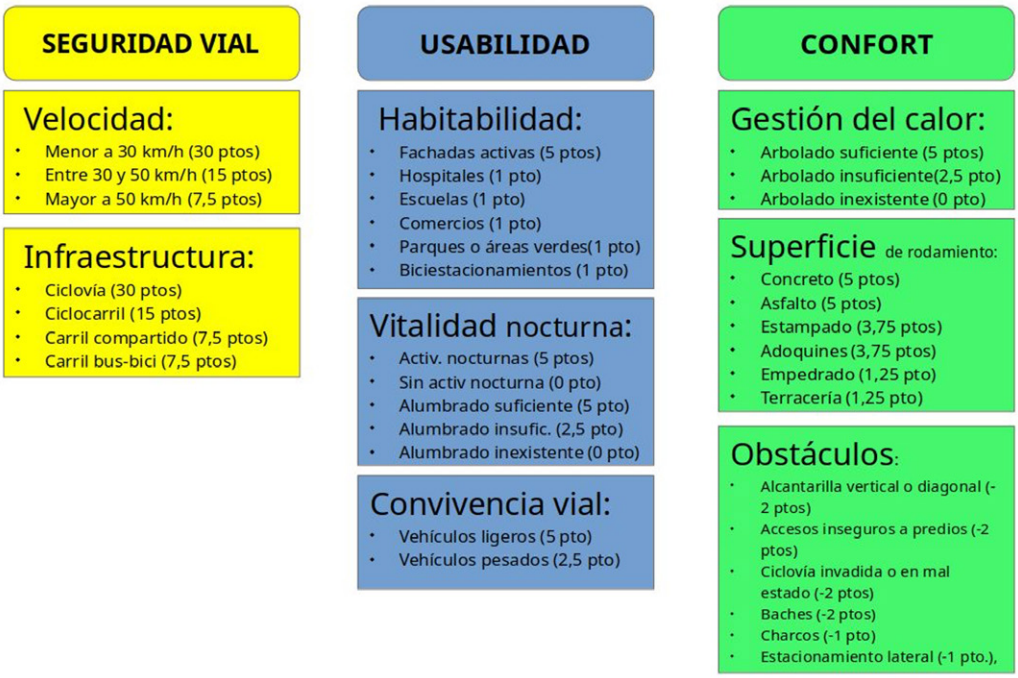
La metodología parte de tres preguntas respecto a la calle: ¿Qué tan segura es? ¿Estoy dispuesto a usarla? Y ¿Es cómodo usarla? Cada una de estas preguntas corresponde a una categoría, a saber, seguridad vial, usabilidad y confort, respectivamente. A su vez, cada categoría engloba indicadores y variables, que tienen un valor asignado de acuerdo con su importancia.

Sobre seguridad vial se evalúan la velocidad de circulación de los vehículos en la zona y la existencia o no de infraestructura ciclista, con la valoración que se observa en la tabla 2. Vale destacar que la velocidad y la existencia ciclorruta (ciclovía para el manual) son los indicadores con mayor valoración en la metodología.

El manual identifica como usabilidad a un conjunto de condiciones urbanas que motivaran o no al ciclista a transitar por esa calle. Estas condiciones se agrupan en habitabilidad, convivencia vial y vitalidad nocturna. Con la habitabilidad se va a identificar si en la calle objeto de a evaluación se localizan usos atractores de viajes y activadores de la dinámica urbana, pero sobre todo se valora que los bordes de las calles tengan las llamadas fachadas activas, que garantizan la relación de las edificaciones con la calle. En convivencia vial se busca penalizar aquellas zonas por donde transitan vehículos

pesados, por ser poco convenientes para la seguridad del ciclista, mientras que en la vitalidad nocturna se valoran dos aspectos: en primer lugar que las actividades urbanas estén activas en períodos nocturnos y la existencia de un alumbrado público suficiente. Las valoraciones asignadas a cada uno de estos indicadores se observan en la figura 1.

Figura 1: Valoración de variables por indicador propuesta en el Manual de Sinaloa



Finalmente, el confort se evalúa a través de tres indicadores: Obstáculos, gestión del calor y superficie de rodamiento. En el primero, la metodología los valora de forma negativa, por lo que al estar presentes restarán al total de puntos obtenidos por la calle que se evalúa; sus posibles condiciones y valoración se observan en la figura 1. La gestión del calor se evalúa por la existencia de vegetación arbórea y la superficie de rodamiento presenta una lista de tipos de pavimento, valorados en función de su conveniencia para circular en bicicleta, como se aprecia también en la figura 1.

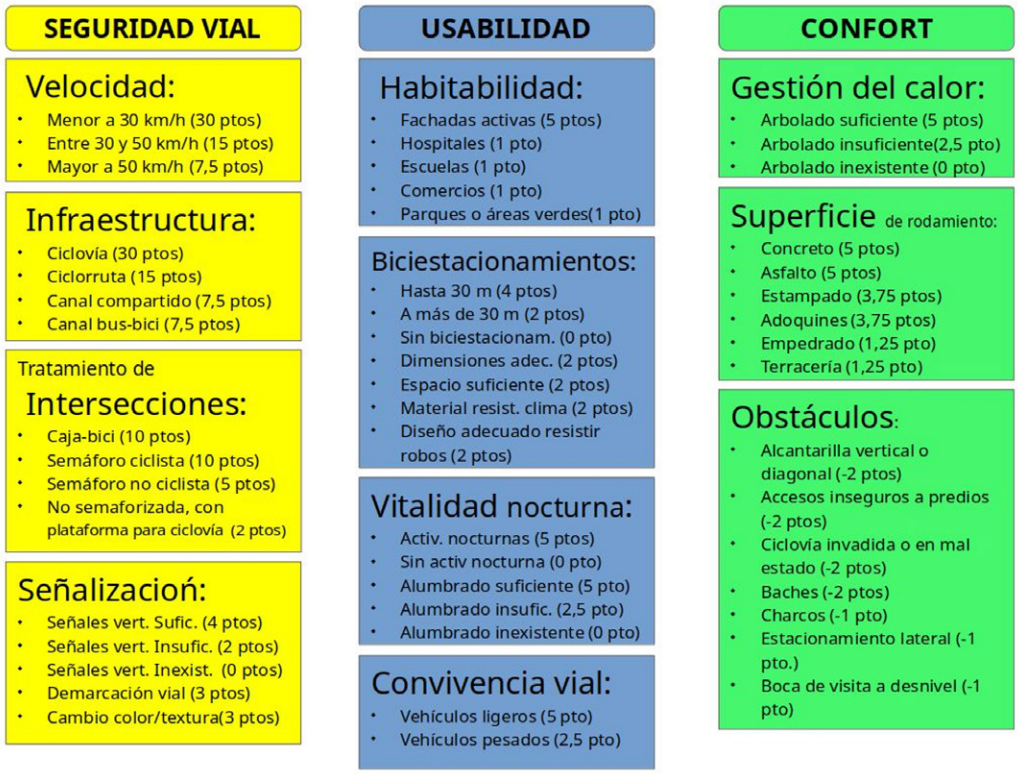
Para aplicar la evaluación es necesario recorrer la calle e identificar la variable que se presenta para cada indicador, para finalmente sumar el total de los valores correspondientes, expresados en la figura 1. El resultado cuantitativo obtenido tendrá una equivalencia en la siguiente escala cualitativa: *Con práctica (0-44,9 puntos) - Con precaución (45-61,9 puntos) - Recomendable (62-74,9 puntos) - Biciamigable (75-105 puntos).*

4. LA ADAPTACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA SU APLICACIÓN EN UN CONTEXTO DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA EN VENEZUELA

En términos de forma, la adaptación de la metodología requiere algunos ajustes a la terminología empleada en el caso de algunas variables. Desde el punto de vista del

contenido, se han incorporado algunos elementos en función del caso venezolano, tal como se observa en la figura 2 y se describe seguidamente.

Figura 2: Adaptación de los indicadores al caso venezolano



En seguridad vial se han incorporado dos nuevos indicadores que se corresponden con el tratamiento de las intersecciones y la señalización de la infraestructura ciclista. En usabilidad, los biciestacionamientos dejan de ser una variable del indicador habitabilidad para ser un nuevo indicador, que incluye variables relacionadas con su localización y sus características físicas (diseño seguro para resistir robos, material, dimensiones adecuadas y material resistente a factores climáticos). Por último, en el confort sólo se ha incorporado la variable bocas de visita a desnivel en el indicador obstáculos, con una valoración negativa, dado que es un problema común en la vialidad de las ciudades venezolanas.

Con la incorporación de nuevos indicadores y variables, la evaluación alcanza un valor máximo de 148 puntos y la escala de resultados de la metodología adaptada corresponde a los siguientes valores: *Con práctica (0-62,9 puntos) - Con precaución (63-86,9 puntos) - Recomendable (87-105,9 puntos) - Biciamigable (106-148 puntos).*

Aunado a las adaptaciones al contenido de la metodología mencionadas, se proponen dos formatos para el diseño del instrumento de recolección de información, según los recursos a los cuales tengan acceso los ciudadanos y el municipio. En primer lugar, un formato en papel, en tamaño portable y cómodo para manipular, y como segunda opción un formulario digital, en caso de disponer de dispositivos móviles con acceso a internet. Sea el formato que se emplee, el resultado es un instrumento de fácil aplicación

que no requiere de conocimientos especializados para su uso y por lo tanto, puede ser una herramienta de apoyo para el ejercicio de la participación ciudadana.

5. APORTES PARA LAS ADMINISTRACIONES MUNICIPALES Y SU IMPACTO EN LA CREACIÓN DE PROCESOS DE GOBERNANZA COLABORATIVA EN VENEZUELA

La aplicación de la adaptación al caso venezolano de la metodología propuesta en el *Manual para evaluar calles seguras para ciclistas de Sinaloa*, puede generar importes aportes a las administraciones municipales en el desarrollo de sus competencias en materia de ciclismo urbano y en su difusión como modo de transporte sostenible, así como un impacto positivo en el desarrollo y fortalecimiento de la participación ciudadana. Entre los aportes específicos es posible identificar los siguientes:

• Facilita la formulación de un diagnóstico ciudadano que arroje como resultado una clasificación objetiva del nivel de seguridad de tramos específicos de calles o rutas, destinados para circular en bicicleta, además de la identificación de deficiencias cuya atención es conveniente planificar.

• El resultado de la evaluación puede servir como base para la formulación de propuestas sólidas por parte de los ciudadanos organizados, a través de movimientos sociales y de los comités de ciclismo urbano previstos en la LPCU y en las diferentes ordenanzas municipales.

• La identificación de deficiencias y necesidades existentes en la infraestructura ciclista, pasa a concretar un medio que facilita el ejercicio del control ciudadano, a través del seguimiento a la ejecución de políticas públicas en materia de ciclismo urbano, lo cual tiene un impacto positivo tanto en el control de la aplicación de los recursos, como para la ejecución de planes de mantenimiento que garanticen la durabilidad de la infraestructura ciclista en el tiempo.

En este orden de ideas, un ejercicio de participación de los ciudadanos interesados en el fortalecimiento del ciclismo urbano y en el desarrollo urbano sostenible, como el que se propone con la adaptación del manual de Sinaloa en Venezuela, puede generar impactos positivos tales como la democratización del conocimiento, puesto que la evaluación de la infraestructura deja de ser una tarea exclusiva de expertos y se fortalece cuando los controles los realiza el mismo usuario de esa infraestructura, al incorporar su experiencia vivencial.

Para las organizaciones de ciclistas constituye una herramienta poderosa para su incidencia en las decisiones municipales y la defensa de sus derechos, lo que se traduce en el fortalecimiento de la sociedad civil.

Todo ese proceso que se ha desarrollado a partir de la metodología, que va desde el levantamiento de información en campo hasta la formulación de propuestas, cuando se concreta en proyectos municipales, cuenta con el respaldo de los actores sociales involucrados, coadyuvando a la construcción de la gobernanza en los municipios y garantizando que las políticas públicas sean más efectivas y estén legitimadas, al

tiempo que se fomenta la transparencia en la gestión de recursos y la rendición de cuentas por parte de las autoridades.

Para que estos impactos se concreten y mantengan en el tiempo es necesario que se haga un esfuerzo inicial importante en la difusión de la metodología y que exista verdadera voluntad política para que los diferentes niveles de gobierno con competencia en materia de infraestructura ciclista, para incorporar formalmente los resultados de las evaluaciones y propuestas ciudadanas en todos sus procesos de planificación y toma de decisiones, así como de garantizar condiciones para que los esfuerzos de evaluación y control ciudadano se mantengan a largo plazo.

6. CONCLUSIONES

El "Manual para evaluar calles seguras para ciclistas" de México ofrece una guía sencilla y útil para que el movimiento de ciclistas urbanos venezolanos y cualquier ciudadano interesado en la materia, en pleno ejercicio de sus derechos y deberes, se convierta en un actor clave en la co-creación y fiscalización de la infraestructura ciclista urbana. Al incorporar los criterios del marco normativo venezolano a la metodología de México, las aspiraciones de una movilidad activa y segura se traducen en criterios técnicos objetivos y medibles, y se logra un manual que permite a la ciudadanía ir más allá del simple proceso de solicitud de creación o mejoras de infraestructura ciclista, pues se facilita la presentación de diagnósticos y propuestas fundamentadas, de infraestructuras que sean verdaderamente seguras, usables y confortables. Esta integración de la técnica y la participación ciudadana es un paso importante para construir ciudades más justas, inclusivas y sostenibles, donde la bicicleta no sólo sea un modo de transporte, sino también un símbolo de empoderamiento ciudadano.

7. REFERENCIAS

Lairet, R. (18/09/2024). *Caracas logra un plan para la movilidad urbana en bicicleta. Ciudad CCS. Recuperado de: https://www.ciudadccs.info/publicacion/22017-0, el 31 de octubre de 2025*

Ley para la Promoción del Ciclismo Urbano. Publicada en la Gaceta Oficial N.º 6.664 Extraordinario, de fecha 11 de noviembre de 2021

Manual Venezolano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito. Gaceta Oficial N.º 39.590, de fecha 10 de enero de 2011. Capítulos 2, 3 y 7.

Movilidad Activa (2025). Gobierno de España, Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. Recuperado de: https://www.transportes.gob.es/movilidad-sostenible/areas-tematicas/movilidad-activa, el 19 de octubre de 2025.

Salazar A., Rodríguez R., Osuna J., Huete N. y Andrade-Ochoa S. (2022). *Manual para evaluar calles seguras para ciclistas*. Culiacán, Sinaloa, Mexico.

Ordenanza para la regulación de la Movilidad en Bicicleta. Gaceta Municipal Nº 5083-1, de fecha 19 de julio de 2024.

Ordenanza para la regulación de la movilidad en bicicleta en el Municipio El Hatiilo del Estado Miranda. Gaceta Municipal Nº 297, de fecha 06 de agosto de 2024.

Ordenanza que promueve y regula el ciclismo urbano en el Municipio Chacao. Gaceta Municipal Número Extraordinario 9386, de fecha 25 de enero de 2023.

DESCENTRALIZAÇÃO DO TRANSPORTE INTERESTADUAL SEMIURBANO DE PASSAGEIROS COMO MEIO DE AUMENTO DA EFICIÊNCIA

Fernanda Catarina Ribeiro da Luz
fernanda.rluz@ufpe.br

Rodrigo Juan Martins Cardozo
rodrigo.juan@ufpe.br

Mauricio Oliveira de Andrade
mauricio.andrade@ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

RESUMO

O transporte foi incluído no Art. 6º da Constituição Federal como direito social em 2015, destacando a responsabilidade pública em garantir o direito de ir e vir a todos os cidadãos. No Brasil, o transporte público é regulamentado conforme os limites geográficos. A ANTT regula o transporte terrestre coletivo interestadual semiurbano. Contudo, a competência geográfica pode gerar problemas na gestão integrada do transporte em áreas conurbadas quando houver sobreposição de redes e de políticas tarifárias. Este estudo investiga o papel dos convênios de delegação para melhorar a prestação desse serviço. Analisou-se a legislação pertinente, destacando a importância da descentralização e integração das redes de transporte. Concluiu-se que a delegação de competências e a formação de consórcios públicos podem ser estratégias úteis para otimizar recursos e melhorar a fiscalização da qualidade dos serviços, promovendo um sistema de transporte semiurbano mais eficiente e acessível no Brasil.

Palavras-chaves: Transporte Público; Integração Regional; Gestão Metropolitana; Delegação de Competências.

1. INTRODUÇÃO

A partir da Emenda Constitucional nº 90 de 15/09/2015, o transporte foi incluído no Art. 6º como direito social, juntamente com saúde, educação, alimentação, trabalho e segurança. Isso evidencia a necessidade de uma solução sob a responsabilidade pública para garantir adequadamente, o direito de ir e vir do cidadão. No entanto, não está claro no texto constitucional se esse direito se restringe ao âmbito urbano ou como e em que condições será assegurado (Brasil, 2015).

No Brasil, o transporte público é regulado constitucionalmente conforme limites geográficos: o transporte entre bairros é de competência local (Art. 30, inciso V), o intermunicipal é regulado pelos estados (artigo 25, § 1º), enquanto os que atravessam fronteiras estaduais e nacionais são de competência da União (artigo 21, inciso XII, alínea 'e'). No Art. 158 consta que *nas regiões metropolitanas ou aglomerações urbanas, o transporte coletivo será de responsabilidade compartilhada entre o Estado e os municípios* (Brasil, 1988). No âmbito federal, a Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT detém a competência delegada pela Lei n°10.233 de 2001 para regular os serviços de transporte terrestre coletivo interestadual semiurbano (Brasil, 2001).

Todavia, essa competência geográfica faz com que, em muitos casos, linhas de transporte urbano não sejam gerenciadas por entidades geograficamente próximas ou que ofertem um serviço integrado em rede. Um exemplo disso são as linhas de transporte rodoviário interestadual semiurbano que realizam percursos entre cidades vizinhas e são gerenciadas pela ANTT. Como exemplo, há linhas que atravessam fronteiras de estados, mas que atendem a cidades completamente conurbadas como Petrolina (PE) / Juazeiro (BA), Timon (MA) / Teresina (PI) e Aragarças (GO) / Barra do Garças (MT) e principalmente o Distrito Federal e as cidades de Valparaíso de Goiás, Novo Gama e Águas Lindas em Goiás. levando a existência de duas redes de transportes, uma local e outra semiurbana com sobreposições e deseconomias.

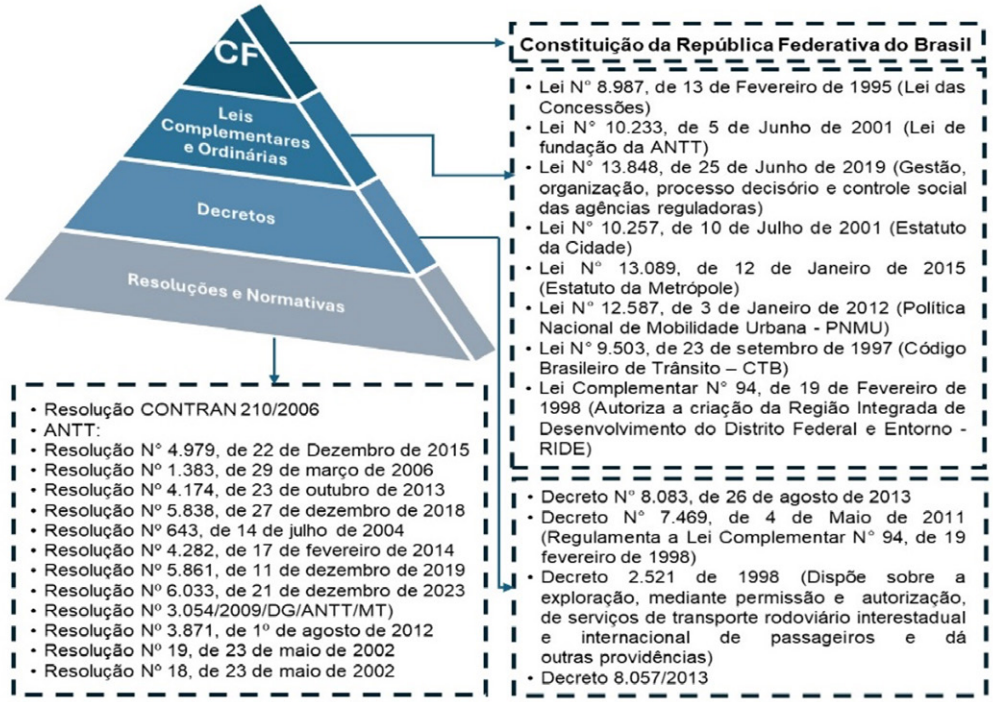
O objetivo deste artigo é averiguar do ponto de vista regulatório, se nos casos de transporte interestadual semiurbano que passam por regiões urbanas ou periurbanas de municípios conurbados, o uso de convênios de delegação possibilitaria uma melhor efetividade na prestação do serviço de transporte coletivo, tanto para o cidadão quanto para a gestão pública.

2. METODOLOGIA

A partir da perspectiva da pirâmide legal, frequentemente associada à Teoria de Kelsen como uma hierarquia de normas jurídicas dentro de um sistema legal, este estudo explora a problemática proposta sobre uma perspectiva normativa. Para Kelsen, o Direito é concebido como uma pirâmide de normas hierarquizadas e sobrepostas, refletindo um positivismo jurídico. Esta abordagem foca nos ramos do Direito público substantivo que definem direitos e deveres, excluindo normas instrumentais, procedimentais ou processuais (Lourenço, 2017).

A análise se inicia no topo da pirâmide, pois é a norma fundamental que confere validade a todas as outras normas. Então, inicialmente cabe, de forma suscinta ancorar a discussão sobre as definições do transporte semiurbano interestadual de passageiros na esfera constitucional, nos aspectos de direitos, de caracterização como serviço público e suas competências. Em termos quantitativos, foram avaliados 20 documentos, incluindo leis, decretos, resoluções e normativas pertinentes ao serviço de transporte e transporte semiurbano.

Figura 1: Pirâmide de análise legal dos serviços de transportes semiurbanos



3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Da análise da Constituição Federal extrai-se: o transporte como direito social; as competências dos entes federativos na prestação do serviço de transporte especialmente dos municípios onde tem caráter essencial; a competência legislativa da União, a competência dos estados e do Distrito Federal para organizar as funções públicas de interesse comum como o transporte público coletivo em regiões metropolitanas e aglomerações urbanas; o poder público competente para as funções de fiscalização, incentivo e planejamento, podendo delegar a terceiros por meio de licitação por regime de concessão ou permissão. Da constituição percebe-se a importância suplementar dos poderes locais na gestão dos serviços no caso de sobreposição geográfica de competências.

Da Lei das Concessões (Lei nº 8.987/1995) extrai-se o conceito de transporte adequado como elemento essencial para a regulação dos serviços, assegurando-se condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas, além do direito a informações conforme (Art.

7º). Essa Lei também define principalmente a incumbência dos poderes concedentes em regulamentar, fiscalizar e aplicar penalidades entre outras. Dessa Lei, também se pode inferir a importância de uma fiscalização de proximidade na eficiência da prestação do serviço (Brasil, 1995).

Da Lei n°10.233 de 2001 que institui a ANTT extrai-se que o princípio da proteção aos interesses dos usuários quanto à qualidade e oferta de serviços de transporte e que esses paguem pelos custos dos serviços prestados em regime de eficiência. O Artigo 12º sobre as diretrizes gerais de gestão dos serviços de transportes destaca como relevantes a descentralização das ações sempre que possível, promovendo sua transferência a outras entidades públicas, mediante convênios de delegação, aproveitando as vantagens da integração física e a conjugação de suas operações. Também dessa Lei percebe-se a importância dada pelo legislador à descentralização da gestão (Brasil, 2001).

O Estatuto da Cidade (Lei no 10.257/2001) aponta para a relevância do planejamento integrado de vários portes de municípios, desde metrópoles, passando por capitais regionais, centros sub-regionais e centros de zonas nos seus aspectos de integração urbano e rural, conduzindo também à racionalidade da gestão de proximidade (Brasil, 2001a). A Lei nº 13.089 de 2015, denominada Estatuto da Metrópole é aplicada como diretriz geral do desenvolvimento regiões metropolitanas e aglomerações urbanas como unidades territoriais constituídas pelo agrupamento de Municípios limítrofes, caracterizadas por complementaridade funcional e integração das dinâmicas geográficas, ambientais, políticas e socioeconômicas. Busca-se integrar a organização, o planejamento e a execução de funções públicas de interesse comum a exemplo dos serviços de transportes (Brasil, 2015a). Vê-se que há diversos arranjos populacionais que indicam a necessidade de integração de serviços comuns, principalmente de transportes, entre municípios limítrofes, mesmo que envolvam mais de um Estado da federação.

Da Política Nacional de Mobilidade Urbana - PNMU (Lei nº 12.587/2012) extrai-se a definição de transporte público coletivo interestadual de caráter urbano: como "serviço de transporte público coletivo entre Municípios de diferentes Estados que mantenham contiguidade nos seus perímetros urbanos" (Brasil, 2012). Como questão essencial para esta discussão trazemos o Art. 8º, 9º e 10º da política tarifária e de suas condições de revisão. Extraímos do Artigo 8º, como de interesse para a nossa interpretação do problema, as seguintes diretrizes: a integração física, tarifária e operacional dos diferentes modos e das redes de transporte público e a articulação interinstitucional dos órgãos gestores dos entes federativos por meio de consórcios públicos, esta última incorporada pela Lei 13.683 de 2018. Ainda mais focado no problema em análise, o Artigo 16º destaca que a União apoiará e estimulará ações coordenadas e integradas entre Municípios e Estados em áreas conurbadas, aglomerações urbanas e regiões metropolitanas destinadas a políticas comuns de mobilidade urbana, e ainda delegar aos Estados, ao Distrito Federal ou aos Municípios a organização e a prestação dos serviços de transporte público coletivo interestadual e internacional de caráter urbano (Brasil, 2012).

Quando são analisadas as competências da União, lê-se que há a possibilidade, e vemos nisso uma grande oportunidade, de compartilhamento ou delegação por convênio ou

formação de consórcios públicos para atender principalmente a grandes conurbações como a formada pelo Distrito Federal e cidades no seu entorno imediato no Estado de Goiás, a de Petrolina (PE) e Juazeiro na Bahia e a de Teresina (PI) e Timon (MA), sendo esses os exemplos mais eloquentes. Esses convênios poderiam racionalizar as redes de transportes, com ganhos para a produtividade dos serviços com a integração modal, a redução da necessidade de subsídios e a modicidade tarifária, com ganhos tanto para os usuários como para a gestão pública.

No nível de Resoluções e Normativas da ANTT destacam-se para efeito de qualidade do serviço as seguintes resoluções: i) ANTT nº 4.174/2013 estabelecendo métodos e procedimentos para a identificação dos itinerários dos serviços de transporte rodoviário interestadual semiurbano de passageiros e de informações claras sobre o itinerário, origem, destino do serviço e outras informações operacionais relevantes; ii) ANTT nº 5.838/2018 dispondo sobre a inspeção técnica de veículos utilizados na prestação de serviço visando o atendimento aos padrões de segurança estabelecidos; iii) ANTT nº 643/2004 estabelecendo diretrizes para garantir a segurança dos passageiros ao identificar as saídas de emergência e fornecer as instruções necessárias de segurança; e iv) ANTT nº 5.861/2019 estabelecendo parâmetros operacionais mínimos como taxas máximas de ocupação e de viagens de passageiros em pé. Todos esses requisitos poderiam ser incorporados aos termos dos convênios, já que esses repassam a gestão, mas não a competência regulatória.

Como visto pela análise legal e regulatória apresentada, pode-se inferir que a organização e integração dos sistemas de transportes semiurbanos aos urbanos e metropolitanos poderia facilitar a gestão pública dessas competências, gerando serviços em escala adequada, sem sobreposições e com políticas tarifárias e padrões equivalentes. Por outro lado, do ponto de vista da gestão e fiscalização dos serviços, uma gestão descentralizada poderia ser muito mais eficiente, pois reduziria custos gerenciais e aproximaria a prestação do serviço do nível de decisão local, sendo certamente mais fácil para atender a eventuais reclamações dos usuários.

4. CONCLUSÃO

A análise da legislação e a revisão das resoluções da ANTT foram importantes para destacar a necessidade de uma regulamentação clara e integrada no setor de transportes semiurbanos. A primeira análise indica a delegação de competências por convênio e a formação de consórcios públicos como estratégias para otimizar recursos e melhorar a qualidade dos serviços urbanos. Por outro lado, a revisão das resoluções da ANTT propõe preencher lacunas e assegurar uma aplicação mais uniforme e estável das normas, beneficiando operadores e usuários. Assim, a integração entre as esferas de governo e uma abordagem regulatória mais coerente são fundamentais para promover um sistema de transporte semiurbano mais eficiente, acessível e equitativo no Brasil.

A aproximação das características sociais e de infraestrutura dos municípios abrangidos pelas linhas interestaduais semiurbanas e pelas linhas intermunicipais sugere que os municípios e estados têm a possibilidade legal e prática de realizar convênios

para regular as linhas interestaduais semiurbanas, uma vez que as características de infraestrutura e, consequentemente, a capacidade financeira desses municípios já são utilizadas para regular linhas sobrepostas.

Dessa forma, a transposição das regras e regulamentos poderia ser feita de maneira mais fluida e eficiente. A regulação estatal pode garantir que os padrões de segurança, eficiência e acessibilidade, já estabelecidos para as linhas intermunicipais, sejam aplicados de forma consistente também às linhas interestaduais semiurbanas. A harmonização das regulações pode promover um sistema de transporte mais coeso e eficiente, beneficiando os usuários e facilitando a gestão e fiscalização pelas autoridades competentes. Para não deixar dúvidas, é importante destacar que há um conjunto de linhas semiurbanas da ANTT, que não se adequam à lógica desta proposta, principalmente aquelas que interligam cidades de arranjos populacionais locais, de hierarquia abaixo de metrópoles e capitais regionais e que mantém interstício rural expressivo, quase se aproximando de linhas rodoviárias comuns.

Por fim, como sugestão para trabalhos futuros propõe-se investigar diferentes modelos de consórcios públicos para identificar as melhores práticas e desafios na implementação de parcerias entre municípios e estados para a gestão do transporte interestadual semiurbano, visando contribuir para sistemas mais integrados, eficazes e acessíveis para os usuários desse tipo de transporte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL (2001). Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, institui o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 6 jun. 2001. Seção 1, p. 10.

BRASIL (2001a). Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 11 jul. 2001. Seção 1, p. 1.

BRASIL (2012). Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; altera as Leis nos 8.666, de 21 de junho de 1993, e 10.233, de 5 de junho de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 4 jan. 2012.

BRASIL (2013). Decreto nº 8.083, de 22 de agosto de 2013. Regulamenta a Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012, que institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 ago. 2013

BRASIL (2015). Emenda Constitucional nº 90, de 15 de setembro de 2015. Dá nova redação ao art. 6º da Constituição Federal, para introduzir o transporte como direito social. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 set. 2015. Seção 1, p. 1.

BRASIL (2015a). Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015. Institui o Estatuto da Metrópole; altera a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 jan. 2015. Seção 1, p. 1.

CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL de 1988. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

LOURENÇO, Lúcio Augusto Pimentel. Teoria Pura do Direito (segundo o pensamento de Hans Kelsen). *JURISMAT*, n. 10, p. 22-22, 2017.

ENTRE INOVAÇÃO E GOVERNANÇA: O PAPEL DO CADE NAS PLATAFORMAS DIGITAIS

Fernando Barbelli Feitosa
Universidade de Brasília (UnB) – fernando.feitosa@antt.gov.br

Francisco das Chagas Sampaio Medina
Universidade de Fortaleza (UNIFOR) / Universidade de Brasília (UnB) – fcomedina.adv@hotmail.com

Paulo Roberto Meyer Pinheiro
Universidade de Fortaleza (UNIFOR) / Universidade de Coimbra – paulomyr@unifor.br

RESUMO

As plataformas digitais de transporte (Uber e Buser) reconfiguram a concorrência e a mobilidade urbana no Brasil, expondo limites das Leis nº 12.529/2011 (defesa da concorrência) e nº 12.587/2012 (mobilidade urbana). O objetivo é analisar criticamente essas insuficiências frente a mercados multilaterais e propor um arranjo jurídico-institucional que fortaleça a governança e o papel do CADE. Metodologia: abordagem qualitativa com análise documental de legislação e decisões do CADE, estudos de caso (Uber e Buser) e comparação internacional (União Europeia, Estados Unidos, México e Chile), ancorada no Estado regulador, regulação responsiva e direito da regulação digital. Resultados: o ordenamento carece de instrumentos específicos para plataformas, o que fragiliza o transporte coletivo e a coordenação entre autoridades. Experiências externas (DMA na UE e enforcement antitruste nos EUA) indicam caminhos ex ante e correções estruturais. No Brasil, observam-se atuação reativa e fragmentação entre CADE e reguladores setoriais. Propostas: criação de Autoridade Digital Brasileira, Código Brasileiro de Mercados Digitais e sandboxes regulatórios para mobilidade. Conclusão: a efetividade exige atualização normativa e cooperação interinstitucional para conciliar inovação, concorrência e sustentabilidade urbana.

Palavras-chave: Governança; Plataformas Digitais; Transporte; CADE; Marco Regulatório.

1. INTRODUÇÃO

As plataformas digitais de transporte, como Uber e Buser, transformaram profundamente a dinâmica da mobilidade urbana e os paradigmas da concorrência econômica. Esses novos modelos de intermediação tecnológica desafiam o marco jurídico brasileiro, concebido em um contexto pré-digital, e revelam a necessidade de revisão institucional capaz de conciliar inovação, concorrência e interesse público.

O Brasil dispõe de dois instrumentos centrais nesse campo: a Lei nº 12.529/2011, que estrutura o Sistema Brasileiro de Defesa da Concorrência, e a Lei nº 12.587/2012, que define a Política Nacional de Mobilidade Urbana. Contudo, ambas carecem de mecanismos específicos para lidar com as particularidades dos mercados digitais multilaterais. As plataformas atuam simultaneamente como intermediárias e reguladoras privadas de comportamento, alterando as fronteiras tradicionais entre prestadores e usuários, o que evidencia lacunas normativas e dificuldades de governança.

Este artigo tem por objetivo analisar criticamente os limites dessas normas frente aos mercados digitais de transporte, com foco na atuação do Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE), e propor mecanismos de aprimoramento regulatório. Utiliza-se metodologia qualitativa, com base em análise documental, estudos de caso e comparação internacional. O estudo ancora-se nas teorias do Estado regulador, da regulação responsiva e do direito da regulação digital. A pesquisa busca contribuir para o desenvolvimento de um modelo jurídico mais integrado, capaz de equilibrar inovação tecnológica, defesa da concorrência e sustentabilidade urbana.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O conceito de Estado regulador, conforme Majone (1996) e Levi-Faur (2005), marca a transição de um modelo estatal intervencionista para um Estado que atua como garantidor da concorrência e da estabilidade institucional. Essa transformação redefine o papel do poder público, que passa a exercer funções de regulação, fiscalização e mediação, buscando assegurar previsibilidade e transparência nas relações econômicas. No contexto brasileiro, a criação de entes autônomos, como o Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE) e as agências reguladoras setoriais, materializa essa nova arquitetura estatal. A regulação assume, assim, caráter normativo e estratégico, visando harmonizar liberdade de mercado e proteção do interesse coletivo.

A regulação responsiva, proposta por Baldwin, Cave e Lodge (2012), complementa esse modelo ao introduzir uma lógica de adaptação contínua entre regulador e regulado. Em vez de respostas punitivas rígidas, busca-se calibrar a intervenção estatal de acordo com o comportamento dos agentes e a gravidade dos impactos, combinando flexibilidade e efetividade. Essa perspectiva é particularmente adequada ao ambiente digital, no qual as plataformas evoluem rapidamente e desafiam categorias jurídicas tradicionais.

O direito da regulação digital, conforme Binenbojm (2020), Frazão (2019) e Medina (2024), amplia o debate ao reconhecer que as plataformas tecnológicas operam em

ecossistemas de dados, algoritmos e externalidades de rede, que exigem instrumentos normativos próprios. Nesse ambiente, conceitos clássicos como mercado relevante e poder econômico precisam ser reinterpretados à luz da arquitetura digital e da concentração informacional. Evans e Schmalensee (2016) destacam que as plataformas multilaterais criam valor pela interação entre diferentes grupos de usuários, mas também podem gerar efeitos de fechamento de mercado.

A combinação dessas teorias oferece uma base sólida para compreender os dilemas da regulação das plataformas digitais. De um lado, o Estado regulador deve garantir estabilidade e coerência institucional; de outro, precisa incorporar mecanismos responsivos e tecnológicos que permitam uma governança adaptativa. Essa integração é crucial para que órgãos como o CADE possam atuar de modo articulado com autoridades setoriais, assegurando equilíbrio entre inovação, concorrência e interesse público.

3. ANÁLISE DO MARCO LEGAL BRASILEIRO

O marco normativo brasileiro voltado à regulação econômica e à mobilidade urbana foi concebido antes da consolidação das plataformas digitais como agentes centrais da intermediação de serviços. As Leis nº 12.529/2011, que organiza o Sistema Brasileiro de Defesa da Concorrência (SBDC), e nº 12.587/2012, que estabelece a Política Nacional de Mobilidade Urbana, são instrumentos essenciais, mas insuficientes diante da complexidade dos mercados digitais multilaterais.

A Lei nº 12.529/2011 concentra-se em práticas anticompetitivas tradicionais, cartel, abuso de posição dominante e concentração econômica, sem contemplar os efeitos decorrentes do uso massivo de dados e algoritmos pelas plataformas. Empresas como Uber e Buser operam com base em externalidades de rede, que produzem vantagens competitivas estruturais e reforçam o poder de mercado sem necessariamente configurar infrações clássicas. Diante disso, o papel do CADE deve evoluir de um modelo reativo e sancionador para uma atuação preventiva, voltada à análise estrutural de riscos concorrenciais e informacionais.

Já a Lei nº 12.587/2012 busca promover a mobilidade urbana sustentável, porém carece de instrumentos capazes de integrar as plataformas digitais às políticas públicas de transporte. A ausência de diretrizes específicas sobre a atuação dessas empresas gera sobreposição de serviços privados e impactos negativos sobre o transporte coletivo, como aumento da frota circulante e da desigualdade de acesso.

A coexistência dessas duas normas, sem coordenação entre o CADE e as autoridades setoriais (como a ANTT e os entes municipais), resulta em fragmentação regulatória e insegurança jurídica. Essa falta de integração institucional evidencia a necessidade de um arranjo jurídico moderno e cooperativo, que una regulação econômica e setorial em torno de objetivos comuns de eficiência, concorrência e sustentabilidade.

Assim, o desafio brasileiro não reside apenas em atualizar normas, mas em construir mecanismos de cooperação e governança compartilhada. Protocolos de atuação conjunta, sistemas de intercâmbio de dados e instrumentos experimentais, como

sandboxes regulatórios, podem fortalecer a capacidade estatal de responder aos desafios das plataformas digitais, garantindo equilíbrio entre inovação tecnológica e interesse público.

4. ESTUDO DE CASOS: UBER E BUSER

A análise das plataformas Uber e Buser evidencia os desafios enfrentados pela regulação brasileira diante da economia digital. Ambas reconfiguraram o setor de transporte, tensionando as fronteiras entre inovação, concorrência e políticas públicas.

A Uber iniciou suas operações no Brasil em 2014 e rapidamente se expandiu, provocando disputas com o setor de táxi e questionamentos sobre sua natureza jurídica. O Supremo Tribunal Federal, ao julgar as ADIs 5536 e 5543, reconheceu a legalidade da atividade, com base na liberdade econômica e na livre iniciativa. No entanto, a decisão não solucionou as questões de governança e coordenação institucional, deixando lacunas quanto à integração do serviço às políticas nacionais de mobilidade. O CADE, em decisões como a de 2018, adotou postura predominantemente reativa, limitando-se a arquivar representações por ausência de infração concorrencial, sem avançar na formulação de diretrizes para o ambiente digital.

A Buser, criada em 2017, introduziu modelo de intermediação no transporte rodoviário coletivo, conectando usuários a empresas de fretamento eventual. O conflito com a Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) expôs a dificuldade de compatibilizar inovação e regulação setorial. Em 2021, o CADE entendeu que certas restrições da ANTT poderiam ter efeitos anticompetitivos, mas não apresentou soluções estruturais para a integração regulatória. Assim como no caso da Uber, a atuação do órgão revelou falta de coordenação com outras entidades e ausência de visão estratégica sobre a regulação de plataformas.

Ambos os casos demonstram que o modelo regulatório brasileiro é fragmentado e pouco adaptado às dinâmicas digitais. As decisões judiciais e administrativas têm se concentrado em aspectos formais, sem considerar suficientemente os impactos econômicos, sociais e ambientais. Enquanto a Uber trouxe à tona discussões sobre precarização e congestionamento urbano, a Buser levantou questões sobre competição desleal e desequilíbrio no transporte coletivo.

Esses precedentes reforçam a necessidade de uma atuação articulada entre o CADE e as autoridades setoriais, com enfoque em regulação preventiva e responsiva. A experiência desses casos indica que o fortalecimento da governança digital e o uso de instrumentos inovadores como *sandboxes* regulatórios e protocolos de cooperação, são fundamentais para promover uma mobilidade urbana mais equilibrada, sustentável e justa.

5. EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS

A análise comparada revela que diferentes países têm desenvolvido modelos regulatórios voltados à contenção dos efeitos concentradores das plataformas digitais,

especialmente no setor de mobilidade. As experiências da União Europeia, dos Estados Unidos e da América Latina oferecem referenciais distintos, mas complementares, para a construção de um modelo brasileiro mais integrado e preventivo.

Na União Europeia, o *Digital Markets Act* (DMA), aprovado em 2022, representa um marco de regulação ex ante. Voltado aos grandes controladores de acesso digital (*gatekeepers*), o DMA estabelece obrigações de transparência, interoperabilidade e proibição de práticas autodeclaradamente abusivas. A proposta busca prevenir o abuso de poder econômico e assegurar mercados contestáveis, evidenciando uma abordagem sistêmica e coordenada entre autoridades de concorrência, proteção de dados e defesa do consumidor.

Nos Estados Unidos, o modelo ainda é predominantemente ex post, baseado em ações judiciais e enforcement antitruste. Casos como *FTC v. Meta* e *DOJ v. Google* ilustram a tentativa de conter condutas de autoprivilégio e concentração excessiva de mercado. Apesar da ausência de um marco legal unificado, observa-se uma mudança de postura das agências reguladoras e do Congresso em direção a mecanismos mais preventivos, aproximando-se gradualmente da lógica europeia.

Na América Latina, México e Chile vêm implementando ajustes institucionais que reconhecem os desafios das plataformas digitais. *A Comisión Federal de Competencia Económica* (COFECE) mexicana passou a considerar o poder de dados e as barreiras tecnológicas em suas análises de mercado, enquanto o Chile, por meio do *Tribunal de Defensa de la Libre Competencia* (TDLC), realiza estudos de mercado e consultas públicas sobre transporte e plataformas digitais. Esses exemplos indicam um processo de aprendizado regulatório, no qual a cooperação entre órgãos setoriais e de concorrência se torna central para equilibrar inovação e proteção social.

De forma geral, os casos internacionais convergem para a adoção de modelos de regulação mais integrados, transparentes e orientados por dados. As experiências europeia, norte-americana e latino-americana sugerem que a efetividade da regulação digital depende menos da rigidez normativa e mais da capacidade de coordenação entre instituições. Para o Brasil, a principal lição é a necessidade de desenvolver uma governança cooperativa que una o CADE, as agências reguladoras e as autoridades de mobilidade em torno de diretrizes comuns de inovação, concorrência e sustentabilidade.

6. PROPOSTAS REGULATÓRIAS PARA O BRASIL

O enfrentamento dos desafios trazidos pelas plataformas digitais de transporte exige um novo arranjo institucional que promova integração entre inovação, concorrência e sustentabilidade. A partir das análises anteriores, propõem-se três eixos complementares: a criação de uma Autoridade Digital Brasileira, a instituição de um Código Brasileiro de Mercados Digitais e a implementação de *sandboxes* regulatórios para mobilidade urbana.

A Autoridade Digital Brasileira teria competência transversal para coordenar a atuação de órgãos como o Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE), a Agência

Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) e o Ministério dos Transportes. Seu papel seria harmonizar políticas públicas, reduzir sobreposições de competência e fomentar a cooperação técnica entre entidades, garantindo previsibilidade e coerência regulatória.

O Código Brasileiro de Mercados Digitais consolidaria princípios e diretrizes voltados à transparência algorítmica, interoperabilidade de sistemas e responsabilidade digital. Essa codificação uniformizaria critérios de análise concorrencial e orientaria a atuação integrada entre as áreas de regulação econômica, tecnológica e de consumo, fortalecendo a segurança jurídica e a proteção dos usuários.

Por fim, os sandboxes regulatórios constituem instrumentos experimentais que permitem o teste supervisionado de novas práticas e modelos de negócio. Aplicados à mobilidade urbana, poderiam avaliar mecanismos de tarifação dinâmica, integração modal e governança compartilhada entre setor público e privado. Essa abordagem, inspirada em experiências internacionais, possibilita inovação com responsabilidade, assegurando que os impactos econômicos e sociais sejam monitorados e ajustados antes de uma regulação definitiva.

Essas medidas, combinadas com protocolos de cooperação e sistemas de compartilhamento de dados entre o CADE e as agências setoriais, podem inaugurar uma nova etapa da governança pública no país. O fortalecimento da regulação preventiva e da coordenação interinstitucional é essencial para equilibrar o desenvolvimento tecnológico com os princípios constitucionais da livre concorrência, da eficiência e da justiça social, consolidando um modelo de mobilidade urbana mais inovador, inclusivo e sustentável.

7. CONCLUSÃO

A expansão das plataformas digitais de transporte, como Uber e Buser, evidencia a urgência de repensar o modelo regulatório brasileiro. As Leis nº 12.529/2011 e nº 12.587/2012, embora fundamentais, não acompanham as transformações trazidas pela economia digital e pela intermediação algorítmica. A ausência de instrumentos específicos para lidar com externalidades de rede, poder de dados e novos formatos de concorrência limita a efetividade da atuação estatal e fragiliza as políticas de mobilidade urbana.

Os estudos de caso demonstram que a atuação do Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE) ainda é marcada por respostas reativas e setoriais, sem integração plena com as autoridades de transporte. Essa fragmentação gera insegurança jurídica e dificulta a implementação de políticas públicas coerentes com os objetivos de inovação e sustentabilidade.

A análise comparada mostrou que a União Europeia, os Estados Unidos e países latino-americanos vêm adotando modelos mais coordenados e preventivos, capazes de antecipar desequilíbrios e fortalecer a transparência. O *Digital Markets Act* europeu, o fortalecimento do enforcement antitruste norte-americano e as iniciativas regulatórias no México e no Chile ilustram caminhos possíveis para equilibrar liberdade econômica, proteção de dados e interesse coletivo.

Nesse contexto, a criação de uma Autoridade Digital Brasileira, a instituição de um Código Brasileiro de Mercados Digitais e o uso de *sandboxes* regulatórios representam alternativas concretas para aprimorar a governança pública e fortalecer a regulação preventiva. Essas medidas podem transformar o CADE em agente estratégico da política de inovação e da defesa da concorrência digital, promovendo um ambiente mais previsível e colaborativo.

Conclui-se que o futuro da regulação das plataformas digitais no Brasil depende da construção de um modelo jurídico integrado, transparente e adaptativo, que una eficiência econômica, proteção social e sustentabilidade urbana. A inovação tecnológica deve ser vista não como ameaça, mas como oportunidade de modernizar o Estado e consolidar um sistema de governança capaz de assegurar desenvolvimento equilibrado e justo para todos os agentes envolvidos.

REFERÊNCIAS

BALDWIN, R.; CAVE, M.; LODGE, M. *Understanding Regulation: Theory, Strategy and Practice*. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2012.

BANISTER, D. *The Sustainable Mobility Paradigm*. *Transport Policy*, v. 15, n. 2, p. 73–80, 2008.

BINENBOJM, G. *Direito da Regulação*. Rio de Janeiro: Forense, 2020.

BRASIL. *Lei nº 12.529, de 30 de novembro de 2011*. Estrutura o Sistema Brasileiro de Defesa da Concorrência. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1 dez. 2011.

BRASIL. *Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012*. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 4 jan. 2012.

EVANS, D. S.; SCHMALENSEE, R. *Matchmakers: The New Economics of Multisided Platforms.* Boston: Harvard Business Review Press, 2016.

FRAZÃO, A. *Direito Concorrencial e Inovação*. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2019.

LEVI-FAUR, D. *The Global Diffusion of Regulatory Capitalism. The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, v. 598, n. 1, p. 12–32, 2005.

MAJONE, G. *Regulating Europe*. London: Routledge, 1996.

MEDINA, F. S. *Os Desafios da Concorrência e Regulação nos Mercados Digitais no Brasil: um novo arcabouço regulatório com base no Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE)*. Fortaleza: Fundar Fênix, 2024.

UNIÃO EUROPEIA. *Regulation (EU) 2022/1925 of the European Parliament and of the Council on contestable and fair markets in the digital sector (Digital Markets Act). Official Journal of the European Union*, 2022.

ESTRUCTURAS DE GOBIERNO Y ESTRATEGIAS PARA CONSOLIDAR UNA MEJOR COORDINACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO REGIONAL EN ÁREAS URBANAS DE CALIFORNIA

Charles R. Rivasplata, PhD
Senior Lecturer, Urban Planning Program
San José State University
San Jose, CA 95192 EE.UU.
charles.rivasplata@sjsu.edu

RESUMEN

La expansión de las áreas metropolitanas en California, Estados Unidos (EE.UU.) ha impulsado la necesidad de mejorar las opciones de transporte para todos los sectores, conectando de forma más eficaz los orígenes y destinos de viaje mediante mejoras en la red de transporte público. Un estudio hecho por investigadores del Instituto Mineta de Transporte (MTI) ofrece a planificadores de transporte ejemplos de agencias coordinadoras (1). Para mejorar las conexiones multimodales y optimizar los servicios de transporte a nivel regional, el estudio explora la coordinación, centrándose en las entidades encargadas de coordinar los operadores de transporte a nivel metropolitano. El estudio citó 16 coordinadores regionales de transporte (CRT), identificando la estructura, el alcance y la gestión de cada uno. Los resultados revelaron que existen varios factores que intervienen en la creación de una organización coordinadora de transporte público. Por ejemplo, fue fundamental saber cómo se estableció cada CRT y los elementos relacionados con su formación—tales como la dinámica regional, el contexto político y la creación de la junta directiva. Para crear un CRT, los autores ofrecieron las siguientes opciones: una corporación de múltiples condados urbanos encabezada por una junta directiva legal; una agencia del gobierno californiano; una agencia del gobierno regional; y un ente especial que represente condados, ciudades, operadores de transporte público (bus, tren, ferry) y agencias californianas.

1. INTRODUCCIÓN

Desde los años 60, se ha visto un aumento en la expansión de áreas metropolitanas en California, creando la necesidad de mejorar las opciones de transporte para todos los sectores, conectando de forma más eficaz los orígenes y destinos de viaje mediante mejoras en la red existente de servicios de transporte. El propósito de este estudio (publicado por Mineta Transportation Institute) es abordar una serie de preguntas que nos ayuden a fundamentar futuras decisiones sobre cómo estructurar un Coordinador Regional de Transporte (CRT): (a) ¿Se crearon los CRT de estudio por ley o por un consorcio voluntario, y qué tipos específicos de autoridad se les otorgaron? (b) Si existe una junta directiva, ¿cómo está estructurada? (c) ¿Cómo se selecciona al director ejecutivo, y existen medidas para protegerlo ante factores políticos?

El estudio intentó proporcionar al sector de transporte público ejemplos de estructuras de gobernanza que coordinan múltiples agencias (operadores) de transporte en una sola área metropolitana. Tras un análisis inicial, se identificaron 16 organizaciones metropolitanas con facultades para coordinar el transporte público, estableciendo la estructura, el alcance y la gestión de cada caso. Es importante destacar que el estudio emplea casos de siete países diferentes y que cada caso es único, con distintas culturas, estructuras de gobernanza, niveles de gobierno y marcos legales.

Por lo tanto, el propósito del estudio fue responder preguntas que ayudaran a fundamentar futuras decisiones sobre cómo estructurar una Coordinador Regional de Transporte: (a) ¿Los CRT estudiados fueron creados por ley o por un consorcio voluntario, y qué tipos específicos de autoridad se les otorgaron? (b) Si existe una junta directiva, ¿cómo está estructurada? (c) ¿Cómo se selecciona el director ejecutivo, y existen medidas para protegerlo de la influencia política?

2. CONTEXTO

Mientras que las áreas metropolitanas de California se han expandido, los servicios de transporte público en estas ciudades han tendido a ser administrados por numerosas agencias u operadores, con escasa o ninguna coordinación regional en cuanto a tarifas, horarios, información al usuario o planificación a mediano plazo. En algunos casos, varios operadores prestan servicios locales y regionales dentro de la misma área metropolitana (p. ej., 27 diferentes agencias en el Gran San Francisco).

Para los pasajeros, incluidos aquellos que dependen del transporte público y otros que tienen otras opciones para trasladarse, resulta cada vez más evidente que los servicios de transporte público de California requieren una mejor integración regional para aumentar la conectividad y el número de pasajeros; y así cumplir con los objetivos estatales en materia de transporte y clima (2, 3, 4). El objetivo del estudio es ofrecer a los políticos correspondientes (p. ej., los planificadores urbanos y las autoridades) ejemplos instructivos de cómo administrar una agencia encargada de coordinar múltiples agencias y modalidades de transporte en una misma área metropolitana, para mejorar los servicios y operaciones regionales.

Muchos profesionales y defensores del transporte público reconocen la necesidad de establecer un CRT (5, 6, 7, 8, 9). Este estudio utiliza la definición del CRT proporcionada por Buehler et al. (10): «una agencia que coordina la planificación, los servicios, las estructuras tarifarias, la venta de boletos, el marketing y la información al cliente dentro de un área metropolitana y, en algunos casos, en estados enteros». En otro artículo, Buehler et al. (11) estudiaron seis CRT en tres países europeos y descubrieron que, desde 1990, estos «han aumentado la calidad y la cantidad del servicio, atraído a más pasajeros, reducido los subsidios» y disminuido el uso del automóvil. Esta y otras investigaciones han documentado el propósito y eficacia de esta coordinación (11, 12). Sin embargo, las investigaciones no se han enfocado en cómo administrar los CRT (dados los diferentes contextos) ni en el papel de las directivas legislativas (1).

3. METODOLOGIA

Este proyecto incluyó estudios de caso que abarcaron alianzas informales entre agencias de transporte público, operadores que coordinan los servicios de transporte público en un área metropolitana, y operadores que han consolidado servicios bajo una etiqueta comercial para integrarlos internamente. Diez estudios de caso correspondían a sistemas regionales de transporte casi completos y en pleno funcionamiento, cinco se encontraban en alguna etapa del proceso de integración y uno recién comenzaba a implementar iniciativas de coordinación (1).

Uno de los objetivos fue proporcionar a los responsables ejemplos instructivos de estructuras de gobernanza para poder coordinar de manera eficaz múltiples agencias de transporte en una misma área metropolitana. Tras un análisis inicial, identificamos 16 organizaciones con facultades de coordinación regional, identificando la estructura, el alcance y la gestión de cada caso (1). Es importante destacar que reconocimos que nuestros estudios de caso se ubican en siete países diferentes y que cada caso es único, con diferentes culturas, estructuras de gobernanza, jerarquías gubernamentales y marcos legales (ver Tabla 1).

La investigación incluyó estudios de caso que abarcaron desde alianzas informales entre agencias de transporte público hasta operadores que coordinan eficazmente algunos o todos los servicios de transporte en un área metropolitana. También, incluyó proveedores únicos (consolidados) que integran internamente los componentes del sistema. Diez estudios de caso correspondían a sistemas regionales de transporte (SRT) prácticamente completos y en pleno funcionamiento, cinco se encontraban en alguna etapa del proceso de integración y uno (EE.UU.) recién había comenzado a implementar iniciativas de coordinación (1)

Tabla 1: Casos de Estudio

Nombre de la Agencia CRT	Abreviatura	Región	Establecido[1]
Northwest Oregon Transit Alliance	NWOTA	NO de Oregon, EE.UU.	2012
Mobility Partnership	MP	Gran Seattle, EE.UU.	2019
New Jersey Transit	NJT	New Jersey, EE.UU.	1979
Valley Metro RTPA	VM	Gran Phoenix, EE.UU.	1993
Regional Transit Auth. of SE Mich.	RTA	Gran Detroit, EE.UU.	2012
San Diego Metro. Transit System	MTS	San Diego Centro, EE.UU.	1986
Tri-County Metro. Transport. Dist.	TriMet	Portland, EE.UU.	1969
San Diego Assoc. of Governments	SANDAG[2]	Gran San Diego, EE.UU.	2002
Metrolinx	Metrolinx	Toronto, Canadá	2006
TransLink	TransLink	Vancouver, Canadá	1999
Transport for New South Wales	TfNSW	Sydney, Australia	1988
Transport for Greater Manchester	TfGM	Manchester, R.U.	2011
Autoritat del Transport Metropolità	ATM	Barcelona, España	1997
Verkehrsbund Tarif. Stuttgart	VVS	Stuttgart, Alemania	1978
Rhein-Main Verkehrsverbund	RMV	Frankfurt, Alemania	1995
Zürcher Verkehrsverbund	ZVV	Zurich, Suiza	1988

Notas:
1. «Establecido» se refiere al año en que se creó el CRT en las áreas metropolitanas nombradas.
2. SANDAG cubre el área metropolitana de San Diego, mientras que MTS solo cubre las áreas céntricas de la misma área metropolitana.

4. ANÁLISIS

Un minucioso análisis de los resultados de la investigación condujo a las siguientes conclusiones sobre la formación de estructuras de gobernanza para coordinar los servicios de transporte público a nivel regional. Los siguientes tipos de coordinación fueron identificados en un estudio anterior (9):

- Tipo 1 - coordinación y nada más;
- Tipo 2 - coordinación a través de un operador de transporte regional; y
- Tipo 3 – consolidación por un solo operador.

Las razones por convertirse en un CRT de Tipo 3 no solo consiste en lograr una mayor coordinación del transporte regional, sino también consolidar los servicios dentro de un ente principal. De todas formas, las alianzas ilustradas en los CRT de Tipo 1 y 2 pueden alcanzar los mismos resultados de coordinación regional. Ver Tabla 2.

Existen muchos factores involucrados en la creación de una organización con la autoridad para coordinar el transporte regional, entre ellos, la forma en que se establece por ley o como un consorcio voluntario, y (en caso de ser creado por ley) si debe ser una autoridad independiente (distrito especial) o estar bajo la jurisdicción de un organismo gubernamental (p. ej., departamento, corporación de propiedad estatal).

Los elementos que se consideran en la formación de un CRT incluyen: la estructura de la agencia, el tamaño del área metropolitana, la dinámica del área, la composición de la junta directiva y el proceso para nombrar a la junta directiva y al director ejecutivo. Una

cuestión importante por resolver es si es factible tener un consejo de administración y, en caso afirmativo, su composición y las facultades del consejo y del director ejecutivo.

Es importante identificar las facultades que recaen en la junta directiva y las funciones que se le asignarán. Existen dos tipos de miembros de la junta directiva: los miembros exoficio y los ciudadanos designados, estando estos últimos principalmente en Estados Unidos y Canadá.

Si bien muchas juntas directivas europeas exigen que sus miembros tengan experiencia en transporte público, entre las juntas estadounidenses, New Jersey Transit (NJT) cuenta con la junta directiva con mayor número de profesionales con al menos algunos conocimientos sobre el transporte público. Muchos de estos no solo son miembros exoficio, sino también son ciudadanos designados.

Durante esta investigación se encontró una amplia gama de legislación gubernamental para el establecimiento y la mantención de los CRT. En la mayoría de los casos de EE.UU., la legislación a nivel estatal generalmente constituye la base legal para los CRT, pero existen variaciones significativas:
• un mandato estatal para la creación de un CRT y la definición de sus responsabilidades;
• un mandato estatal para la creación de un proveedor de transporte regional, pero que deja los detalles de su funcionamiento y su integración con otros operadores de transporte a la autoridad metropolitana; y
• Un consorcio voluntario de agencias de transporte cuando no existe un mandato estatal.

Tabla 2: Tipo de Organización de los Casos de Estudio

Tipo de CRT	Corporación LLC (propiedad total de varios gobiernos)	Responsabilidad del Estado (a) (agencia o corporación)	Autoridad Independiente	Alianza Voluntaria o Consorcio
TIPO 1 Alianza de Agencias de Transporte – solo coordinación	RMV GmbH (Gran Frankfurt) VVS GmbH (b)(f) (Gran Stuttgart)	ZVV (Gran Zúrich)	RTA (Sureste Michigan) SANDAG (Centro San Diego)	MP (Gran Seattle) NWOTA (Noroeste Oregón) ATM (c) (Gran Barcelona)
TIPO 2 Un operador de transporte que también coordina otros operadores		Metrolinx (d) (Provincia de. Ontario) TfGM (e) (Gran Manchester)	Valley Metro (Gran Phoenix)	
TIPO 3 Único Operador de Transporte en el Área Metropolitana		NJT (Estado de New Jersey) TfNSW (Gran Sydney)	MTS (Gran San Diego) TriMet (f) (Gran Portland) TransLink (f) (Gran Vancouver)	

a) En los casos de estudio, se destacan los niveles subnacionales: "estado" en EE.UU. y Australia; «provincia» en Canadá; «cantón» en Suiza; y «autoridad» en Manchester, Reino Unido (R.U.).
b) VVS es una empresa pública-privada (13).
c) ATM es un Consorcio público-voluntario. Los accionistas incluyen Gobierno Catalán, Ciudad de Barcelona y AMB, además de una junta directiva.
d) Metrolinx está designada como una agencia de Ontario regida por una junta directiva. No forma parte del Ministerio, pero se considera que pertenece al Gobierno.
e) La Autoridad Combinada del Gran Manchester (GMCA) incluye diez distritos metropolitanos.
f) Si bien existe gobernanza regional en Stuttgart, Portland y Vancouver, estas entidades regionales son independientes del CRT y no tienen jurisdicción sobre ella.

Las federaciones voluntarias de transporte se dividen en dos categorías, según la definición de los autores (1):
• la federación «flexible», que opera por consenso; y
• la federación «estable», que suscribe acuerdos jurídicamente vinculantes para coordinar tarifas, servicios y la difusión de información y marketing.

Si bien la alta dirección de coordinación desempeña un papel fundamental para apoyar las agencias de transporte público, la toma de decisiones y el control interno pueden variar según el CRT. Idealmente, el director general del CRT solo debe ser responsable ante los pasajeros de la zona, sus ciudadanos y las agencias a las que presta servicio. Sin embargo, en algunos casos, altos funcionarios gubernamentales ejercen cierta influencia directa sobre el director general. En áreas que abarcan varios condados, un modelo a considerar sería la corporación de propiedad multicondado.

5. SÍNTESIS

Una síntesis de los resultados del estudio permitió extraer conclusiones sobre la formación de la organización y sus estructuras de gobierno (1). Los siguientes tres tipos de CRT han tenido diferentes niveles de éxito:
• Tipo 1 – donde solo existe la coordinación;
• Tipo 2 – donde la coordinación de todas las agencias es impulsada por un proveedor de transporte regional; y
• Tipo 3 – donde solo existe una agencia/operador en el área metropolitana que ha consolidado todos los servicios.

Entre las agencias de CRT que han realizado éxitos en la coordinación de transporte público se incluyen agencias estatales, corporaciones gubernamentales, autoridades independientes y consorcios voluntarios.

Los resultados revelaron que la creación de un CRT depende de muchos factores: la forma en que este ente se establece (por ley o como consorcio voluntario) y, en caso de establecerse por ley, si se convierte en una autoridad independiente (distrito especial) o si se coloca bajo la tutela de una agencia gubernamental de mayor rango (p. ej., un departamento o una corporación gubernamental).

Otros elementos claves para la creación de un CRT incluyen:
• la dinámica del área metropolitana (tamaño demográfico y número de ciudades y condados); y
• la importancia económica de la región dentro del país (p. ej., Provincia de Ontario, Gran Barcelona, Cantón de Zúrich y Gran Mánchester).

Una cuestión fundamental por resolver es como establecer y mantener un consejo de administración y, por consiguiente, su composición y las facultades del consejo y del director ejecutivo. Existen dos tipos de miembros del consejo, los miembros exoficio y los ciudadanos designados, estos últimos principalmente en Estados Unidos y Canadá.

Entre las agencias estadounidenses, New Jersey Transit (NJT), un ente que cuenta con servicios locales a través del estado de New Jersey cuenta con un mayor conocimiento del sector del transporte público. Las federaciones voluntarias de transporte se pueden dividir entre dos categorías: una federación flexible que opera por el consenso de las agencias participantes, o una federación sólida con acuerdos jurídicamente vinculadas.

6. CONCLUSIÓN

En un esfuerzo por alcanzar sus objetivos de transporte y clima, para el Estado de California es fundamental priorizar una mejor integración del transporte público regional para aumentar la conectividad y el número de pasajeros. Para que el transporte público logre estos objetivos, debe cubrir una mayor proporción de las necesidades diarias. El hecho de que muchas áreas metropolitanas cuenten con múltiples agencias de transporte público independientes subraya aún más la necesidad de coordinar la operación y la entrega de servicios.

Este estudio intentó proporcionar algunos ejemplos de estructuras de gobernanza que eficazmente coordinan las múltiples agencias de transporte público situadas en un área metropolitana. Tras un análisis inicial, identificamos 16 organizaciones con funciones en la coordinación regional del transporte para estudiarlas en detalle, identificando la estructura, el alcance y la gestión de cada caso. Es importante destacar que nuestros estudios de caso venían de diversos países, con distintos valores, estructuras de gobernanza, niveles de gobierno y marcos legales.

Nuestra investigación incluyó estudios de caso que abarcan desde alianzas informales entre agencias de transporte (sin una base legal) hasta operadores que coordinan eficazmente algunos o todos los servicios de transporte en un área metropolitana, e incluso proveedores únicos (consolidados) que integran internamente los componentes del sistema. Diez estudios de caso correspondían a sistemas regionales de transporte integrales y plenamente operativos, mientras que cinco se ubicaban en algún punto del continuo de integración, y un estudio de caso (en EE. UU.) había empezado las etapas iniciales de sus esfuerzos de coordinación. Incluimos estos cinco CRT emergentes y un CRT en pleno proceso de convertirse en CRT para aprender de sus procesos hasta la fecha.

En resumen, un sistema de transporte público en completamente operativo cuenta con los siguientes elementos:
• Estructura tarifaria y sistema de billetes únicos para todos los modos de transporte y operadores (es decir, tarifas basadas en la distancia, no en el modo de transporte ni en la agencia/operador).
• Acceso a múltiples modos de pagar por todos sectores de la población y ayuda a los más vulnerables;
• Horarios coordinados y transbordos programados entre modos de transporte y operadores.
• Información y marketing unificados para el cliente en todos los modos de transporte y operadores (incluido un sitio web centralizado).
• Planificación coordinada a mediano y largo plazo.
• Adquisiciones unificadas por operadores de la región para lograr economías de escala (en la medida de lo posible).

7. RECOMENDACIONES

A partir de las conclusiones mencionadas, este estudio ofreció un conjunto claro de recomendaciones prácticas y viables para su implementación por parte del público objetivo: las partes interesadas, los planificadores de transporte y las autoridades.

Los autores ofrecieron las siguientes recomendaciones para establecer una Corporación Regional de Transporte en California (1):
• En áreas que comprenden varios condados (p. ej., Gran Los Ángeles, Gran San Francisco, Gran San Diego) un modelo a considerar sería la corporación de propiedad multicondado con una junta directiva.
• Un buen modelo para una junta directiva exoficio para el Área de la Bahía de San Francisco (Gran San Francisco) contaría con miembros provenientes de algunos de los siguientes grupos:
  - Condados/ciudades que operan su propio sistema de transporte público;
  - Un representante de cada condado del área metropolitana;
  - El alcalde (o representante) de una ciudad grande, como San Francisco;
  - Personal directivo de las agencias regionales de tren;
  - Personal directivo de las principales agencias de autobús;
  - El comisionado estatal de transporte.
  - Ciudadanos exoficio con experiencia profesional en transporte público.
• El estado de California debería considerar la posibilidad de desarrollar un marco legislativo favorable para facilitar la creación y el desarrollo de los Coordinadores Regionales de Transporte, en lugar de solo imponer una solución. Dicho marco fomentaría la creación de un CRT en todas las áreas metropolitanas del estado y permitiría que cada uno tuviera su propia estructura, dada la diversidad de opciones disponibles, según lo constatado en esta investigación.
• Explorar otras alternativas para facilitar la formación de un CRT, tales como Valley Metro en Gran Phoenix, donde varias municipalidades optaron por juntar las ganancias generadas por impuestos locales para el transporte para financiar una red de servicios de transporte público. Allí, la legislación estatal es más flexible, acomodando la coordinación voluntaria de las municipalidades

Por último, el estudio identificó varios temas de coordinación que pueden ser prometedores para futuras investigaciones.

REFERENCIAS

Rivasplata, Charles, Richard Lee, Michelle DeRobertis, and Chris Ferrell. (2024). *Governing Structures for Successful Regional Transit Coordination and their Formation*. MTI Report 24-27. Mineta Transportation Institute, San Jose State University.

Metropolitan Transportation Commission (MTC). (2023). *Transit Regional Network Management*. Oakland, CA, USA: MTC.

State of California. (2024). *The State of California's Draft Priority Climate Action Plan* (Submitted to the U.S. EPA). Sacramento, CA, USA: Office of State Publishing.

San Francisco Bay Area Planning and Urban Research Association (SPUR) (2020). "A Regional Transit Coordinator for the Bay Area". *SPUR Regional Strategy*. San Francisco, CA, USA: SPUR.

Homburger, Wolf, and Vukan Vuchic. (1972). "Transit Federation – A Solution for Service Integration". *UITP Revue*, 2 (1), 84–91

Wilson, T.K. and M.C. Bell. (1985). "Transport Co-ordination and Integration In West Germany", *Highways & Transportation*, Volume 10, Issue 32, p. 5-12. London England, UK.

Pucher, John and Stefan Kurth. (1995). "Verkehrsverbund: the Success of Regional Public Transport in Germany, Austria and Switzerland", *Transport Policy*, Volume 2, Issue 4, pp. 279-291.

Koch, Martha and Gregory Newmark. (2017). "Legislating Transit 'Coopetition:' Privatization and planning devolution in Germany". *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2543, 45–51. doi:10.3141/2543-05.

DeRobertis, Michelle, Christopher Ferrell, Richard W. Lee, and John Eells. (2020). *Characteristics of Effective Metropolitan Areawide Public Transit: A Comparison of European, Canadian, and Australian Case Studies.* MTI Report 20-42. Mineta Transportation Institute, San Jose State University.

Buehler, R., Lukacs, K. and Zimmerman, M. (2015). *Regional Coordination in Public Transportation: Lessons from Germany, Austria, and Switzerland*. Mid-Atlantic University Transportation Center. Washington, DC, USA: US Department of Transportation, Research and Innovative Technology Administration

Buehler, Ralph, John Pucher, and Oliver Dümmler. (2019). "Verkehrsverbund: The Evolution and Spread of Fully Integrated Regional Public Transport in Germany, Austria, and Switzerland". *International Journal of Sustainable Transportation* 13, no. 1: 36–50.

Topp, H.H. (1989). Cooperation in transit delivery in West German metropolitan areas. *Transportation*, 15(4), 279–295.

Lönnroth, Måns. (2019). "Governance of Metropolitan Transport in Nine Countries in Western Europe". VREF Research Synthesis Project. Volvo Research and Educational Foundations (VREF). Stockholm.

GOVERNANÇA COLABORATIVA DE BICICLETAS PÚBLICAS COMPARTILHADAS: UM MODELO DE QUÁDRUPLA HÉLICE PARA ARTICULAR A MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL - CASO BIKE PE

Karla Denise Castro Leite
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Pernambuco – Brasil. Karla.leite@ufpe.br

Maurício Oliveira de Andrade
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Pernambuco – Brasil. mauricio.andrade@ufpe.br

RESUMO

O artigo tem como objetivo avaliar a governança do sistema de bicicletas públicas compartilhadas BIKE PE, na Região Metropolitana do Recife, sob a ótica colaborativa multinível, utilizando o modelo da quádrupla hélice (governo, setor privado, academia e sociedade civil). Busca compreender como esses agentes interagem na definição de estratégias, liderança e mecanismos de controle, contribuindo para a mobilidade urbana sustentável. A metodologia adota um estudo de caso exploratório e descritivo, com abordagens qualitativas e quantitativas, envolvendo análise documental, aplicação de questionários e entrevistas, além de matriz SWOT e análise multicritério das dimensões de liderança, estratégia e controle. A relevância do tema está na necessidade de fortalecer os sistemas de bicicletas públicas como instrumentos de mobilidade ativa e sustentável, articulando políticas públicas, inovação e governança integrada entre diversos atores. Os resultados apontam que o BIKE PE apresenta liderança consolidada e coordenação eficiente entre governo e operador privado, mas revela fragilidades nas dimensões de estratégia e controle, especialmente na definição de metas, monitoramento e integração ao transporte público. Fatores como comunicação e confiança mútua mostraram-se essenciais para a inovação e aprimoramento do sistema. O modelo mostra-se útil como ferramenta replicável de diagnóstico e aprimoramento, fortalecendo a governança colaborativa e a integração dos SBPC à mobilidade urbana sustentável e inclusiva.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de bicicletas públicas compartilhadas (SBPC) têm se destacado como instrumentos relevantes das políticas públicas de mobilidade urbana sustentável, ao promoverem modos ativos de deslocamento, ampliarem o acesso equitativo ao transporte e contribuírem para a redução da dependência de veículos motorizados (Cervero, Caldwell e Cuellar, 2013; Parkes, Marsden, Shaheen e Cohen, 2013). Entretanto, a efetividade desses sistemas como serviços públicos depende de estruturas de governança sólidas, que articulem adequadamente as autoridades públicas, operadores privados, universidades e sociedade civil, de modo a garantir transparência, continuidade e integração intersetorial (Halpern e Artigas, 2024).

No contexto brasileiro, a ausência de um marco regulatório nacional específico para os SBPC, associada à fragmentação institucional e à baixa coordenação entre os níveis de governo, compromete o planejamento e a sustentabilidade desses sistemas (Brasil, 2018; ITDP, 2018). Tal lacuna torna evidente a necessidade de modelos de governança colaborativa que considerem a multiplicidade de agentes e a complexidade dos processos decisórios inerentes à mobilidade urbana.

Este artigo procede da pesquisa de Leite (2025), que analisou a governança do sistema BIKE PE sob a perspectiva colaborativa multinível, adotando o modelo da quádrupla hélice de inovação (Carayannis & Campbell, 2009). O artigo tem como objetivo propor e discutir um modelo de governança colaborativa para sistemas de bicicletas públicas compartilhadas, fundamentado na teoria da quádrupla hélice de inovação (Carayannis & Campbell, 2014), que permite compreender e estruturar as interações entre governo, setor privado, academia e sociedade civil. O modelo é aplicado ao caso do BIKE PE, sistema de bicicletas públicas da Região Metropolitana do Recife, analisado sob a ótica dos mecanismos de liderança, estratégia e controle (Leite, 2025).

A questão condutora que orienta este estudo é: de que forma um modelo de governança colaborativa, apoiado na interação entre os agentes da quádrupla hélice e alinhado às políticas públicas pode fortalecer o papel das autoridades e aprimorar a gestão dos sistemas de bicicletas públicas compartilhadas?

Ao abordar essa questão, o artigo busca contribuir para o debate sobre governança em transporte e mobilidade, destacando o papel estratégico das autoridades públicas na promoção da mobilidade ativa e na regulação de parcerias público-privadas. Assim, a pesquisa evidencia que os SBPC não devem ser tratados apenas como serviços tecnológicos de micromobilidade, mas como políticas públicas integradas, capazes de promover inclusão social, inovação institucional e sustentabilidade ambiental nas cidades brasileiras.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A governança pública colaborativa tem ganhado destaque nas políticas de mobilidade urbana, evidenciando a necessidade de articulação entre diferentes níveis de governo e setores sociais (Ansell e Gash, 2008; Nabatchi e Balogh, 2012). No contexto dos sistemas

de bicicletas públicas compartilhadas (SBPC), persistem lacunas na integração entre políticas públicas, infraestrutura cicloviária e operação privada (Brasil, 2018; ITDP, 2018).

A literatura sobre governança em mobilidade urbana aponta que a transição para sistemas sustentáveis requer atuação ativa do poder público na formulação de políticas, regulação dos serviços e mediação entre interesses sociais e econômicos (Halpern e Artigas, 2024). As políticas de mobilidade ativa, especialmente as voltadas aos SBPC, configuram instrumentos estratégicos para a integração urbana e democratização do transporte. Contudo, sua consolidação depende de marcos regulatórios claros, mecanismos de controle social e estruturas de governança que assegurem continuidade e transparência na gestão (Brasil, 2018; BID, 2021).

A Lei nº 12.587/2012, que institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU), prioriza os modos não motorizados e o transporte coletivo, mas carece de regulamentação específica para a operação e o financiamento dos SBPC. Essa lacuna tem gerado desigualdades territoriais na oferta do serviço e fragilidades nas parcerias público-privadas (ITDP, 2018). Assim, o papel das autoridades municipais e estaduais torna-se essencial para definir responsabilidades, supervisionar contratos e garantir qualidade na prestação dos serviços.

Segundo Ostrom (1990, 2010), a gestão eficaz de bens comuns requer arranjos institucionais baseados em confiança, comunicação e regras compartilhadas. Ansell e Gash (2008) defendem que sistemas complexos, e a mobilidade urbana é um desses sistemas, devem ser geridos de forma colaborativa, com agentes públicos e privados compartilhando decisões e responsabilidades. Essa abordagem, expressa na governança pública colaborativa, valoriza a coprodução de políticas e a deliberação conjunta entre governo, operadores, universidades e sociedade civil, promovendo políticas mais participativas e adaptadas às demandas locais (Nabatchi e Balogh, 2012; Brasil, 2014).

A teoria da quádrupla hélice de inovação (Carayannis e Campbell, 2009; Carayannis et al., 2021) amplia o modelo do tríplice hélice ao incluir a sociedade civil como ator central na formulação de políticas inovadoras e sustentáveis. Esse arcabouço teórico permite compreender a interação entre governo, setor privado, academia e sociedade civil na gestão dos SBPC, incorporando dimensões de transparência, engajamento e controle social (Etzkowitz e Leydesdorff, 1995; Carayannis e Campbell, 2009).

Estudos recentes indicam que a eficácia das políticas de mobilidade ativa depende da capacidade institucional das autoridades em exercer liderança, formular estratégias de longo prazo e manter mecanismos de controle (Halpern e Artigas, 2024; Andrade, 2019). Assim, a governança colaborativa emerge como instrumento de modernização da gestão pública, ao promover coparticipação, inovação social e sustentabilidade urbana. No Brasil, as falhas na governança dos SBPC decorrem, em grande parte, da baixa coordenação interinstitucional, ausência de planejamento e limitada integração com outros modos de transporte.

Em síntese, a literatura converge ao reconhecer que a boa governança dos SBPC exige arranjos institucionais integrados, regulação clara e liderança efetiva do poder público.

O modelo da quádrupla hélice constitui, assim, uma ferramenta teórica e prática para fortalecer a articulação entre políticas de transporte, meio ambiente e inovação social, consolidando os SBPC como instrumentos de política pública voltados à equidade e à sustentabilidade das cidades.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada combina abordagens qualitativas e quantitativas, de natureza exploratória e descritiva, voltada à análise da governança pública colaborativa dos sistemas de bicicletas compartilhadas, com foco na atuação das autoridades, na regulação do serviço e na integração das políticas públicas de mobilidade urbana.

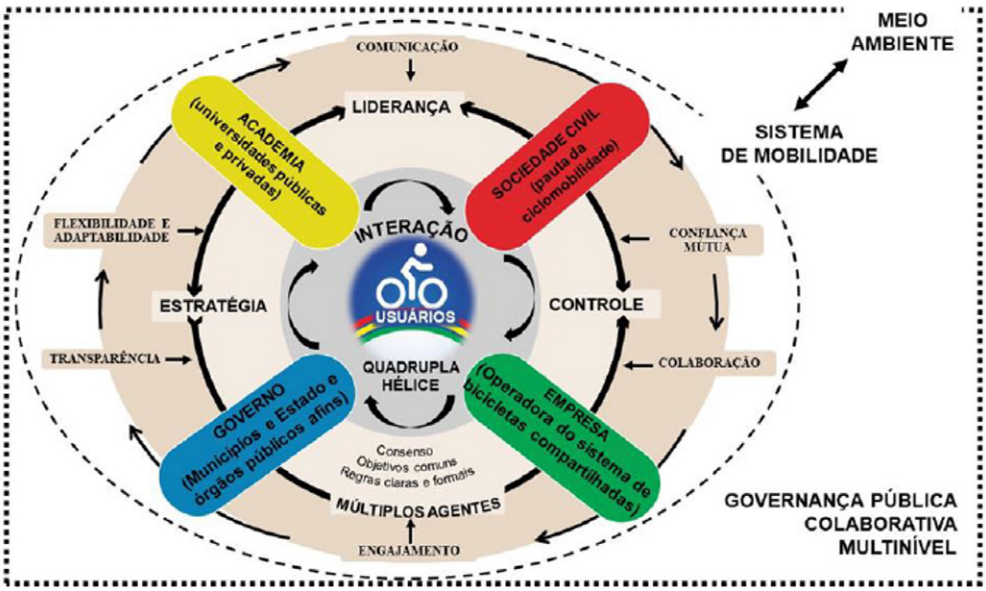
O estudo baseia-se no caso do BIKE PE, sistema de bicicletas públicas da Região Metropolitana do Recife, escolhido por sua relevância institucional e por ser o único sistema brasileiro com abrangência metropolitana, integrando múltiplos municípios e diferentes níveis de gestão pública (Leite, 2025). Esse recorte permite avaliar como a coordenação entre governos municipais e estadual, empresas concessionárias e sociedade civil influencia a efetividade das políticas públicas e a sustentabilidade do serviço.

A unidade de análise é a estrutura de governança do sistema BIKE PE, observada sob as dimensões de liderança, estratégia e controle, conforme a literatura sobre governança pública (Brasil, 2014; ISO 37000, 2021). Essas dimensões refletem, respectivamente, o papel das autoridades públicas na direção estratégica do serviço, a capacidade de planejamento e articulação interinstitucional e a efetividade dos mecanismos de monitoramento e regulação.

A coleta de dados foi realizada em três frentes complementares, quais sejam: Análise documental e normativa, abrangendo atas e portarias do Escritório da Bicicleta de Pernambuco, legislações municipais e estaduais relacionadas à mobilidade urbana, e documentos técnicos de planejamento, como o Plano Diretor Cicloviário Metropolitano (PDC); Aplicação de questionários e entrevistas semiestruturadas a 27 tomadores de decisão vinculados às quatro hélices da inovação (governo, setor privado, academia e sociedade civil), a fim de compreender percepções sobre a governança, a participação dos agentes e os desafios de regulação e Pesquisa de opinião com 57 usuários do sistema BIKE PE, com o objetivo de avaliar a qualidade do serviço, a percepção sobre as políticas públicas associadas e o grau de confiança na atuação das autoridades gestoras (Leite, 2025).

Para a avaliação dos dados, utilizou-se o modelo analítico baseado na Matriz SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats), estruturada segundo a teoria dos métodos multicritérios. Essa ferramenta permitiu identificar as forças e fraquezas internas à governança do sistema, bem como as oportunidades e ameaças externas relacionadas ao contexto político-institucional e regulatório. A ponderação dos fatores foi realizada com base em critérios derivados da literatura de boa governança e inovação pública, como engajamento, colaboração, confiança mútua, comunicação, transparência e flexibilidade/adapatabilidade (Ansell e Gash, 2008; Carayannis et al., 2021), conforme e observa na Figura 1 abaixo.

Figura 1: Fluxograma dos fatores que influenciam as interações dos agentes da quadrupla hélice e que impactam nos três mecanismos da governança



Fonte: Leite, 2025

Os pesos e níveis de importância dos fatores foram definidos pelos próprios respondentes (decisores) que participaram da primeira etapa da pesquisa. Solicitou-se que os respondentes ranqueassem os fatores apresentados, de acordo com sua percepção e julgamento individual, cujo resultado se apresenta na tabela 1 abaixo.

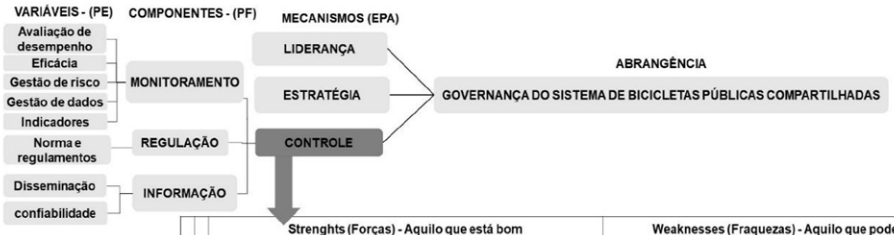
Tabela 1: Valores dos pesos dos fatores

FATORES	ESCALA DE IMPORTÂNCIA	PESO
Comunicação	Impacta extremamente	1,00
Confiança Mútua	Impacta muito	0,80
Colaboração	Impacta moderadamente	0,60
Engajamento	Impacta levemente	0,40
Transparência	Impacta pouco	0,20
Flexibilidade e Adaptação	Não impacta	0,01

Fonte: Leite, 2025

Ao envolver os agentes da quádrupla hélice na definição dos pesos e na avaliação dos critérios, o método promove uma interação que explicita as preferências e minimiza a subjetividade, permitindo também a realização de análises de sensibilidade para validar a robustez dos resultados. Com o ranqueaquento e respectivos pesos foi possível aplicar os fatores às variáveis estabelecida para cada mecanismo da governança na matriz SWOT, conforme demonstrado na figura 2 abaixo, que demonstra a aplicação no mecanismo controle.

Figura 2: Resumo da matriz do mecanismo controle



Fator/ contexto		Strenghts (Forças) - Aquilo que está bom					Weaknesses (Fraquezas) - Aquilo que pode melhorar				
		Variável	componente	Fator de impacto	Resultado avaliação S/F	Resultado avaliação C/F	Variável	componente	Fator de impacto	Resultado avaliação S/F	Resultado avaliação C/F
Interno		Confiabilidade	Informação	Comunicação/ Confiança mútua	81,50%	73,35%	Gestão de Risco	Monitoramento	Comunicação / Engajamento	81,50%	57,05%
		Gestão de dados	Monitoramento	Comunicação/ Transparência	62,90%	69,19%	Normas e Regulamentos	Regulação	Comunicação/ Transparência	74,10%	51,87%
		Eficácia	Monitoramento	Comunicação/ Transparência	59,20%	35,52%	*Indicadores (*representa a soma dos indicadores)	Monitoramento	Comunicação /Flexib. e Adapt.	74,00%	37,74%
							Promoção e Disseminação	Informação	Comunicação/ Transparência	66,70%	40,02%
							Avaliação de desempenho	Monitoramento	Comunicação /Flexib. e Adapt.	63%	31,76%
Externo		Opportunities (oportunidades) – Tendências/ novidades aproveitadas					Threats (ameaças) - Pode prejudicar e precisa se preparar				
		Variável	componente	Fator de impacto	Resultado avaliação		Variável	componente	Fator de impacto	Resultado avaliação	
		Não foram identificadas oportunidades significativas na análise					Não foram identificadas ameaças significativas na análise				

Fonte: Leite, 2025

A integração entre os métodos qualitativos e quantitativos possibilitou construir uma avaliação sistêmica e participativa, em que as percepções dos agentes públicos foram cruzadas com a análise normativa e com as opiniões dos usuários, revelando como o papel das autoridades influencia diretamente a efetividade da política pública de bicicletas compartilhadas.

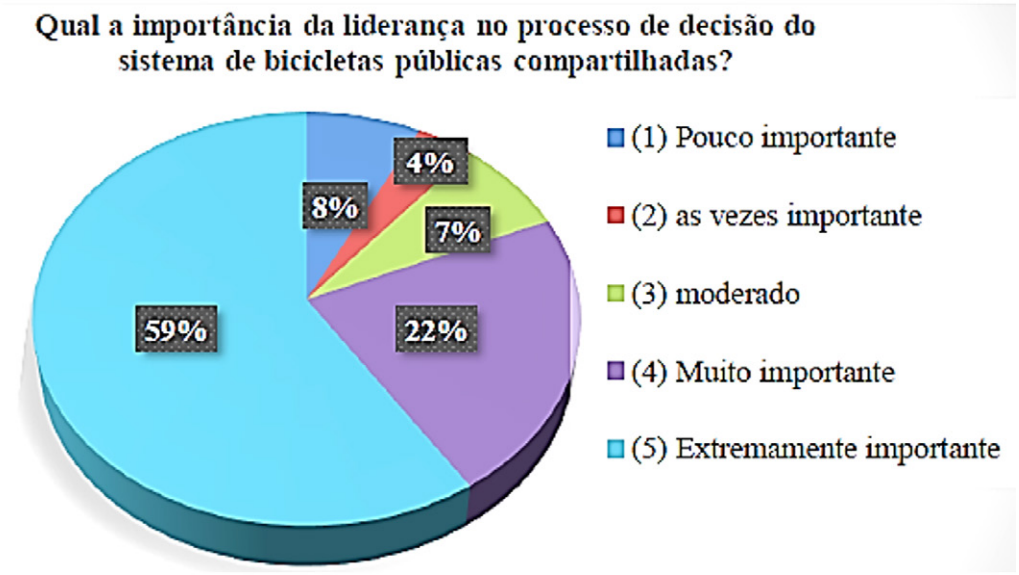
Dessa forma, a metodologia proposta não se detém apenas na avaliação, mas também oferece um instrumento de diagnóstico e aprimoramento institucional, capaz de apoiar a formulação de marcos regulatórios mais claros e políticas públicas integradas de mobilidade ativa. O modelo, testado no contexto do BIKE PE, é passível de replicação em outras cidades latino-americanas que enfrentam desafios semelhantes de governança, coordenação entre entes federativos e integração entre políticas de transporte e sustentabilidade urbana.

4. RESULTADOS

A análise da governança do sistema BIKE PE, conduzida a partir da perspectiva dos agentes da quádrupla hélice, evidencia que o modelo de governança colaborativa baseado na quadrupla hélice de inovação, apresenta avanços importantes no campo da mobilidade ativa, mas ainda enfrenta desafios relacionados à coordenação institucional e à ausência de diretrizes regulatórias uniformes.

Os resultados demonstram que, há um consenso entre os agentes sobre a importância da liderança no processo de tomada de decisão, conforme Figura 3 abaixo. Essa percepção é respaldada pela literatura sobre o tema.

Figura 3: Importância do papel da liderança na percepção dos agentes que compõem a governança



Fonte: Leite, 2025

Ainda na dimensão da liderança, há uma percepção positiva quanto ao papel do governo estadual, representado pela Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEDUH) na coordenação geral do sistema, especialmente pela atuação do Escritório da Bicicleta, que cumpre função estratégica de articulação interinstitucional (Leite, 2025). Essa instância tem possibilitado maior diálogo entre municípios, operadores privados e representantes da sociedade civil, fortalecendo a função das autoridades como mediadoras e formuladoras de políticas públicas de ciclomobilidade.

Entretanto, as dimensões de estratégia e controle ainda se apresentam como pontos de fragilidade na governança do BIKE PE. As entrevistas e análises documentais indicam limitações na definição de metas de longo prazo, ausência de planos de integração modal formalizados e deficiência de indicadores de desempenho que subsidiem o acompanhamento das políticas públicas. Essas lacunas se devem, em parte, à inexistência de um marco regulatório nacional específico para os sistemas de bicicletas compartilhadas e à falta de mecanismos legais que definam com clareza as competências entre os níveis de governo (Brasil, 2018; ITDP, 2018).

A análise SWOT estruturada para o modelo revelou que os fatores comunicação, confiança mútua e engajamento interinstitucional são os de maior impacto positivo na governança, na opinião dos agentes, especialmente quando articulados com lideranças públicas ativas. Outro ponto que chama atenção, são os resultados sobre o engajamento, os dados evidenciam a relevância do engajamento na tomada de decisões, na percepção dos agentes envolvidos.

Em contrapartida, a descontinuidade administrativa, a rotatividade de gestores e a falta de padronização de procedimentos regulatórios foram identificadas como ameaças

significativas à continuidade das políticas e à consolidação do serviço como política pública de Estado (Halpern e Artigas, 2024; Leite, 2025).

Os dados obtidos junto aos usuários do sistema complementam a análise, e embora relatem problemas de manutenção e redistribuição das bicicletas, o sistema têm uma alta aceitação mesmo com limitações de gestão e manutenção. Pois, quando foram questionados sobre a satisfação geral em relação ao sistema, em uma escala de 1 a 5, sendo 1 a pior nota e 5 a maior nota, a maioria dos respondentes, 43,9%, avaliaram 4, e 33,3% avaliaram 5.

Os usuários também reconhecem o papel positivo das autoridades na oferta e expansão do serviço. Essa percepção reforça a importância de consolidar o BIKE PE dentro de um arcabouço regulatório estável, capaz de garantir investimentos contínuos, controle de qualidade e equidade territorial no acesso às estações.

Do ponto de vista institucional, observou-se que as autoridades públicas têm papel central na coordenação das políticas intermunicipais e na negociação com a operadora privada, mas ainda carecem de instrumentos normativos que assegurem a prestação de contas, a transparência e o monitoramento dos resultados. Conforme a literatura aponta, a governança colaborativa requer que o Estado atue não apenas como regulador, mas como facilitador da cooperação e da inovação institucional (Ostrom, 2010; Ansell e Gash, 2008; Carayannis et al., 2021).

Os resultados sugerem ainda que o fortalecimento da liderança pública e a institucionalização de mecanismos participativos permanentes, como conselhos consultivos e comitês de acompanhamento com representação das quatro hélices, podem ampliar a legitimidade e a eficácia da governança. Tais mecanismos também contribuem para consolidar a visão de que o sistema de bicicletas públicas é uma política pública estruturante, parte integrante das metas de mobilidade ativa e sustentabilidade urbana previstas nas agendas nacionais e internacionais (United Nations, 2017; BID, 2021).

Em síntese, o caso BIKE PE demonstra que a governança colaborativa, quando articulada com marcos regulatórios adequados e autoridades engajadas, pode transformar os sistemas de bicicletas públicas em instrumentos efetivos de política urbana. O estudo reforça que a consolidação de uma governança democrática e participativa exige não apenas a integração de agentes, mas também vontade política, clareza normativa e mecanismos de controle contínuo, condições indispensáveis para o fortalecimento das políticas públicas de mobilidade ativa no Brasil.

5. CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

A análise da governança do sistema BIKE PE evidencia que a consolidação dos sistemas de bicicletas públicas compartilhadas (SBPC) como instrumentos de mobilidade urbana sustentável depende diretamente do fortalecimento de suas estruturas institucionais, da clareza regulatória e da atuação coordenada das autoridades públicas. Os resultados obtidos mostram que, embora a liderança governamental exerça papel essencial na articulação entre os agentes da quádrupla hélice, persistem fragilidades significativas

nas dimensões de estratégia e controle, especialmente no que se refere à ausência de planejamento de longo prazo, indicadores de desempenho e mecanismos de transparência (Leite, 2025).

Essas lacunas revelam que a governança dos SBPC ainda se encontra em estágio de maturidade institucional intermediário, fortemente dependente da vontade política e da continuidade administrativa. O estudo demonstra que o modelo da quádrupla hélice de inovação oferece um arcabouço eficaz para compreender as interações entre governo, setor privado, academia e sociedade civil, permitindo avaliar de que forma as autoridades podem atuar como mediadoras e facilitadoras de processos colaborativos. No entanto, para que esse modelo se traduza em práticas de governança sustentáveis, é indispensável que as políticas públicas contem com marcos regulatórios estáveis, instrumentos de acompanhamento participativo e financiamento perene.

A partir da análise do caso BIKE PE, pode-se concluir que a governança colaborativa requer mais do que acordos pontuais entre gestores e operadores: exige institucionalização de instâncias permanentes de participação, como comitês intersetoriais, conselhos metropolitanos de mobilidade e fóruns de usuários. Tais espaços fortalecem a *accountability* pública, ampliam a legitimidade das decisões e garantem que a sociedade civil exerça papel ativo no monitoramento das políticas (Ostrom, 2010; Ansell e Gash, 2008). Da mesma forma, a consolidação de um marco regulatório específico para os SBPC no Brasil representaria um avanço decisivo, ao definir competências, responsabilidades e padrões mínimos de qualidade para a operação e o controle dos serviços (Brasil, 2018; ITDP, 2018).

No campo prático, os resultados apontam que as autoridades públicas devem atuar como agentes integradores de políticas, conectando as metas de mobilidade ativa às agendas de saúde, meio ambiente e inovação urbana. O fortalecimento da liderança pública e o uso de ferramentas de gestão baseadas em evidências, como a matriz SWOT e os métodos multicritérios, são estratégias que podem aprimorar a regulação e o desempenho dos sistemas, garantindo maior alinhamento entre as ações locais e as diretrizes nacionais de mobilidade sustentável (Halpern e Artigas, 2024).

Como trabalhos futuros, recomenda-se a replicação do modelo de governança colaborativa proposto em outras cidades brasileiras e latino-americanas, a fim de comparar contextos institucionais e identificar boas práticas de regulação e participação, bem como o desenvolvimento de indicadores específicos de governança em mobilidade ativa, voltados à mensuração de transparência, engajamento, eficiência e integração intersetorial;

Em síntese, a pesquisa conclui que a governança colaborativa das bicicletas públicas, quando sustentada por instituições sólidas, regulação clara e liderança pública engajada, pode transformar os SBPC em políticas estruturantes de mobilidade urbana sustentável. A integração entre governo, iniciativa privada, academia e sociedade civil, dentro de um modelo cooperativo e transparente, é o caminho para consolidar sistemas de bicicletas compartilhadas não apenas eficientes e acessíveis, mas também socialmente legítimos, ambientalmente responsáveis e politicamente duradouros.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSELL, C., Gash, A (2008). *Collaborative Governance in theory and Practice. Journal of Public Administration Research and Theory*, 18, 543-571, 2008.

BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO – BID. (2021). Sistemas de bicicletas compartilhadas na América Latina e Caribe: diagnóstico e perspectivas. Washington, D.C.

BRASIL. (2014). Referencial básico de governança aplicável a órgãos e entidades da administração pública. Brasília: Tribunal de Contas da União.

BRASIL. (2018). Política Nacional de Mobilidade Urbana – Lei nº 12.587/2012. Brasília: Ministério das Cidades.

CARAYANNIS, E. G., & CAMPBELL, D. F. (2009). *'Mode 3' and' quadruple helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem*. International Journal of Technology Management, 46 (3-4), p. 201-234,. DOI: 10.1504/IJTM.2009.023374.

CARAYANNIS, E. & CAMPBELL, D. & GRIGOROUDIS, E. (2021). *Helix Trilogy: The Triple, Quadruple, and Quintuple Innovation Helices from a Theory, Policy, and Practice Set of Perspectives*. Journal of the Knowledge Economy. 10.1007/s13132-021-00813.

CERVERO, R., CALDWELL, B., & CUELLAR, J. (2013). Bike-sharing in Latin America: an overview and comparative analysis. University of California, Berkeley.

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1995). The Triple Helix – University–Industry–Government relations: A laboratory for knowledge-based economic development. EASST Review, 14(1), 14–19.

Halpern, C., & Artigas, C. (2024). Governança colaborativa e políticas públicas urbanas. São Paulo: Editora Fiocruz.

ITDP – Institute for Transportation and Development Policy. (2018). Sistemas de Bicicletas Compartilhadas no Brasil: Diagnóstico e Recomendações. São Paulo. Retirado de http://itdpbrasil.org

LEITE, Karla Denise Castro (2025). Avaliação da governança de sistema de bicicletas públicas compartilhadas na perspectiva dos agentes da quádrupla hélice de inovação. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. - Recife, PE.

Nabatchi, T., & Balogh, S. (2012). Redefining public participation in collaborative governance. Public Administration Review, 72(5), 771–780.

Ostrom, E. (1990). Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action. Cambridge University Press, Cambridge.

Ostrom, E. (2010). Beyond Markets and States: Polycentric Governance of Complex Economic Systems. American Economic Review, 100(3), 641–672.

United Nations. (2017). New Urban Agenda – Habitat III. New York: United Nations Publications.

IMPACTO DE LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN EN EL MARCO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Saúl Rivero Mejía
Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia, saul.rivero@pascualbravo.edu.co

Salomé Vanegas Moreno
Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia, salome.vanegas889@pascualbravo.edu.co

Estefanya Marín Tabares
Institución Universitaria Pascual Bravo, Medellín, Colombia, e.marin407@pascualbravo.edu.co

RESUMEN

El transporte, pilar de la sociedad, genera graves emisiones contaminantes por el uso de vehículos convencionales, lo que impulsa la movilidad sostenible ante el agotamiento de combustibles fósiles y el impacto ambiental. Dado que Colombia basa su matriz energética en combustibles fósiles, se requiere una transición coordinada sustentada en investigación y conocimiento científico (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2023). Con este propósito, el Gobierno implementó la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica, que busca 600.000 vehículos eléctricos para 2030 (Gobierno de Colombia, 2019), reafirmando su compromiso con el Acuerdo de París y los ODS. La Estrategia se articula con políticas como la Ley 2119 y el Plan Nacional de Desarrollo, aunque los altos costos y la limitada infraestructura dificultan alcanzar la meta. Por ello, es esencial evaluar resultados ambientales, económicos y de parque automotor. Este trabajo analiza el impacto del uso de vehículos eléctricos en Medellín mediante un enfoque mixto y exploratorio, con revisión documental y una simulación del ahorro de gasolina. Los resultados preliminares indican un ahorro cercano a 24 millones de litros al año, con una reducción significativa de CO2. Los vehículos eléctricos disminuyen la dependencia de hidrocarburos y apoyan la transición energética en Medellín, aunque se requiere mayor participación de energías renovables para maximizar sus beneficios.

1. INTRODUCCIÓN

El transporte constituye un pilar fundamental para el desarrollo de la sociedad; sin embargo, los vehículos convencionales afectan gravemente al ambiente debido a sus emisiones contaminantes. En este sentido, durante los últimos años la movilidad sostenible ha cobrado creciente importancia, tanto frente al agotamiento de combustibles fósiles como al impacto ambiental que generan (Supertransporte, 2024). El transporte en Colombia, aun altamente dependiente de los combustibles fósiles, constituye uno de los principales emisores de gases de efecto invernadero.

Esta dependencia energética y la consecuente problemática ambiental exigen una respuesta política. Dado que Colombia basa su matriz energética en gran medida en combustibles fósiles, se hace necesaria una transición energética acompañada de una reindustrialización progresiva y coordinada, la cual debe estar sustentada en investigación y conocimiento científico (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, 2023). Con este propósito, el Gobierno nacional implementó la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica y Sostenible, la cual plantea como meta alcanzar 600.000 vehículos eléctricos en circulación para 2030 (Gobierno de Colombia, 2019). El país ha reafirmado este compromiso con la sostenibilidad al ingresar en la OCDE y adoptar el Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Como respuesta a los altos contaminantes emitidos por los vehículos tradicionales, la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica se articula con la Ley 2119, el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 (Colombia potencia mundial de la vida), y el Plan Maestro del Valle de Aburrá. En esta línea, la Ley 1964/2019 estableció beneficios fiscales y operativos, tales como la reducción del impuesto vehicular, descuentos en la revisión técnico-mecánica y el seguro obligatorio, parqueaderos preferenciales y la expansión de puntos de carga (Congreso de Colombia, 2019). A su vez, el Conpes 4075 de 2022, en el marco de la Política de Transición Energética, busca acelerar la adopción de tecnologías limpias, fortalecer la infraestructura de carga y reducir en un 20% las emisiones del transporte para 2030 (DNP, 2022).

No obstante, a pesar de este sólido marco normativo e institucional, la consecución de la meta se ve dificultada por factores intrínsecos al mercado, tales como los altos costos de adquisición de los vehículos, la infraestructura de carga limitada y la autonomía reducida de los mismos. Por lo anterior, resulta crucial evaluar los resultados ambientales, económicos y del parque automotor. En este contexto, el presente trabajo propone analizar el impacto de la introducción de vehículos eléctricos en la ciudad de Medellín, dentro del marco de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica.

2. METODOLOGÍA

El trabajo se plantea con un enfoque metodológico mixto y un alcance exploratorio, enmarcados en la transición energética mediante la movilidad eléctrica en Medellín.

En una primera fase, se llevó a cabo la revisión de fuentes secundarias (bases científicas, informes gubernamentales y datos de ANDI y Fenalco). Asimismo, se realizó la

proyección lineal de ventas de vehículos eléctricos hasta 2030, con el fin de evaluar el cumplimiento de la meta de 600.000 unidades. Posteriormente, desde la dimensión ambiental, se realizó una simulación del ahorro anual de gasolina derivado de la adopción de vehículos eléctricos, tomando como base las ventas acumuladas y las distancias promedio recorridas tanto a nivel nacional como en Medellín.

3. RESULTADOS PARCIALES

La evaluación del impacto de la introducción de vehículos eléctricos en el parque automotor de Medellín ha arrojado resultados preliminares significativos. Específicamente, se ha calculado que la adopción de esta tecnología genera un ahorro aproximado de 24 millones de litros de gasolina al año. Este hallazgo cuantitativo se obtuvo a través de un análisis comparativo riguroso, que confrontó un escenario de movilidad actual (con la presencia de vehículos eléctricos) frente a un escenario hipotético sin su adopción. Para la realización de dicho cálculo, se integraron variables clave como los datos de penetración del parque eléctrico, la eficiencia energética de las flotas y los patrones de movilidad predominantes en la ciudad. Dicho ahorro de combustible tiene una doble implicación, pues se traduce directamente en una reducción significativa de las emisiones de CO2 a nivel anual, en total coherencia con los compromisos nacionales de descarbonización y lucha contra el cambio climático. De esta manera, y bajo el contexto de la matriz energética y las políticas vigentes, los vehículos eléctricos contribuyen de manera activa a la disminución de la dependencia de hidrocarburos y se posicionan como un motor crucial para promover la transición energética en Medellín.

4. CONLCUSIONES PRELIMINARES

Para comenzar, como primera conclusión derivada de los resultados es la validación del impacto ambiental positivo: la introducción de vehículos eléctricos en Medellín genera un ahorro significativo de 24 millones de litros de gasolina al año, lo que se traduce directamente en una reducción notable de las emisiones de CO2. Sin embargo, esta contribución al medio ambiente está intrínsecamente ligada al sector de la generación de energía. Por lo tanto, para maximizar la totalidad de los beneficios ambientales que ofrece la movilidad eléctrica, resulta indispensable aumentar de manera sustancial la participación de energías renovables en los procesos de generación eléctrica del país.

Una segunda conclusión se centra en la brecha entre la ambición nacional y la realidad operativa: a pesar de la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica que busca los 600 000 vehículos eléctricos para 2030, las políticas futuras deben enfocarse en mitigar las barreras críticas identificadas. Esto incluye la necesidad imperativa de desarrollar una infraestructura de carga robusta y accesible, y de diseñar mecanismos que compensen los altos costos de adquisición y la percepción de autonomía reducida.

Finalmente, en coherencia con el objetivo de generar información clave, se hace necesario que el análisis del impacto de la adopción de vehículos eléctricos en Medellín se evalúe desde diferentes dimensiones *tales como la reducción de emisiones, el ahorro*

de combustible, el impulso económico y la transición energética. La comprensión de este impacto multidimensional es crucial para optimizar los recursos, perfeccionar las futuras políticas a nivel local y nacional, y asegurar que el desarrollo económico se mantenga firmemente alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). La transición energética vehicular, por lo tanto, no es solo un reto ambiental, sino un imperativo de política pública y desarrollo socioeconómico.

BIBLIOGRAFÍA

Congreso de Colombia. (2019). *Ley 1964 de 2019*. Bogotá. https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/ley-1964-de-2019/

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2022). *Conpes de Transición Energética que consolidará el proceso hacia un desarrollo y crecimiento económico sostenible.* https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4075.pdf

Gobierno de Colombia. (2019). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. *Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica y Sostenible.* https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/ENME.pdf

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2023). *Documento de política: Misión Transición Energética. Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*. N.º 2403 [PDF]. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/2403_documento_de_politica_transicion_energetica_1.pdf

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2017). Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. *Decreto 1116 de 2017*. https://www.mincit.gov.co/normatividad/proyectos-de-normatividad/proyectos-de-decretos-2019/pytodecretovehiculos.aspx

Supertransporte. (2024). *La transición energética vehicular en Colombia: Un reto impostergable*. https://carga.com.co/la-transicion-energetica-vehicular-en-colombia-un-reto-impostergable/#:~:text=La%20transici%C3%B3n%20energ%C3%A9tica%20vehicular%20en%20Colombia%20es%20un%20proceso%20impostergable,amigable%20con%20el%20medio%20ambiente

INTEGRACIÓN ESTRATÉGICA PARA LA DESCARBONIZACIÓN: SINERGIA ENTRE EL PLAN DE ELECTROMOVILIDAD Y EL PROYECTO CENTRO HISTÓRICO BAJO EN EMISIONES EN CUENCA, ECUADOR

GOBERNANZA EN EL TRANSPORTE Y MOVILIDAD: POLÍTICAS PÚBLICAS, MARCO REGULATORIO Y EL PAPEL DE LAS AUTORIDADES

Diego Correa Barahona Ph.D
Universidad de Cuenca, Departamento de Ingeniería Civil, Cuenca, Ecuador.
Universidad de Azuay, Facultad de Ciencia y Tecnología, Cuenca, Ecuador.
diego.correa@ucuenca.edu.ec

RESUMEN

La ciudad de Cuenca, Ecuador, enfrenta el desafío de descarbonizar su transporte urbano en un contexto de crecimiento del parque automotor y la necesidad de preservar su Centro Histórico Patrimonio de la Humanidad. El presente trabajo expone la estrategia integral adoptada por la ciudad, la cual articula dos instrumentos fundamentales: el proyecto "Centro Histórico Bajo en Emisiones" (CHBE), financiado por KfW, que viabiliza la ejecución de infraestructura física crítica; y el Plan de Electromovilidad (E-Cuenca), desarrollado con apoyo de GIZ/TUMI, que establece el marco de política pública y gobernanza al 2030. Se analiza cómo la planificación técnica de estudios de preinversión ha permitido priorizar cuatro intervenciones detonantes: la electrificación del trasporte público urbano, una red de ciclovías utilitarias de 20 km, la implementación del modelo de supermanzanas y la expansión del sistema de bicicleta pública. Se concluye que la sincronización entre la normativa local y la inversión en infraestructura es el factor determinante para la transición exitosa hacia un modelo de movilidad sostenible en ciudades intermedias latinoamericanas.

1. INTRODUCCIÓN

Las ciudades intermedias de América Latina se encuentran en una encrucijada crítica: deben satisfacer la creciente demanda de movilidad de sus ciudadanos sin comprometer la calidad ambiental ni el patrimonio urbano. Cuenca, Ecuador, no es ajena a esta realidad. Con una tasa de motorización creciente y una topografía que desafía la movilidad no motorizada, la administración local ha asumido el reto de transformar su matriz de movilidad hacia la descarbonización, alineándose con los instrumentos de planificación vigentes como el *Plan de Movilidad y Espacios Públicos* (Alcaldía de Cuenca, 2015).

Esta transformación no se ha planteado como una serie de esfuerzos aislados, sino a través de una estrategia dual que combina la planificación normativa con la ejecución de infraestructura, amparada en el marco legal nacional de la *Ley Orgánica de Transporte Terrestre* (Asamblea Nacional, 2014). Por un lado, el apoyo técnico de la Cooperación Alemana (GIZ) a través de la iniciativa TUMI permitió el desarrollo del *Plan de Electromovilidad* (E-Cuenca), que funge como el "cerebro" estratégico (GIZ & TUMI, 2023). Por otro lado, el financiamiento del Banco de Desarrollo Alemán (KfW) por un monto aproximado de 25 millones de euros, financiamiento que permite ejecutar el proyecto "Centro Histórico Bajo en Emisiones" (CHBE).

El objetivo de este artículo es detallar la integración técnica de estos dos componentes, demostrando cómo los estudios de preinversión y factibilidad (Steer, 2021) han derivado en licitaciones concretas para la electrificación del transporte público y la pacificación del tránsito en el corazón de la ciudad.

2. MARCO ESTRATÉGICO: PLAN E-CUENCA 2030

El Plan de Electromovilidad (E-Cuenca) se establece como la hoja de ruta normativa. Su construcción no se limitó a la sustitución tecnológica de motores de combustión por eléctricos, sino que planteó un cambio de paradigma hacia una movilidad más eficiente, incorporando metodologías de cálculo de emisiones basadas en el enfoque "Evitar-Cambiar-Mejorar" propuesto por organismos internacionales (Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2013).

2.1 Metas Cuantitativas y Ejes de Acción

El Plan E-Cuenca (GIZ & TUMI, 2023) definió metas ambiciosas pero realistas para el horizonte 2030, las cuales condicionan las inversiones del proyecto CHBE:

- **Transporte Público:** Alcanzar un 10% de flota eléctrica en el sistema de bus urbano.
- **Infraestructura de Carga:** Despliegue de una red de carga pública con 10 puntos para 2025 y 25 puntos para 2028.
- **Micromovilidad:** Lograr que el 30% de la flota del sistema de bicicleta pública (BiciCuenca) sea de pedaleo asistido.
- **Taxis:** Incorporación de 80 unidades eléctricas operativas para 2030.

Para ello, el plan se organiza en cinco ejes estratégicos: Gobernanza y Política Pública, Económico y de Mercado, Técnico e Infraestructura, Educación y Comunicación, y Gestión de la Estrategia. Entre estos, el eje de Gobernanza resulta fundamental, ya que plantea la necesidad de una Ordenanza de Electromovilidad que establezca los incentivos fiscales y operativos que permitan a los operadores privados asumir el riesgo tecnológico.

La Figura 1 resume los elementos estructurales del Plan de Electromovilidad de Cuenca (E-Cuenca). En (a) se destacan las metas cuantitativas del plan, que orientan la transición energética mediante la electrificación del transporte público, la expansión de infraestructura de carga y la incorporación de vehículos eléctricos en taxis y micromovilidad. En (b) se muestran las fases metodológicas que guiaron su construcción (diagnóstico, priorización y definición de instrumentos de implementación) asegurando coherencia técnica y viabilidad institucional. Finalmente, en (c) se describen los periodos de desarrollo que organizan la adopción tecnológica en etapas escalonadas, con el fin de reducir riesgos y alinear políticas públicas, inversión y operación. (Fuente: GIZ & TUMI, 2023).

Figura 1: (a) El Plan de Electromovilidad de Cuenca en cifras, (b) Las fases que se han seguido para construir el plan de electromovilidad, (c) Períodos de desarrollo planteados en el Plan E-Cuenca. (Fuente: GIZ & TUMI. (2023)

(a)

(b)

(c)

3. EJECUCIÓN DE INFRAESTRUCTURA: PROYECTO CHBE

Mientras E-Cuenca define el "qué" y el "cuándo", el proyecto Centro Histórico Bajo en Emisiones (CHBE) define el "dónde" y el "cuánto". Basado en los estudios de factibilidad técnica realizados por la consultora Steer (2021) y los términos de referencia municipales (GAD Municipal de Cuenca, 2021), se definieron cuatro intervenciones prioritarias que actualmente se encuentran en fases de diseño definitivo y ejecución.

3.1 Intervención A: Red de Ciclovías Utilitarias

El diagnóstico inicial reveló una red de ciclovías desconectada del centro. El estudio multicriterio priorizó la intervención de 20 km de nuevos ejes para "coser" la red existente con el Centro Histórico (Steer, 2021).

Los ejes seleccionados para intervención incluyen la Avenida Loja (4.40 km), el par vial Conquistadores/Ortega y Gasset (3.04 km) y el circuito Calle Larga - Pumapungo (3.92 km). La definición técnica prioriza la segregación física o visual sobre la pintura en calzada, cumpliendo con la normativa técnica nacional (Ministerio de Transporte y Obras Públicas & Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2013), con un ancho mínimo recomendado de 2.20 metros para ciclovías bidireccionales. El objetivo es atraer al ciclista "interesado pero preocupado", reduciendo carriles vehiculares donde el nivel de servicio lo permite para redistribuir el espacio vial de manera equitativa.

La Figura 2 presenta la red actual de infraestructura ciclista de Cuenca y el resultado del proceso de priorización correspondiente a la Intervención A. En (a) se visualiza la estructura existente, evidenciando discontinuidades y baja integración funcional con el centro urbano. En (b) se muestran los 20 km priorizados para intervención inmediata (en azul oscuro), seleccionados mediante un análisis multicriterio que integró conectividad, demanda potencial y viabilidad operativa, frente a la red previamente instalada (en naranja). Esta priorización se orienta a consolidar corredores utilitarios continuos y seguros, destinados a atraer usuarios potenciales e incrementar la participación modal de la bicicleta en la ciudad. (Fuente: Steer, 2021).

Figura 2: (a) Red de ciclo infraestructura Cuenca, (b) Priorización de ciclovías propuestas para la (Intervención A). Se observa en color azul oscuro los 20 km priorizados para intervención inmediata frente a la red existente en naranja. (Fuente: Steer, 2021)

(a) **(b)**

3.2 Intervención B: Electrificación de Transporte Público

Este es el componente de mayor complejidad técnica y financiera. El estudio de factibilidad analizó la totalidad de las rutas de bus de Cuenca bajo criterios de pendiente, demanda (Índice de Pasajeros por Kilómetro - IPK) y eficiencia operativa (Índice de Kilómetros por Bus - IKB) (Steer, 2021).

Se priorizaron tres rutas para la primera fase de electrificación: *Alimentador 2 (Baños)*: Seleccionada por su topografía exigente y alta demanda. *Línea 19 (Orquídeas – Tennis Club)*: Una ruta troncal clave para la conectividad transversal. *Alimentador 1 (Ricaurte)*.

La propuesta técnica contempla una flota inicial de 25 autobuses eléctricos estándar de 12 metros (piso bajo). Para la infraestructura de recarga, se determinó la viabilidad de utilizar el Patio Taller del Tranvía, aprovechando la subestación eléctrica existente para la instalación de cargadores de carga lenta nocturna, optimizando así la inversión inicial (CAPEX estimado de 10.9 millones USD para flota e infraestructura). Esta integración multimodal se alinea con los estudios previos de integración urbana del corredor tranviario (Creative Union Network, 2017).

La Figura 3 ilustra los componentes clave de la Intervención B orientada a la electrificación del transporte público. En (a) se presenta la ubicación estratégica del patio taller del Tranvía de Cuenca, infraestructura existente que permite integrar recarga lenta nocturna y reducir costos de inversión inicial. En (b) se visualizan las rutas priorizadas para la primera fase de electrificación) Alimentador 2, Línea 19 y Alimentador 1 (seleccionadas según criterios de demanda, pendiente y eficiencia operativa. Esta priorización busca maximizar el impacto ambiental y garantizar condiciones operativas óptimas para la adopción temprana de flotas eléctricas. (Fuente: Steer, 2021).

Figura 3: (a) Ruta y ubicación del patio taller del Tranvía de Cuenca (b) Líneas de transporte público priorizadas para electrificación (Intervención B). Se destacan las rutas Alimentador 2, Línea 19 y Alimentador 1. (Fuente: Steer, 2021)

(a) **(b)**

3.3 Intervención C: Supermanzanas y Calles Completas

La intervención urbana se focaliza en la "Supermanzana Central", abarcando el entorno del Parque Calderón y ejes como las calles Presidente Córdova y Borrero. Este concepto se basa en el modelo urbano implementado en Barcelona (Rueda, 2016; Ayuntamiento de Barcelona, 2018), adaptado a la realidad patrimonial de Cuenca por la Fundación municipal (Fundación El Barranco, 2021).

La metodología de implementación definida es progresiva para gestionar la resistencia al cambio, siguiendo principios de diseño global (Global Design Cities Initiative & National Association of City Transportation Officials, 2016; Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano [SEDATU] & BID, 2019):
1. Fase Funcional: Intervenciones de bajo costo (pintura, bolardos) para modificar flujos vehiculares y pacificar el tránsito.
2. Fase Táctica: Urbanismo táctico e incorporación de mobiliario urbano móvil para ganar espacio peatonal efectivo.
3. Fase Estructurante: Obra civil definitiva, incluyendo la nivelación de calzada y acera (plataforma única) y la ampliación de aceras con materiales nobles (piedra andesita).

Esta intervención representa el componente de mayor inversión en obra civil (estimado en 14.4 millones USD) y busca reducir drásticamente las emisiones y el ruido en el área patrimonial.

La Figura 4 muestra la distribución espacial de la Intervención C en el área de la Supermanzana Central. En (a) se identifican las intervenciones estructurantes, correspondientes a calles destinadas a obra civil definitiva, orientadas a consolidar el rediseño del espacio público. En (b) y (c) se representan las fases táctica y funcional, respectivamente, concebidas como etapas previas de implementación de bajo costo

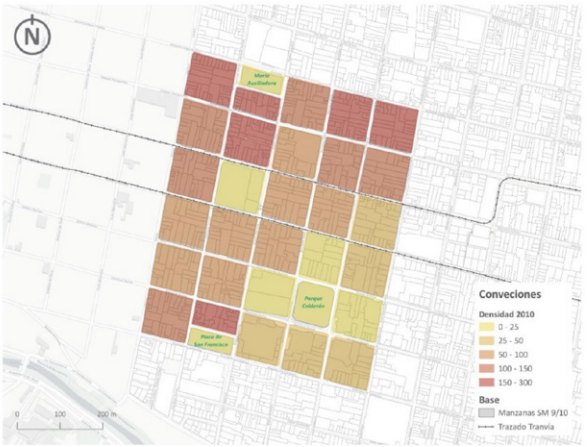
para reorganizar flujos vehiculares y ganar espacio peatonal. Finalmente, en (d) se presenta la densidad urbana por manzana, insumo clave para jerarquizar intervenciones y maximizar el impacto en áreas de mayor actividad. (Fuente: Steer, 2021).

Figura 4: (a) Localización de intervenciones estructurantes en la Supermanzana Central (Intervención C). Muestra las calles a intervenir con obra civil definitiva. (b) Localización de intervenciones tácticas, (c) Localización de intervenciones funcionales (d) Densidad por manzana (Fuente: Steer, 2021)

(a)

(b)

(c)



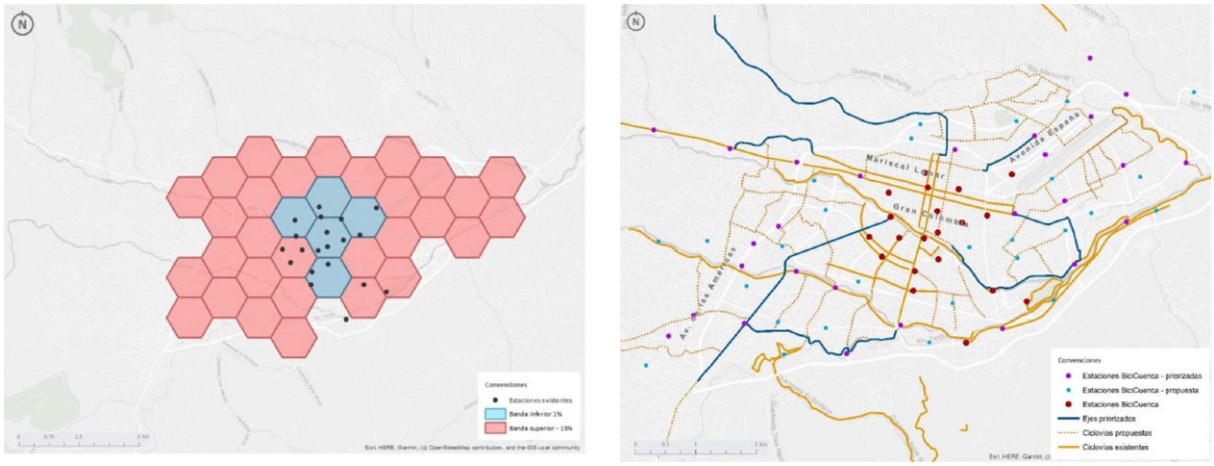
(d)

3.4 Intervención D: Expansión de Bici Pública

El diagnóstico del sistema BiciCuenca evidenció una baja densidad de estaciones (5 por km2) y un bajo índice de rotación. La intervención financiada por el CHBE contempla la adquisición de 30 nuevas estaciones y 300 bicicletas, incluyendo unidades eléctricas para vencer la barrera topográfica de la ciudad. La estrategia de ubicación descarta la dispersión periférica en favor de la densificación del área central y zonas universitarias, buscando reducir la distancia entre estaciones a 300 metros para garantizar la confiabilidad del sistema (Steer, 2021).

La Figura 5 presenta la Intervención D relacionada con la expansión del sistema de bicicletas públicas. En (a) se muestran las ubicaciones estratégicas de las 30 nuevas estaciones (puntos azules), distribuidas para incrementar la densidad operativa y fortalecer la conectividad en áreas centrales y universitarias. En (b) se comparan las estaciones existentes con las propuestas, evidenciando la transición desde un modelo disperso hacia uno de alta concentración, diseñado para reducir tiempos de acceso y mejorar la confiabilidad del sistema. (Fuente: Steer, 2021).

Figura 5: (a) Expansión recomendada del sistema de bicicletas públicas (Intervención D). Los puntos azules indican la ubicación estratégica de las 30 nuevas estaciones, (b) Sistema de BiciCuenca – Estaciones existentes y propuestas. (Fuente: Steer, 2021)



(a) **(b)**

4. MODELO DE GESTIÓN Y GOBERNANZA

La viabilidad de estas intervenciones físicas depende enteramente del modelo de gestión propuesto en el Plan E-Cuenca (GIZ & TUMI, 2023). Para la flota eléctrica, se analizaron escenarios que van desde la operación pública directa a través de la Unidad Ejecutora del Tranvía (UETP) hasta modelos de concesión privada.

La recomendación técnica sugiere un control público fuerte sobre los activos (buses y baterías) para garantizar la calidad del servicio, independientemente de quien opere la ruta. Asimismo, la Ordenanza de Movilidad Activa y la futura Ordenanza de Electromovilidad son los instrumentos legales habilitantes que permitirán al GAD Municipal exigir la renovación tecnológica y gestionar los incentivos tarifarios o fiscales necesarios.

5. CONCLUSIONES

La experiencia de Cuenca evidencia que la transición hacia sistemas de movilidad descarbonizados en ciudades intermedias requiere la integración deliberada entre planificación estratégica, regulación y ejecución de infraestructura. La articulación entre

el Plan de Electromovilidad E-Cuenca y el proyecto Centro Histórico Bajo en Emisiones permitió alinear objetivos normativos con intervenciones concretas, transformando políticas en proyectos ejecutables con respaldo bancable. Este enfoque reduce el riesgo institucional, habilita mecanismos de inversión sostenida y evita el despliegue fragmentado de infraestructura eléctrica.

Desde la perspectiva técnica, la priorización de rutas para electrificación basada en indicadores operativos (IPK, IKB, topografía) constituye un criterio replicable para maximizar impacto ambiental y eficiencia del sistema, evitando asignaciones de activos eléctricos en corredores de baja productividad. Asimismo, la implementación secuencial del modelo de supermanzanas (funcional, táctica y estructurante) demuestra que la reconversión de espacio vial no puede abordarse únicamente como un problema de diseño, sino como un proceso de gestión del cambio con efectos graduales sobre patrones de uso, aceptación social y redistribución modal.

No obstante, el caso revela limitaciones estructurales. El éxito operativo de la electrificación depende de marcos regulatorios que internalicen costos de transición tecnológica, generen certidumbre para operadores privados y definan roles claros en la titularidad de activos y gestión de baterías. Además, la escalabilidad de las intervenciones está condicionada por la capacidad fiscal municipal, la estabilidad de fuentes de financiamiento internacionales y la interoperabilidad con sistemas existentes, como el tranvía.

En síntesis, Cuenca confirma que la descarbonización del transporte urbano no es un resultado tecnocrático asociado a la adopción de vehículos eléctricos, sino un proceso sistémico que combina gobernanza, planificación y diseño urbano. La metodología propuesta (priorización basada en datos, integración normativa-infraestructura y secuencias adaptativas de intervención) ofrece un marco transferible para ciudades intermedias latinoamericanas, con potencial para replicarse en contextos donde los retos de patrimonio urbano, topografía y limitaciones presupuestarias convergen. Futuras investigaciones deberían evaluar el desempeño post-implementación, los cambios en patrones modales y la huella de carbono evitada, a fin de validar empíricamente los supuestos de eficiencia y aportar evidencia longitudinal sobre los efectos de la transición eléctrica en la movilidad urbana.

BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía de Cuenca. (2015). *Plan de Movilidad y Espacios Públicos*. Cuenca: Alcaldía de Cuenca.

Asamblea Nacional. (2014). *Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial*. Ecuador.

Ayuntamiento de Barcelona. (2018). *Plan de acción para el ámbito de supermanzanas de San Antonio*. Barcelona.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2013). *Estrategias de mitigación y métodos para la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero en el transporte*. Washington D.C: Banco Interamericano de Desarrollo.

Creative Union Network. (2017). *Proyecto de Integración Urbana del Corredor de Transporte Masivo Tranvía 4 Ríos*. Cuenca: CAF, Alcaldía de Cuenca.

Fundación El Barranco. (2021). *Supermanzana: Modelo Urbano Centro Histórico*. Cuenca: Alcaldía de Cuenca.

GAD Municipal de Cuenca. (2021). *Proyectos CHBE: Términos de Referencia para Consultorías de Ciclovías, Bici Pública y Calles Completas.* Dirección de Gestión de Movilidad.

GIZ & TUMI. (2023). *Plan de Electromovilidad de Cuenca (E-Cuenca).* Cooperación Técnica Alemana y GAD Municipal de Cuenca.

Global Design Cities Initiative & National Association of City Transportation Officials. (2016). *Global Street Design Guide.*

Ministerio de Transporte y Obras Públicas & Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *Reglamento Técnico Ecuatoriano 004 - Señalización Vial. Parte 6. Ciclovías.* Cuenca.

Rueda, S. (2016). *La supermanzana: Nueva célula urbana para la construcción de un nuevo modelo funcional y urbanístico de Barcelona*. Barcelona: Agencia d'Ecologia Urbana de Barcelona.

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) & BID. (2019). *Manual de calles: diseño vial para ciudades mexicanas.* México D.F.

Steer. (2021). *Estudio Conceptual para Intervenciones en el marco del proyecto 'Centro Histórico Bajo en Emisiones' en Cuenca. Reporte 2: Estudio conceptual de las cuatro intervenciones previstas versión final.* Preparado para KfW y GAD Municipal de Cuenca.

LA REESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOBÚS DE MIAMI

Ricky Angueira
Principal de Jarrett Walker & Associates
Washington, DC, Estados Unidos
ricky@jarrettwalker.com

RESUMEN

En noviembre 2023, en Miami se implementó un nuevo sistema complete de transporte público—nuevas rutas, nuevas conexiones y nuevos horarios. En esta presentación, Ricky Angueira, principal de Jarrett Walker & Associates, explicará cómo se logró hacer un proyecto tan transformativo. Al momento de diseñar un sistema de transporte público, no existe una solución perfecta. No existe un solo diseño óptimo que es mejor para todo el mundo. ¿Por qué? Porque la definición de "mejor" es diferente para diferentes personas. Un sistema se puede diseñar de diferentes maneras dependiendo de las metas que la ciudad quiere lograr. En Miami, lideramos un proceso para determinar exactamente esto. Diseñamos dos alternativas conceptuales: (1) una alternativa de Alta Frecuencia y (2) una de Alta Cobertura. Le mostramos estas alternativas al público y le preguntamos cual prefieren. Luego de un proceso extenso de participación ciudadana, supimos el balance adecuado para la ciudad. Así se estableció la política pública para el diseño del nuevo sistema. En octubre 2020, la junta de comisionados del condado aceptó el plan y se implementó en noviembre 2023.

1. CONTEXTO

En 2019, los residentes de Miami tenían muchas frustraciones sobre el servicio de transporte público y la región decidió preguntar si el sistema actual era adecuado. Para contemplar esta pregunta y tener un proceso colaborativo con el público, contrataron a Jarrett Walker & Associates.

Un sistema de transporte público no solo depende de soluciones técnicas. También, hay funciones de política pública que hay que considerar y atender en todo proceso de planificación. Un buen plan de transporte público combina ambos elementos, técnicos y políticos, para tener conversaciones francas sobre las metas del transporte público y lo que es físicamente posible.

Al momento de diseñar un sistema de transporte público, no existe una solución perfecta. No existe un solo diseño óptimo que es objetivamente mejor. ¿Por qué? Porque la definición de "mejor" es diferente para diferentes personas. Un sistema se puede diseñar de diferentes maneras dependiendo de las metas que la ciudad quiere priorizar.

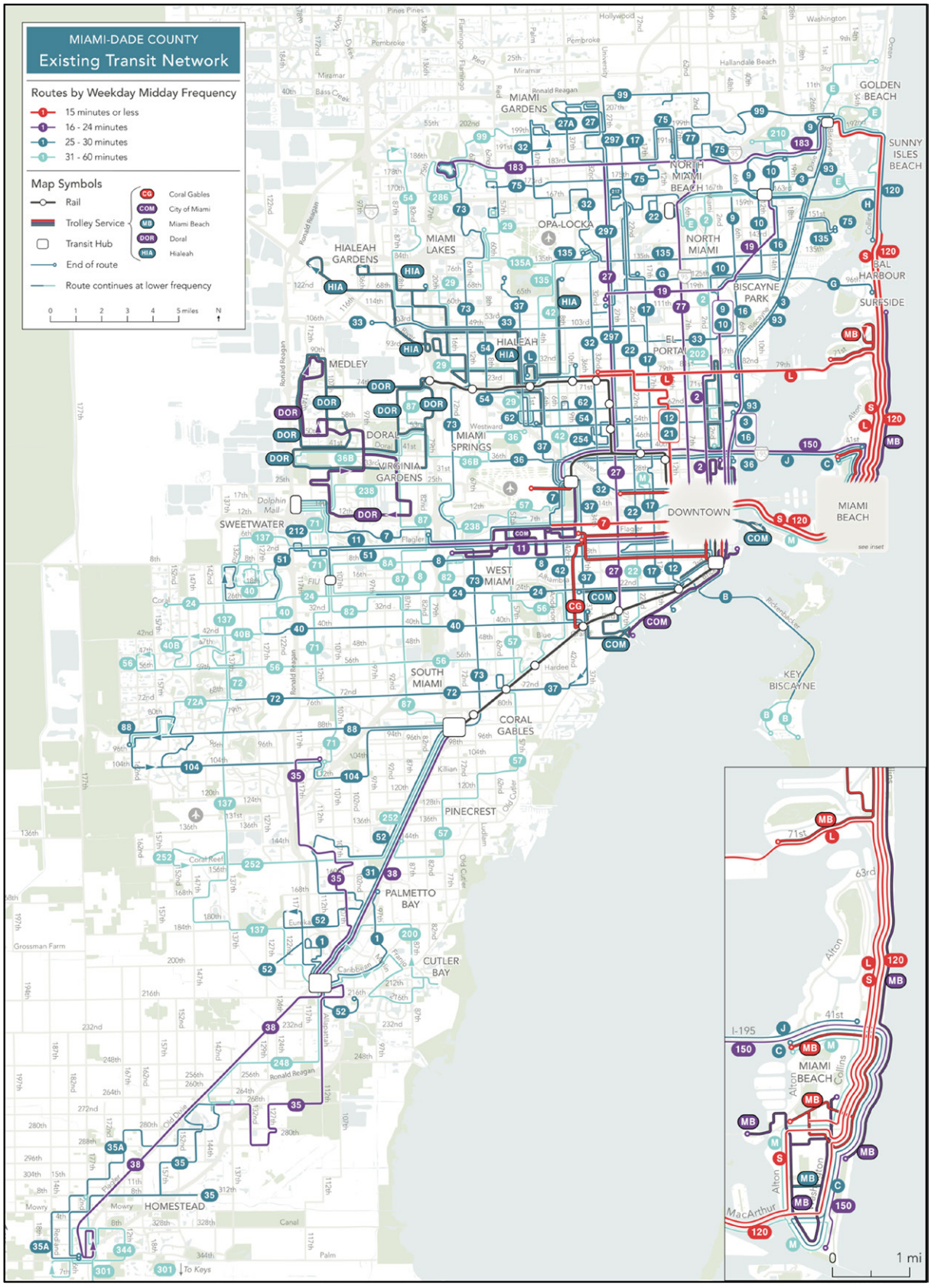
Mediante una conversación pública, Miami-Dade Transit, Jarrett Walker & Associates y Transit Alliance (un grupo de abogacía y participación ciudadana) lograron diseñar un nuevo sistema de transporte público revolucionario. En noviembre 2023, Miami implementó el nuevo sistema—nuevas rutas, nuevas conexiones y nuevos horarios.

2. EL SISTEMA ANTIGUO

El mapa a continuación muestra el servicio antes de la reestructuración del sistema. Lo más importante de todos nuestros mapas son los colores. Rutas que pasan cada 15 minutos o menos se muestran en rojo. Rutas que pasan cada 20 minutos se muestran en morado, cada 30 minutos en azul oscuro y cada 60 minutos en azul claro. Ilustrando el servicio de esta manera, podemos ver cuáles son los servicios más útiles del sistema.

Lo primero que notamos es que solo hay cinco rutas que pasan cada 15 minutos. El resto de los servicios son menos frecuentes. También podemos ver que el servicio tiene mucha complejidad y mucha duplicidad—algunas calles tienen varias rutas que no suman a una mayor frecuencia.

Estas observaciones revelan algunas razones por las cuales la región había expresado frustración con el sistema actual. No es muy útil. Entonces, ¿cómo hacemos que el servicio sea más útil?



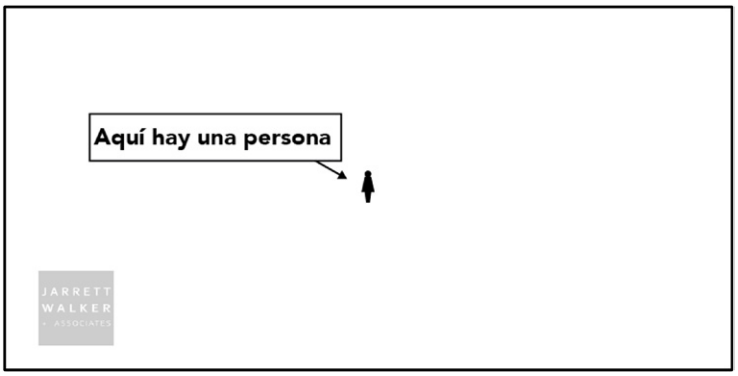
Mapa del sistema antiguo (antes de la reestructuración) de Miami-Dade Transit (MDT). Creado por Jarrett Walker & Associates.

3. ¿QUÉ HACE QUE EL TRANSPORTE PÚBLICO SEA ÚTIL? ¿QUÉ ES EL ACCESO?

Digamos que la meta del sistema de transporte público es aumentar el número de usuarios. Tal vez la ciudad quiere redistribuir el reparto modal para que menos personas usen su vehículo propio y más personas usen el transporte público. Tal vez la ciudad quiere lograr metas ambientales de reducir emisiones o reducir la dependencia en vehículos privados. Tal vez la ciudad quiere administrar mejor los espacios públicos para proveer más aceras, parques o terrazas. Si la ciudad quiere que más personas usen el transporte público, la ciudad debe hacer que el servicio sea lo más útil posible.

Lo que hace que el servicio de transporte público sea útil no es su mera presencia, sino su utilidad para llegar a destinos importantes. Esto lo llamamos "acceso". Imagina una persona que se llama Elena.

Acceso, imagen 1 de 4

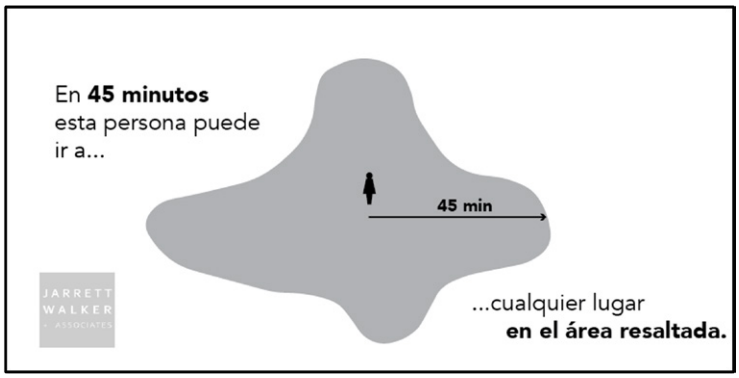


Elena vive en una ciudad llena de muchos posibles destinos—lugares donde puede trabajar, lugares donde puede estudiar, personas que puede conocer, iglesias donde puede orar, parques donde puede jugar y muchísimas otras oportunidades.

Acceso, imagen 2 de 4

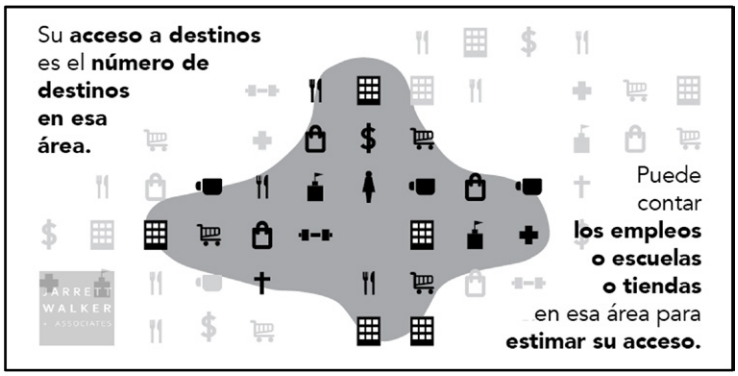
Evaluando el sistema de transporte público, podemos dibujar una burbuja que muestra dónde Elena puede llegar dentro de un tiempo razonable. La burbuja en esta imagine muestra dónde Elena puede llegar en 45 minutos usando transporte público. Esto incluye caminar a una parada, esperar el autobús y el tiempo dentro del autobús.

Acceso, imagen 3 de 4



Si sobreponemos la burbuja en la ciudad, podemos contar el número de destinos a los cuales Elena puede llegar en esos 45 minutos. Este el acceso que Elena tiene. Este es el número de empleos, escuelas, y oportunidades a loa cuales Elena puede acceder dentro de un tiempo razonable. Más allá de esta burbuja hay empleo, escuelas y oportunidades que simplemente están muy lejos para Elena.

Acceso, imagen 4 de 4



El acceso es importante porque mide las posibilidades que tiene las personas dentro de sus vidas y, en efecto, determina qué tan útil es el servicio de transporte público. Entre más destinos una persona puede acceder, más útil es el servicio. Y si el servicio es más útil es más probable que una persona lo use.

Si la meta es que más personas usen el servicio de transporte público, hay que aumentar el acceso.

4. ¿CÓMO SE AUMENTA EL ACCESO?

El acceso se aumenta de dos maneras:
1. creando más destino dentro de la burbuja de acceso (mediante la ordenación territorial)
2. agrandando la burbuja de acceso (mediante el diseño de la red de transporte público)

Si agrandamos la burbuja de acceso, una persona podría acceder a más destino en los mismo 45 minutos, en efecto, aumentando el acceso.

El tiempo de viaje es sumamente importante para determinar si el servicio es útil. Si alguien quiere un trabajo en el centro y puede llegar en 30 minutos, no hay problema. Pero si le toma 90 minutos simplemente llegar al trabajo, sería muy difícil ir y volver todos los días. Por lo tanto, para muchas personas, no es realista.

Para aumentar el acceso mediante el diseño del sistema del sistema de transporte público, la clave es proveer servicio más frecuente. Si una persona tiene que esperar menos por un autobús, puede llegar a más destinos dentro de los mismos 45 minutos. La alta frecuencia provee más acceso.

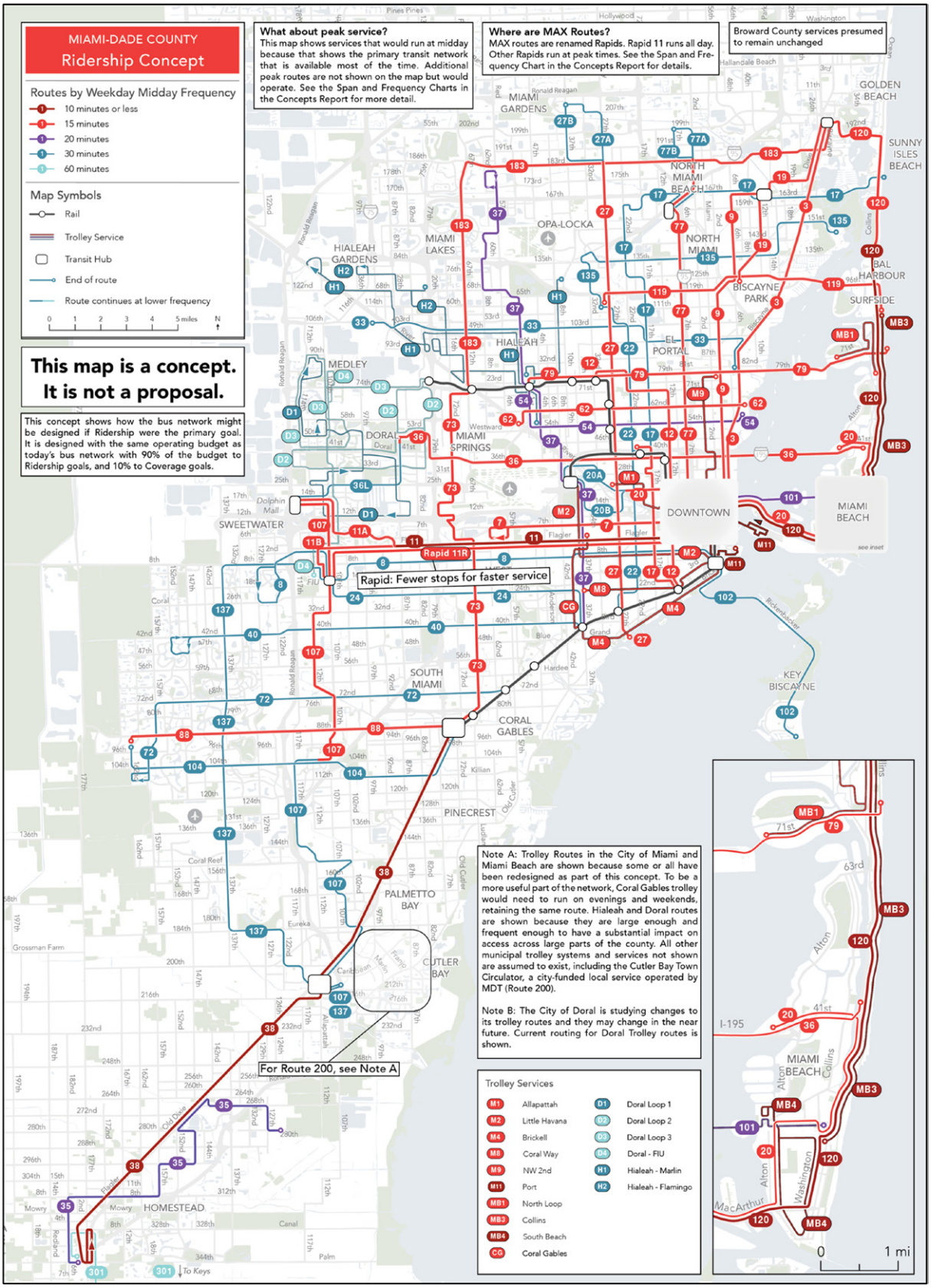
5. ALTERNATIVA DE ALTA FRECUENCIA

Si la meta es aumentar el número de usuarios de transporte público, hay que proveer mayor frecuencia. Dentro de un presupuesto fijo, sin fondos adicionales, esto es muy difícil. Aumentar la frecuencia en algunas calles significaría eliminar servicio en otras partes de la ciudad. Diseñar el sistema para maximizar el acceso significa tomar decisiones difíciles sobre dónde eliminar servicio. Para ayudar a la región a imaginarse cómo sería un sistema así. Diseñamos una alternativa conceptual con esa meta.

Esta alternativa tiene menos rutas que el sistema antiguo, pero casi todas son rojas—indicando que pasa un autobús cada 15 minutos o menos. Esto es servicio mucho más útil que en el sistema actual. Dado a que el servicio es más frecuente, las burbujas de acceso en este sistema serían más grandes—las personas tienen que pasar menos tiempo esperando un autobús, por lo tanto, pueden llegar a más destinos dentro de un tiempo razonable. Cómo el servicio tiene más acceso, más personas lo encontrarían más útil y más personas lo usarían. Esta alternativa se alínea con las metas de aumentar el número de usuarios.

Para lograr estas mejoras, significa que hay que eliminar servicio de muchos lugares. Nota que el espacio entre rutas es mayor que en el sistema antiguo. En esta alternativa, personas en algunos lugares tendrían que caminar más para llegar a una paradas y algunas personas pierden servicio por completo. Esta es la realidad de lo que significa aumentar la frecuencia sin aumentar el presupuesto del servicio.

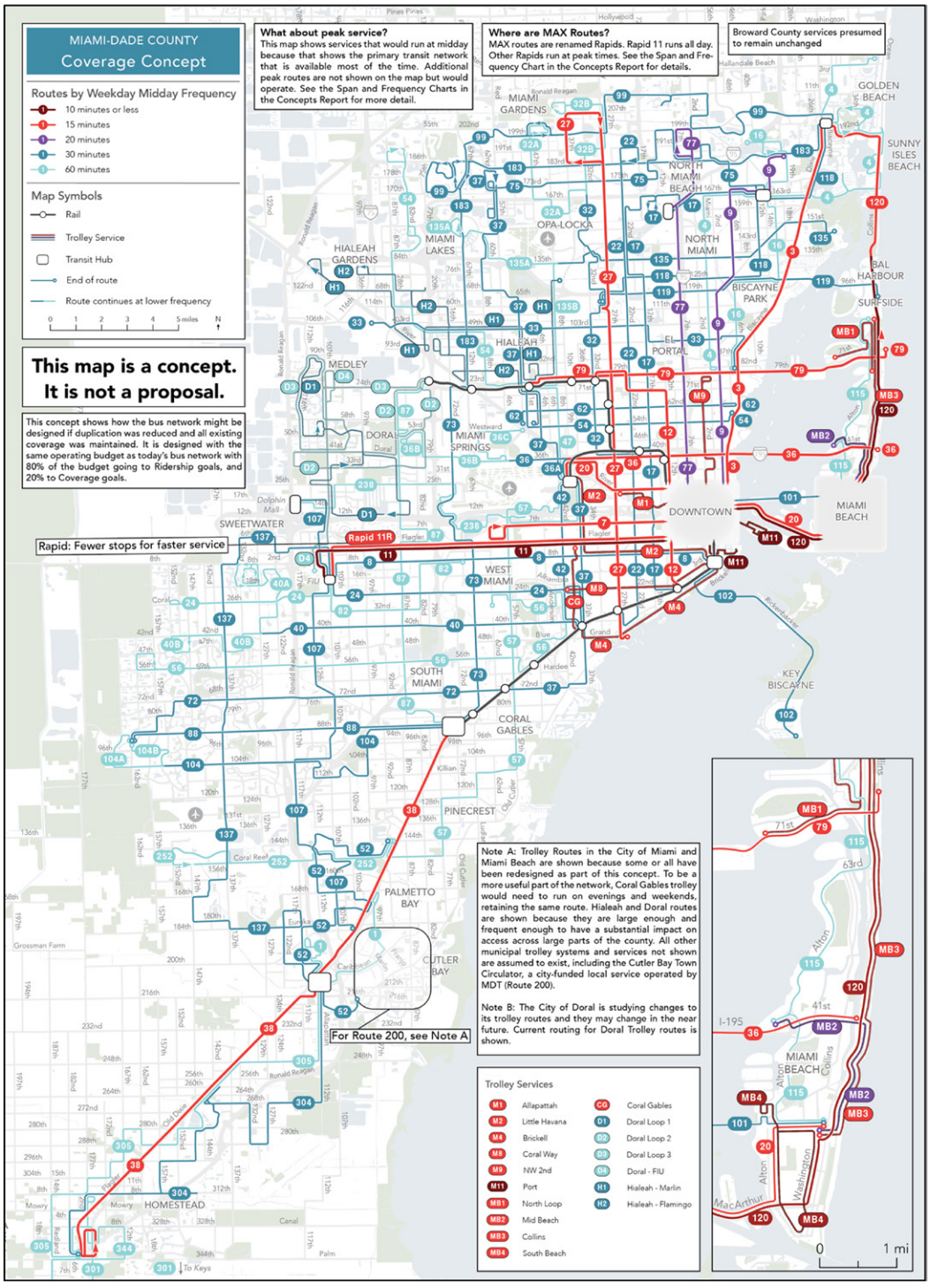
Alternativa de Alta Frecuencia. Creado por Jarrett Walker & Associates



6. ALTERNATIVA DE ALTA COBERTURA

Si la ciudad no le quiere quitar el servicio a nadie, hay otra alternativa. La ciudad se puede enfocar en proveer alta cobertura. Esto significa distribuir el servicio por toda la ciudad para llegar al mayor número de lugares posibles. Pero al distribuir el servicio tanto, los autobuses no pueden tener alta frecuencia—muchas rutas solo tendrían un autobús cada 30-60 minutos.

Alternativa de Alta Cobertura. Creado por Jarrett Walker & Associates



Esta alternativa llega a todos los lugares dónde hay servicio en el sistema antiguo, pero el servicio no es tan frecuente. Es un poco más frecuente que el sistema antiguo porque se puede reducir la duplicidad y proveer rutas más directas y más útiles, pero las frecuencias siguen siendo relativamente más bajas.

La Alternativa de Alta Cobertura no tendría tanto usuarios como la Alternativa de Alta Frecuencia. Pero recuerda que la meta no es aumentar el número de usuarios, sino mantener servicio cerca de todo el mundo y eso sí lo logra.

7. LA DECISIÓN ENTRE FRECUENCIA Y COBERTURA

Ambas metas, Frecuencia y Cobertura, son importantes, pero son opuestas. Con un presupuesto fijo, una ciudad no puede hacer ambas al 100% ya que requeriría más dinero. Por lo tanto, hay que elegir. La decisión entre Frecuencia y Cobertura no es una decisión técnica—es una decisión de los valores de la comunidad. Por lo tanto, ninguna de las alternativas es objetivamente mejor.

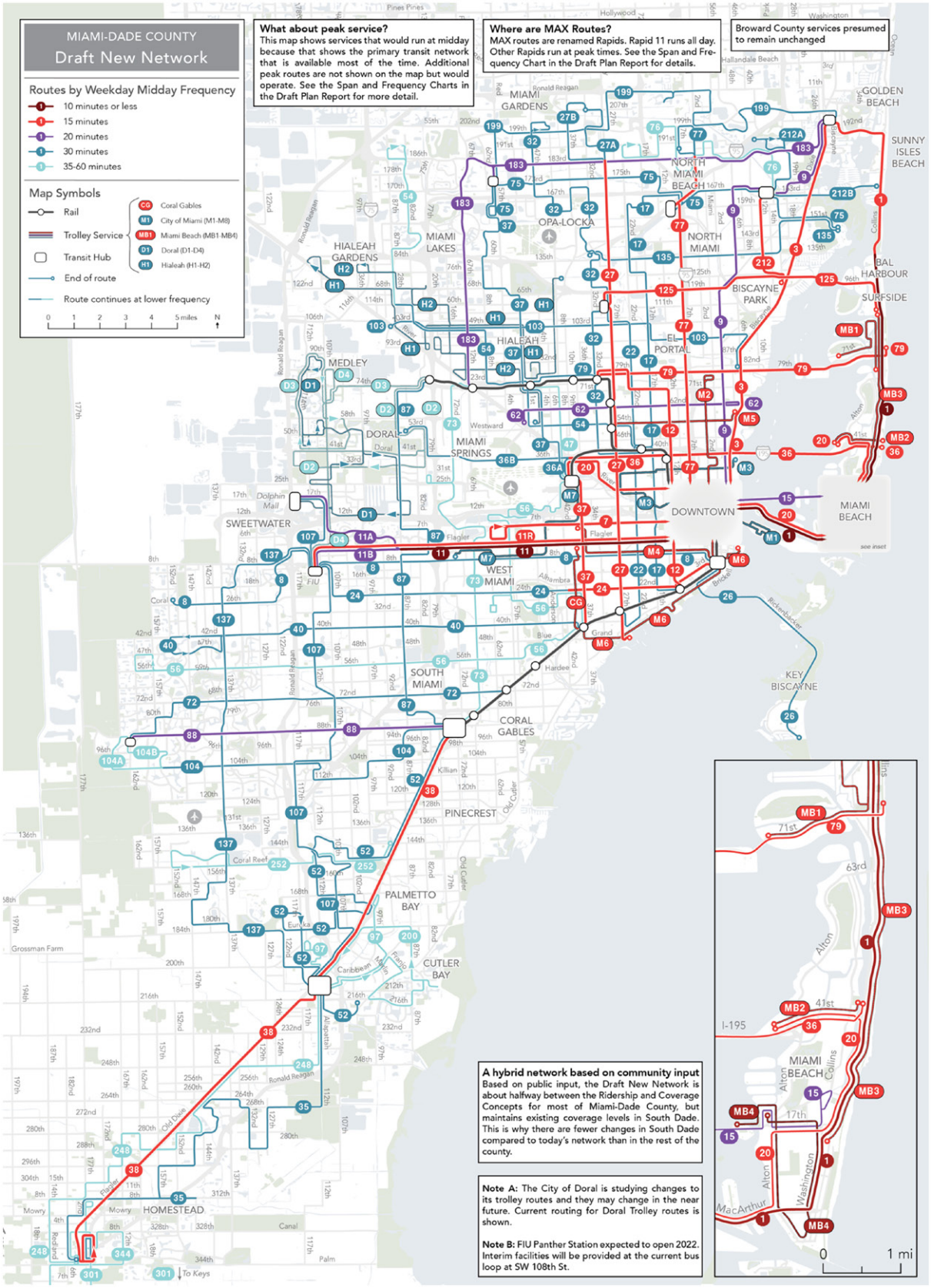
En Miami, tuvimos un proceso extenso de participación ciudadana dónde le preguntamos al público que alternativa prefieren. El público respondió así:
- 59% dijo que prefería la Alternativa de Alta Frecuencia
- 26% dijo que prefería la Alternativa de Alta Cobertura
- 19% dijo que no tenía preferencia

Mediante esta conversación, la región decidió diseñar un nuevo sistema justo en el medio entre ambos conceptos.

8. EL NUEVO SISTEMA

Este proceso de alternativas fue imprescindible para llegar al diseño de un nuevo sistema. Las alternativas y el proceso de participación ciudadana ayudó a establecer la política pública para el Plan Borrador del nuevo sistema. En octubre 2020, la junta de comisionados del condado aceptó el plan y se implementó en noviembre 2023.

Plan Borrado de la reestructuración del sistema de Miami-Dade Transit (MDT). Creado por Jarrett Walker & Associates



LA REGULARIZACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO: UNA VÍA PARA EL IMPULSO ECONÓMICO

Gilberto Antonio Hernández González
Sociedad de Transporte Colectivo San Francisco, S.C. San Cristóbal de Las Casas, Chiapas; México.
gilbertohergon@gmail.com

RESUMEN

La gobernanza en el Transporte Público y Movilidad, requiere la vinculación de dos elementos: visión de futuro y un alto compromiso social. De este modo, su legitimación asegura el bienestar y la calidad de vida de la población. Por otro lado, la regularización del sector juega un papel fundamental para direccionar y encontrar soluciones ante el incumplimiento de las disposiciones legales, requeridas para el funcionamiento y operación del servicio público de transporte, lo cual, no solamente resulta perjudicial para la población, sino también para el Estado, toda vez que genera una pérdida económica en sus ingresos y así mismo, limita su capacidad de financiamiento en proyectos. Bajo esa premisa, queda claro que la optimización de las condiciones de Movilidad es sin duda, uno de los mecanismos más trascendentales para alcanzar un entorno con mayor justicia social. En consecuencia, la regularización del transporte público mejora la calidad del servicio y es la vía para fortalecer la economía y la equidad en nuestras ciudades, pero definitivamente, requiere la participación del Estado en el desarrollo de políticas públicas que permitan dar respuesta a las demandas sociales y la falta de control recaudatorio de la administración, reforzando la convicción de que existen múltiples alternativas legales para que, con transparencia, se le haga frente a las directrices de transformación en infraestructuras y servicios públicos, logrando asegurar una mayor capacidad financiera, autosuficiencia, rentabilidad y funcionalidad de los sistemas de transporte, y así crear ciudades más inclusivas y funcionales.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la falta de legalidad en el transporte público es un fenómeno que acarrea grandes afectaciones e implicaciones negativas en la sociedad, que dentro de sus formas más comunes de contribuir a la informalidad del sector, se encuentran: las unidades concesionadas que no cumplen los requisitos indispensables para brindar el servicio, por ejemplo: la obsolescencia del parque vehicular, adeudos en el refrendo anual, falta de capacitación de las personas conductoras, licencias de conducir y seguros de protección vencidos. El caso más extremo, se encuentra en unidades que llegan a operar el servicio público de transporte sin concesión y, en consecuencia, evaden el cumplimiento de las disposiciones administrativas, fiscales y laborales, causando un perjuicio directo a la Hacienda Pública y resultando en un menoscabo de los ingresos públicos, al mismo tiempo que limita la capacidad financiera de la autoridad para sufragar el gasto público.

Ahora bien, su estudio implica un análisis de los marcos regulatorios y el contexto que prevalece particularmente en cada región, para poder hacer un traje a la medida que permita hacer efectiva la normatividad aplicable a este sector, puesto que, es evidente que la ilegalidad hace predominar un ambiente hostil y de incertidumbre, por ello, se deben precisar las responsabilidades institucionales que de manera directa e indirecta contribuyen al orden y desarrollo de las ciudades mexicanas, propugnando por una cooperación y coordinación eficaz entre los diversos actores: autoridades, sector privado, personas usuarias, academia y sociedad civil organizada, con la finalidad de asegurar un verdadero Estado de Derecho.

Bajo ese tenor, el papel de las autoridades competentes es indispensable, para poder ser hábil en la construcción de modos organizativos, y conseguir una interacción efectiva entre instituciones análogas y estructuras sociales que permitan generar la eficiencia en la gestión y mejora continua del transporte público, que hasta ahora sigue siendo un reto enorme, en tanto que la autoridad siga renunciando a los desafíos que se le presentan constantemente sobre organización, reglamentación, intervención y alineación de proyectos infraestructurales diseñados para el transporte público colectivo urbano en correlación con la movilidad, la circulación en las vialidades y la integración del espacio público.

Así que, si se aspira lograr la gobernanza en el transporte público, se requiere legitimar el servicio con visión de futuro y un alto compromiso social, reconociéndolo como la pieza clave para el desarrollo y configuración urbana del siglo XXI, por esa razón, no se puede continuar con políticas públicas apartadas y limitadas a un sector, puesto que la mejora de las condiciones de vida y de movilidad, responden a un objetivo en común y deben abordarse de manera integral, tomando decisiones estratégicas, incorporando nuevas tecnologías, abarcando aspectos del urbanismo, fomentando una planificación urbana coherente y sostenible, y de esa forma, tendremos ciudades más inclusivas y funcionales, que garanticen el bienestar y la calidad de vida de la población.

Finalmente, la vía de solución propuesta se concentra en la voluntad política y el interés del Estado por lograr la recuperación de la rectoría del transporte público, que durante décadas erróneamente ha delegado la responsabilidad en manos de las

personas concesionarias, renunciando a su obligación de diseñar, gestionar y controlar el servicio. (Política Nacional de Transporte Público Colectivo Urbano, 2024).

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 Objetivo General

La regularización del transporte público formal e informal, como política pública que contribuya al fortalecimiento económico y mejora de la movilidad urbana en México.

2.2 Objetivos Específicos

2.2.1 Promover la legalidad en la operación del servicio público de transporte.

2.2.2 Fortalecer la recaudación y control del transporte público, aplicando estrategias de fiscalización coordinadas entre autoridades municipales, estatales y federales para detectar prácticas irregulares.

2.2.3 Impulsar la cultura tributaria con una gestión responsable de los recursos en el desarrollo de políticas públicas destinadas a la implementación de obras de infraestructura para la modernización del transporte público.

3. ANTECEDENTES DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN MÉXICO

Intrínsecamente, el hombre desde su existencia se mueve y desplaza de un lugar a otro para satisfacer sus necesidades, por lo que, a lo largo de la historia ha inventado y desarrollado diversas maneras para poder transportarse. De tal forma, que uno de los inventos más extraordinarios de la historia fue la rueda, y a través de ella, se han revolucionado las formas de desplazamiento, permitiendo la evolución y desarrollo de todos los medios de transporte, que actualmente son clasificados en medios terrestres, aéreos y acuáticos.

Cabe hacer mención, que los datos más remotos, así como la mayor información registrada, se encuentran en la capital del país, ya que incluso desde la época prehispánica, fueron los aztecas y mexicas quienes contaban con diversos medios de transporte; tanto acuáticos, como las canoas, como terrestres utilizando animales de carga. Siendo en el periodo colonial la introducción de los caballos que originalmente no existían en este territorio y que por mucho tiempo fue utilizado como un medio de transporte.

Rodríguez et al (1999), menciona que en México fue durante la época de Porfirio Díaz que el país tuvo un gran auge en la modernización y por ende en el uso del tranvía, sin embargo, a partir de 1917 inició la competencia a los tranvías con la aparición de los camiones. Los camioneros evolucionaron al ritmo del desarrollo del país, porque siempre estuvieron en una situación social y política que les permitió aprovechar de la manera más favorable los acontecimientos políticos y sociales en el periodo de 1922 a 1946. Primero lograron una situación privilegiada como operadores de sus propios

vehículos y posteriormente como pequeños empresarios, durante el gobierno de Ávila Camacho. Fue en 1946, cuando se fortaleció la alianza entre los camioneros y el gobierno, impulsando la libre competencia en el transporte urbano de pasajeros, en cifras; en 1934 habían 1616 camiones urbanos y para 1940 aumento a 2503 unidades, el aumento fue del 64.50%.

4. LA EVASIÓN FISCAL EN EL TRANSPORTE PÚBLICO IRREGULAR

El Artículo 31 Fracción IV de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece nuestra obligación de contribuir al gasto público, por lo que, la evasión fiscal es traducida en una brecha de desigualdad e inequidad toda vez que se vuelve injusta por el hecho de que sólo una parte de la población paga por la provisión de los servicios públicos que todos disfrutan y, por lo tanto, constituye una causa importante de iniquidad horizontal y vertical, puesto que conlleva una carga efectiva mucho más elevada para quienes si cumplen con sus obligaciones fiscales (González Hernández, 2013).

Como menciona Rodríguez Mejía (2001), constituyendo la evasión fiscal una conducta no sólo nociva para el Estado, sino para su población, debiera el primero perseguirla y punirla, y la segunda no sólo evitarla sino, de así señalarlo la ley, denunciarla. Si bien es cierto, la evasión de impuestos es una preocupación mundial, debido a que las consecuencias son graves y provocan un daño muy severo a las economías de los países, impidiendo que el destino de esos recursos ayuden a sufragar el gasto público.

Por otra parte Rodríguez Lobato (2012), en su obra Derecho Fiscal, considera que la evasión se presenta cuando el contribuyente recurre a conductas ilícitas, es decir, violatorias a la ley con la finalidad de sustraerse al pago del impuesto, ya sea realizando lo que está prohibido en la ley o bien, omita hacer lo que ordena. Por ello, señala que los efectos de los impuestos pueden estudiarse en dos grandes grupos, el primero entre los que no se pagan y el segundo los que se pagan, encontrando de manera general que el efecto de los impuestos que no se pagan, es la evasión.

En ese sentido, la evasión fiscal en el transporte público irregular además de generarnos múltiples problemas sociales, ha generado una grave pérdida económica. Queda claro que no solamente quiénes reciben el beneficio directo son responsables, sino también los funcionarios públicos que permiten la comisión de este delito fiscal y omiten su responsabilidad. De este modo, el artículo 72 del Código Fiscal de la Federación (2024), establece una obligación para los funcionarios, que es denunciar la infracción para no incurrir en responsabilidad, señalando lo siguiente: Los funcionarios y empleados públicos que, en ejercicio de sus funciones conozcan de hechos u omisiones que entrañen o puedan entrañar infracción a las disposiciones fiscales, lo comunicarán a la autoridad fiscal competente para no incurrir en responsabilidad, dentro de los quince días siguientes a la fecha en que tengan conocimiento de tales hechos u omisiones.

Por ello, resulta interesante analizar lo que señala Rodríguez Mejía (2001), al decir que sin la complicidad activa o pasiva de los servidores públicos, la práctica de la evasión fiscal sería menos frecuente, pues buena parte de la misma se lleva a cabo con conocimiento de aquéllos, tan es así, que la circulación de todo tipo de transporte público irregular

debería ser sancionado y los funcionarios públicos responsables, poner un alto a la plaga desmedida de unidades irregulares, y no hacer todo lo contrario.

Con esto, podemos concluir que la evasión fiscal en nuestro país además de ser considerado un delito fiscal, es una muestra de que la regularización en el transporte público (formal e informal) es urgente y necesario, primero porque se debe reconocer el perjuicio colectivo que provoca la irregularidad, al generar una pérdida económica que hoy en día la Hacienda Pública no ha podido recaudar, segundo; para que por medio de la legalidad, las autoridades se interesen por el ofrecimiento de un servicio ordenado, accesible, de calidad, aceptable para las y los ciudadanos y por último, que el estricto control en el transporte público, les permita hacer uso eficiente de los recursos, para destinarlos a la mejora continua y modernización del transporte público, con la combinación de recursos públicos y privados, provocando que el papel de las autoridades se centre en la búsqueda de soluciones que atiendan y combatan los problemas y rezagos actuales en el transporte público urbano de pasajeros, de tal forma, que el Estado pueda brindar certeza a las necesidades de la población, contribuyendo de esa forma, al fortalecimiento, bienestar e impulso económico de las Entidades Federativas.

4.1 La millonaria pérdida económica del Estado ante la falta de regularización del sector

Con relación a esto, Hernández González (2024) propone un Esquema Sancionador que permita lograr una eficiente recaudación a favor del Estado, generando las condiciones para garantizar la legalidad como uno de los pilares fundamentales del transporte público, y así poder satisfacer las necesidades y demandas de los ciudadanos bajo un claro enfoque de interés público. De este modo, la falta de regularización y actuación de la autoridad, muestra el caso del transporte público irregular en la modalidad de pasajeros tipo colectivo en San Cristóbal de Las Casas, por ser uno de los municipios con mayor incidencia de unidades irregulares en el Estado de Chiapas, y que comenzaron a operar ilegalmente a finales del año 2015, indica la grave pérdida económica que sufrimos por consentir la ilegalidad en tan solo un municipio de la República Mexicana.

En consecuencia, una vez analizadas las contribuciones anuales que realiza un concesionario formal en los tres niveles de gobierno por la prestación del servicio público de transporte, se estima que en el año 2023, la Federación y el Estado de Chiapas, pudieron haber percibido cerca de 170 MDP, sin tomar en cuenta las actualizaciones, multas, recargos y sin tomar en cuenta la participación del municipio, lo que elevaría exponencialmente dicha pérdida económica.

Por último, esto nos permite reflexionar acerca de lo que la regularización en el transporte público podría generar con una gestión responsable de los recursos evadidos por el transporte público irregular, con la finalidad de poder ser empleado en políticas públicas destinadas a cubrir las necesidades de la población o bien, de lograr autofinanciar la implementación de obras de infraestructura tendientes a la modernización del transporte público, como la vía para su impulso económico, reforzando la convicción de que existen múltiples alternativas legales, para que a través de la regularización del sector, permita la construcción de instituciones más sólidas,

transparentes y comprometidas con las directrices de transformación del servicio público de transporte, garantizando la sostenibilidad financiera, autosuficiencia, rentabilidad y funcionalidad de los sistemas de transporte, al ser una muestra de que si se aplica es posible recuperar el control en la recaudación de ingresos por diversos conceptos a cargo del Estado, para constituir un escenario de administración financiera sólido y eficaz y y con ello, proteger el interés general y colectivo.

5. MARCO REGULATORIO DEL TRANSPORTE PÚBLICO Y LA MOVILIDAD EN MÉXICO

En México, contamos con una serie de ordenamientos que regulan la operación, actuación y sanción en materia de transporte público. Sin embargo, es imprescindible señalar que el servicio de transporte público en la modalidad de pasajeros, es un servicio público que le corresponde al Estado proporcionarlo a sus habitantes, sin embargo, opta en ocasiones por establecer las reglas de concesionamiento a particulares, de tal forma que, el fundamento legal del Estado para concesionar la prestación de servicios públicos a los particulares, se encuentra en el párrafo décimo primero del artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en el que fija las modalidades y condiciones que permitan asegurar su certeza jurídica y debida regulación, así mismo, cada Entidad Federativa en el marco de sus competencias establece sus disposiciones normativas en su respectiva Constitución Estatal, Ley de Movilidad y Transporte y su Reglamento. Ahora bien, a nivel nacional, la publicación de la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial, viene a direccionar e instaurar los fundamentos y principios rectores para que la prestación de estos servicios públicos en las entidades federativas se garantice en un marco jurídico que promueva su adecuada regulación y control, y de este modo, poder legitimar el camino hacia una movilidad más justa y humana.

6. FACULTADES DE PODER PARA LA RECUPERACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO URBANO DE PASAJEROS

6.1 El fortalecimiento de la cultura tributaria en México

La cultura tributaria siempre será resultado de la relación entre ciudadanos y gobierno, por lo que el ciudadano deber tener confianza y por su parte, las autoridades deben desarrollar medidas para fortalecer este valor.

Montiel et al (2020), señalan que la educación tributaria o cultura tributaria comprende una concepción amplia, enlazada con elementos primordiales de contribución, como lo es el valor de la justicia y en un sentido amplio versa la diligencia y transparencia que el Estado debe atender por ser el recaudador y administrador de las contribuciones de la población. Por lo tanto, será el que incentive y haga entender a los contribuyentes de que incorporarse de buena gana al pago de los impuestos, será una actuación positiva, generadora de grandes beneficios para la colectividad. Quienes en su obra citan a Oliver Wendell Holmes y su frase que dice: “La forma de imponer tributos, y la forma cómo el Estado, gasta los mismos, es un indicador de si la sociedad es próspera o condenada al atraso, pobres, libres o esclavos, y más importante, si son, o no, personas de bien”.

Ahora bien, los autores comentan que uno de los problemas de los Estados Latinos es que no es posible consolidar una cultura tributaria, ocasionando que los contribuyentes no cumplan a cabalidad y voluntariamente sus obligaciones fiscales. Por ello, encontramos que entre los años 2003 al 2010 el comportamiento en la eficiencia recaudatoria de México ha sido deficiente con respecto a los objetivos de recaudación trazados, tanto a nivel central como en los municipios y provincias (Montiel et al, 2020).

Queda claro que son muchas las razones que conllevan al contribuyente a no cumplir con sus obligaciones fiscales, pero la más delicada es cuando hay contubernio entre autoridades e infractores, provocando que los primeros no apliquen la ley y los segundos no sientan la exigencia de cumplir con sus obligaciones fiscales.

6.2 El poder tributario del Estado

El Estado está compuesto de varios elementos que permiten su existencia, con la finalidad de poder satisfacer las necesidades colectivas de la población, pero para ello el Estado debe hacerse de recursos económicos, y es por medio de la potestad tributaria; ésta es definida como el poder jurídico del Estado para establecer las contribuciones forzadas, recaudarlas y destinarlas a expensar los gastos públicos. (Rodríguez Lobato, 2012).

Por otro lado, Venegas Álvarez (2014) también señala que se trata de un poder del Estado, el cual está dotado de las facultades legales para mandar y demandar que la población contribuya económicamente. Por ello, considera que las características que la misma doctrina ha asignado al poder tributario son: irrenunciable, objetivo e imprescriptible. Así mismo, menciona que este poder de tributación es justificado en razón de la concepción de Estado que posea la persona, sin embargo, la posición más común es la que supone que los administrados a través de los encargados, acceden a la instauración de cargas tributarias, ejerciendo dicho poder especialmente el poder legislativo y en algunos casos, el Ejecutivo.

Hensel (2005), manifiesta que el poder tributario va asociado con la moderna concepción del Estado, con la imposición de la soberanía a una concreta actividad, entendiendo que hace uso de sus competencias soberanas con la finalidad de establecer tributos a las personas sometidas a dicha soberanía y en caso necesario, mediante la coacción.

Algunos otros autores como Sánchez Gómez (2011), señalan que a pesar de que no hay uniformidad de criterios para definir esta cuestión, lo cierto es que en todos los casos se conduce a un solo punto, el de explicar la manera que el Estado utiliza para obtener dichos recursos tributarios que le permitan sufragar el gasto público, haciendo uso de su soberanía o autoridad. Por esa razón, sostiene que la potestad tributaria del Estado es la atribución legal que le confiere el Artículo 31 Fracción IV de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, para establecer las contribuciones necesarias que se requieren dentro de su espacio territorial para cubrir el gasto público y que debe ejercitarse bajo los principios de generalidad, equidad, proporcionalidad, legalidad y ámbito de competencia físico-geográfico.

6.3 Facultad sancionadora de la administración pública

Lomelí Cerezo (2007), refiere a Villegas Bazavilbazo al señalar que la potestad sancionadora de la Administración es una de las facultades propias de los poderes estatales que la misma Administración posee para el cumplimiento integral de la función administrativa, considerando que esas potestades son la reglamentaria, imperativa, sancionadora, ejecutiva y jurisdiccional. Es decir, que la potestad sancionadora radica en que las autoridades administrativas tienen competencia para imponer sanciones a las acciones u omisiones antijurídicas, considerándose un atributo indispensable para la realización de sus fines.

Asi mismo, Sánchez Gómez (2011) destaca que la potestad sancionadora del Estado es una de las más altas manifestaciones de su poder soberano y al ser ejercitada por sus órganos le permite mantener vigente el derecho, señalando que nace de la Ley Suprema y en ocasiones debe ejercitarse cuando existe la necesidad de poner un escarmiento a los infractores del orden jurídico.

7. EL TRANSPORTE PÚBLICO COMO INDICADOR DE UN ESTADO DE BIENESTAR

Bonifaz et al (2016), señala que actualmente ha surgido una diversidad de formas de transporte público, colectivo o individual, informales (taxis privados, colectivos, motocarros, mototaxis, bicitaxis, etc.), pero no marginales, pues en algunos ámbitos superan con creces al número de los pasajeros transportados en líneas regulares. Existe por tanto una falta de visión global de la oferta de modos de desplazamiento en transporte público.

Por consiguiente, bajo un claro concepto de Estado de Bienestar, pero también pensando en las externalidades positivas que genera una buena oferta de Transporte Público, debería existir un amplio volumen de aportación de recursos públicos a la financiación del déficit generado por una red diseñada en términos de oferta atractiva al usuario, de calidad, que convierta al transporte público en una alternativa al vehículo privado.

En otras palabras, Molinero et al (2003) señala que el transporte público urbano de pasajeros, es de gran trascendencia en la sociedad, ya que en el mundo millones de personas hacen uso de él, lo que lo convierte en un servicio público básico y primordial. En otras palabras, el transporte público es uno de los principales indicadores de la calidad de vida de la población, tratándose de la primera carta de presentación de una ciudad. Por lo que, su regularización es de suma importancia para que este servicio sea visto como un eje configurador de la sociedad moderna, y pueda ser brindado con calidad, satisfaciendo las necesidades de desplazamiento que los usuarios requieren.

No obstante que, la movilidad es un Derecho Humano y tiene reconocimiento constitucional en muchos países. En México, a finales del año 2020 se reconoció constitucionalmente como derecho humano de las personas en el Artículo 4° en su vigésimo primer párrafo, por lo que, la optimización de las condiciones de Movilidad es hoy en día, uno de los mecanismos más trascendentales para alcanzar un entorno con mayor justicia social.

Sin duda alguna, el transporte público es la respuesta que permite asegurar en las personas el acceso a los beneficios que brinda una ciudad. A diferencia de otros medios de transporte, como el automóvil, este es el que menos peso monetario recarga sobre los usuarios, lo que lo convierte en el medio que más desmercantiliza la movilidad. (Hernández, 2017)

En definitiva, resulta necesario hacer un replanteamiento y apostar por la regularización adecuada del transporte público, garantizando la calidad del servicio, seguridad de los usuarios y mejores condiciones laborales para los operadores. En conclusión, el transporte público es la única herramienta que provee a la sociedad la movilidad, confianza y accesibilidad al empleo, escuelas, servicios urbanos, actividades deportivas y recreativas, por lo que es indispensable formular estrategias y planes de acción que coadyuven a garantizar un sistema de movilidad urbana eficiente y renovada, reconociéndolo como la pieza clave para el desarrollo y bienestar de la población.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Código Fiscal de la Federación. (12 de noviembre de 2024). Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México: Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión.

González Hernández, R. (2013). *"La evasión de impuestos en México"*. Obtenido de Universidad Veracruzana: https://www.uv.mx/iiesca/files/2013/01/evasion2007-1.pdf

Hensel, A. (2005). *Derecho Tributario*. Madrid, España: Marcial Pons.

Hernández, D. (2017). Transporte público, bienestar y desigualdad: cobertura y capacidad de pago en la ciudad de Montevideo. *CEPAL*, 20. Obtenido de https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/42036/RVE122_Hernandez.pdf

Hernández González, G. A. (2024). *La evasión fiscal en el transporte público irregular en la modalidad de pasajeros en San Cristóbal de Las Casas, Chiapas: propuesta de un esquema sancionador.* Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez.

Latapí Ramírez, M. (1999). *Introducción al Estudio de las Contribuciones*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores S.A. de C.V.

Lomelí Cerezo, M. (2007). *Derecho Fiscal Represivo* (5ta. Edición ed.). Ciudad de México, México: Porrúa.

Luís Bonifaz, J., Castro, W., Dias, A., Gonçalves, J., Labraña, C., Nunes da Silva, F., & X. Ventura, F. (2016). *Retos para una Movilidad Urbana de Futuro: Sintesis y Conclusiones de las Aportaciones Realizadas en el Seno del Grupo de Trabajo "Ciudad y Movilidad" - RUITEM e IFHP*. Florianópolis: UFSC. Recuperado el 11 de septiembre de 2023, de file:///C:/Users/Admin/Desktop/Libro-Retos-para-una-movilidad-urbana-de-futuro-Jos%C3%A9-Luis-Bonifaz.pdf

Molinero, Á., & Sánchez, I. (2003). *Transporte Público: Planeación, Diseño, Operación*. México: Quinta del Agua.

Montiel Paternina, S., Peña Sánchez, A., & Martínez Carrascal, C. (2020). *Cultura tributaria: formas de mejorarla.* Cartagena de Indias, Colombia: Universidad Libre.

Rodríguez Lobato, R. (2012). *Derecho Fiscal* (Segunda ed.). México: Oxford.

Rodriguez Lopez, J., & Navarro Benitez, B. (1999). *El transporte urbano de pasajeros de la Ciudad de México en el siglo XX.* México : Comité Editorial del Gobierno del Distrito Federal.

Rodríguez Mejía, G. (2001). Evasión fiscal. *Boletín Mexicano de Derecho Comparado*, 285-309.

Sistema Nacional de Movilidad y Seguridad Vial. (2024). *Política Nacional de Transporte Público Colectivo Urbano.* Gobierno de México. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/934565/Poli_tica_Nacional_de_Transporte_Pu_blico_Colectivo_Urbano.pdf

Sánchez Gómez, N. (2011). *Derecho Fiscal Mexicano* (Octava edición ed.). Ciudad de México, México: Porrúa.

Venegas Álvarez, S. (2014). *Derecho Fiscal*. México: Oxford.

MODELOS CONCESIONALES FRENTE A LIBERALIZACIÓN EN EL TRANSPORTE PÚBLICO. VENTAJAS E INCONVENIENTES. ¿CUÁL ELEGIMOS?

David Álvarez Castillo
Consultor independiente España
david@davidalvarezcastillo.com

RESUMEN

En América Latina está extendido el modelo de liberalización como modelo de gestión y explotación del transporte público, donde las empresas (incluso en ocasiones se reduce a la figura del hombre-camión) establecen las rutas, horarios, tarifas. No obstante, en ocasiones, se ha optado por un modelo concesional, donde la Administración competente de un servicio de transporte público, opta por un proceso de licitación y contratación para que las diferentes empresas operadoras de transporte de pasajeros existentes en el mercado e interesadas en prestar dicho servicio, presenten su mejor oferta y con ello, ser la empresa adjudicataria bajo contrato de la prestación de ese servicio a modo de concesión, donde solo esa empresa puede realizarlo, operarlo y explotarlo, y ninguna otra pueda prestarlo durante el tiempo de vigencia de dicho contrato. En economía, son los conceptos de "luchar en el mercado" frente a "luchar por el mercado".

En España, el modelo concesional es el más extendido, tanto a nivel estatal, regional y local, si bien existen empresas y asociaciones empresariales que están en contra de este modelo, abogando por la apuesta de la liberalización en el transporte público por carretera, una vez que en el sector del transporte ferroviario ya se ha producido.

Se va a analizar las ventajas e inconvenientes que implican cada uno de estos modelos.

1. MODELO CONCESIONAL. EJEMPLO DE ESPAÑA

Como se ha indicado, existen dos modelos contrapuestos hoy en día en relación a la gestión del transporte público. Por una parte, el modelo de liberalización en el cual se deja la posibilidad a que las diferentes empresas luchen en el mercado, prestando el servicio como entiendan de forma que la demanda elija la oferta a emplear. Por otra parte, estaría el modelo concesional, en el cual habiendo una lucha previa por el mercado y con unas reglas establecidas, una única empresa obtiene los permisos para ser el único que explote un servicio concreto.

Este segundo caso, el modelo concesional, es uno de las más empleado en España, existiendo desde principios del siglo XX, lo que supone que se haya consolidado, y exista una potente mayoría que lo considere la opción más favorable.

Igualmente, este tipo de modelo ha ido adecuándose a reglas de juego que han ido cambiando y adecuándose, principalmente por indicaciones y directrices procedentes de Europa. Así, un aspecto que ha ido evolucionando ha sido el plazo máximo que se permitía para los contratos que se adjudicaran y firmaran. En España, al inicio de la puesta en marcha de este tipo de modelo, los plazos eran de hasta 90 años de duración, lo cual, parecía que se aseguraba un servicio durante muchos años pero que posteriormente se comprobó que no favorecía la competencia y generaba un monopolio negativo.

En los años 90, en España se introdujeron modificaciones en la Ley de Ordenación del Transporte Terrestre (LOTT) y en el Reglamento de Ordenación del Transporte Terrestre (ROTT) para establecer que las renovaciones debían producirse hasta plazos de 20 y 25 años.

La herramienta que se requiere es la definición y establecimiento de unos pliegos de licitación, públicos y conocidos, que recogían toda la información en relación al servicio a prestar, condiciones, oferta, estudio económico, etc., de forma que tenía carácter contractual posteriormente.

Es en el año 2007 cuando en España se establece un pliego muy conservador, que además estaba pactado con el sector, que incluso contenía el conocido como "derecho de preferencia" (es decir, el que fuera actual concesionario tendría un 5% más de puntuación simplemente por serlo). Uno de los aspectos más interesantes y que posteriormente se ha comprobado necesario es ese mismo de que el pliego esté pactado con el propio sector (lógicamente, con la transparencia e igualdad de condiciones para todos), pues luego se ha comprobado que cuando la Administración ha optado por diseñar y emplear un pliego sin ese pacto, el resultado ha sido la paralización del proceso de contratación, debido a los continuos recursos administrativos legales que empleaban las empresas contra los pliegos, contra los concursos de licitación, contra las adjudicaciones,… que hizo que apenas se pudiera avanzar durante algunos años.

Esto empezó a ocurrir en España en el año 2008, donde diferentes empresas y asociaciones empresariales de empresas operadoras iniciaron esta tendencia de recurrir pliegos y concursos de licitación. Si en el año anterior se habían licitado y

adjudicado hasta 9 nuevos contratos (más bien, renovaciones de contratos), en este año de 5 concesiones licitadas, sólo 1 resultó adjudicada, quedando el resto paralizadas o anuladas.

Otro punto de inflexión fue el año 2009, donde entra el papel marcado por la Comisión Europea, entrando en vigor el reglamento comunitario 1370/2007, donde entre otros aspectos, marcaba condiciones y directrices enfocadas a apostar por la transparencia, por cierta liberalización del mercado, el establecimiento de una duración máxima de 10 años en los contratos concesionales, buscando el establecer igualdad entre países, apostar por establecer unos niveles de calidad mínimos, y la obligación de publicar en el Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE) cualquier nuevo contrato que vaya a licitarse durante los próximos 12 meses.

Los siguientes 5 años en España supuso una larga travesía de licitaciones recurridas, siendo apenas unas pocas las que finalmente se conseguía adjudicar (de las últimas 12 licitaciones, tan sólo 1 consiguió adjudicarse).

Con el tiempo, poco a poco ha ido buscándose el punto de equilibrio de forma que se han visto reducido el número de recursos y ha aumentado las contrataciones, de forma que en España, prácticamente el 100% de los servicios que se prestan de transporte público, ya sea urbano o interurbano, se realiza bajo la modalidad de concesión.

1.1 El pliego. Los Términos de Referencia de licitaciones en las concesiones de transporte público

Como se puede intuir de lo comentado, uno de los aspectos más importantes y que marcan el éxito o no de un contrato por modelo concesional es la correcta redacción de los pliegos, que son los términos de referencia que marcarán las condiciones de contratación en una licitación de transporte público.

Este documento debe ser completo, ajustado a la realidad y plantear un marco atractivo para las empresas operadoras, útiles para la población y que permita alcanzar la rentabilidad económica durante el plazo de prestación del servicio.

Los contenidos habituales son:

- Duración del contrato: se recomienda que tenga una duración entorno a los 7-10 años, de forma que se dé el plazo necesario para alcanzar y asegurar que recupera la inversión realizada, pero que no se alarga en demasía para que se tienda a "maltratar" al servicio.

- Tráficos permitidos: ya que se va a establecer el servicio que se va a realizar, con la prohibición de tráfico de hacer los mismos servicios para cualquier otra empresa, es muy importante definir correctamente y en detalle los tráficos que se permiten y a los que se da el derecho único de atenderlos.

- Rutas: identificar cuales son las rutas a cubrir.

- Itinerarios: establecer los itinerarios para cada una de las rutas, en ocasiones incluso estableciendo posibles itinerarios alternativos para rutas que puedan atender mismas cabeceras pero introduciendo hijuelas, cambios parciales o incluso, servicios más directos y exprés.

- Número mínimo de expediciones: siempre existen rutas más rentables que otras, por lo que el objetivo de una licitación bajo el modelo concesional lo que busca es que se atiendan todo tipo de servicios, rentables pero también los no rentables, que de otra forma nadie querría realizar. Y es ahí donde además se debe indicar el número mínimo de expediciones a realizar (diarias, semanales, anuales, etc.).

- Calendarios: debido a posibles diferencias en los flujos de viajeros e intereses por demanda, se pueden establecer los diferentes calendarios a lo largo del año, estableciendo cada ruta y número de expediciones acorde a un calendario que pueda establecer servicios de lunes a viernes, a diario, en temporada de verano, etc.

- Tarifa máxima: el permitir que sea una empresa la que opere un servicio o corredor puede suponer una posición de poder, por lo que se debe establecer la tarifa máxima a cobrar al usuario, y de esta forma, evitar abusos de posicionamiento.

- Buses: es importante establecer igualmente las características obligatorias que debe cumplir la flota, indicando el número de vehículos totales o por tipo, así como las características mínimas obligatorias a exigir su cumplimiento, dejando a la propia empresa la oportunidad de mejorar estas condiciones.

- Máxima edad permitida de la flota, que permita asegurar el uso de vehículos con hasta una determinada edad máxima, en línea con la seguridad y el confort

- Número de conductores necesarios mínimos para la prestación del servicio, de forma que se haya dimensionado y cuantificado previamente y correctamente.

1.2 Conclusiones del modelo concesional español

El modelo concesional lleva ya mucho tiempo establecido en España. Arrancó a principios del siglo XX y se ha mantenido y extendido hasta la actualidad.

Este modelo se presenta como una lucha por el mercado, de una forma previa a la explotación, para que, una vez conseguida la contratación, se queda con el servicio a prestar, donde nadie más tiene permiso ni posibilidad para operar en competencia. Esa lucha se ha producido previamente. Para ello, las propias empresas operadoras interesadas en un servicio, corredor, concesión, etc., debe participar en una licitación pública, que se rige por unos términos de referencia.

Estos términos de referencia establecen y definen con detalle todos los aspectos, no debiendo dejarse nada al azar, como las tarifas a cobrar, el número de expediciones mínimas, el número de buses que deben conformar la flota a emplear, el número de conductores que se requieren como mínimo para ello, etc.

Para estas licitaciones, suele establecerse la obligación de presentar un *plan de explotación* (que recoja y asegure el proceso de explotación que se propone, con el número de buses y personal necesario, cuadros de marcha, etc.), un *estudio de demanda* (que haya analizado y previsto el volumen de viajeros que se van a transportar, tanto de forma anual como durante todo el plazo concesional), y un *estudio económico* que demuestre la viabilidad y rentabilidad económica del contrato.

Como se ha indicado, una vez se ha procedido con la adjudicación a una empresa o grupo de empresas, sólo esa entidad puede prestar dicho servicio, nadie más.

2. MODELO DE LIBERALIZACIÓN DEL TRANSPORTE

Sería la alternativa al modelo concesional, en el cual se deja que sean las empresas las que lucen en el mercado, atendiendo como mejor consideren los diferentes servicios y necesidades de movilidad.

El punto de partida en Europa se establece cuando la Comisión Europea se plantea la modificación del reglamento 1073/2009, sobre acceso al mercado de servicios internacionales de transporte en autobús, del transporte de viajeros por carretera, proponiendo la liberalización del sector.

Este reglamento plantea la liberalización total de todas las líneas de autobuses de más de 100 km de distancia entre paradas, así como contempla que un regulador independiente juzgue si conviene dar entrada o no a más de un operador en una ruta de menos de 100 km de longitud.

Obviamente, este nuevo reglamento pondría fin al sistema de concesiones de líneas de autobús que opera en España, tal y como se ha indicado en el capítulo anterior, afectando a casi todas las rutas interurbanas del Estado y a un número importante de rutas regionales. Cabe indicar que en Europa, esta propuesta tuvo el rechazo y oposición de países como Alemania, Francia, e Irlanda entre otras, además de España. A modo de ejemplo, en España se realizó un cálculo que indicaba que tendría un coste de 500 millones de euros para el Gobierno español si se liberalizaba, para atender las rutas deficitarias o menos demandadas (todas aquellas que deberían pasar a identificarse como OSP, obligaciones de servicio público).

2.1 Efecto provocado en países de Europa

Este cambio de reglamento, en los últimos 12 años ha venido provocando ciertos cambios radicales en los países de Europa. Uno de ellos fue la llegada de la empresa Flixbus, dinamitando el equilibrio empresarial en países como Alemania y Francia. Flixbus surgió en Alemania en el año 2013, con la liberalización de su mercado de autobuses.

En sólo 4 años, Flixbus consiguió alcanzar una cuota de mercado del 93% en Alemania, mientras que en Francia, 3 años después de la liberalización, alcanzó una cuota de mercado del 44%.

En 2018 hubo un frente común de esfuerzos en España para realizar una defensa del modelo concesional ante la Comisión Europea. Los argumentos se resumían en la defensa de la eficacia de la organización, la seguridad, el aseguramiento de tarifas asequibles, apuesta por la calidad, posibilidad de establecer buenas condiciones sociales y laborales, el poder mantener flotas con una edad media de 5-6 años, la transparencia en el proceso de contratación, así como la valoración positiva de los usuarios. En 2019 se realizaron votaciones en el Pleno del Parlamento Europeo y hubo una amplia mayoría de eurodiputados que apoyaron el modelo concesional en España. También estaba marcado por los ejemplos francés y alemán, donde los modelos de liberalización del mercado había llevado a situaciones de monopolio u oligopolio, incrementando las tarifas, reducción de servicios y merma de la calidad.

El resultado en Alemania fue que una sola compañía cubría el 94% de la cuota de mercado. Desde el año 2015, se habían visto reducidas las rutas atendidas un 63% del total, con una baja frecuencia en aquellas poblaciones de menos de 200.000 habitantes, e incluso provocando un servicio nulo o residual en poblaciones de menos de 200.000 habitantes.

2.2 Análisis actual y decisión

En la actualidad, no existe quorum al respecto. Existen empresas y gobiernos que prefieren el modelo concesional, mientras que otras empresas y gobiernos prefieren la apuesta por la liberalización. Incluso ha llevado a que en el mismo país existan asociaciones de empresas operadoras de transporte de pasajeros por carretera a estar enfrentadas por el modelo de gestión y explotación.

Igualmente, actualmente hay empresas en pérdidas o con un nivel de rentabilidad baja por concesiones que han dejado de responder a las necesidades y cambios producidos en la movilidad según el territorio, ni atender a las demandas reales de los usuarios.

También cabe indicar que en cada país, el sistema concesional queda acaparado por 4-5 empresas, las de mayor potencial y músculo, que les ha permitido presentarse con grandes bajas económicas para ser adjudicatarias de dichos contratos.

Las demandas han bajado en los últimos 20 años por no haberse sabido adaptar a las necesidades de los usuarios. Ha sido en los últimos años cuando las Administraciones han dedicado tiempo, esfuerzo y recursos para la definición y diseño de nuevos mapas concesionales que adecuen las ofertas a las demandas.

Otra tendencia observada en los últimos años es la desaparición de empresas, que está provocando su absorción en grandes grupos empresariales.

Y toda esta diatriba se basa en la fortaleza del modelo concesional: durante años, se ha garantizado un servicio de calidad (fiable, seguro, apostando por la capilaridad territorial y por la accesibilidad), asumido económicamente por el sector privado (sin la necesidad de intervención de recursos públicos).

3. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE CADA MODELO DE EXPLOTACIÓN

Tras este repaso histórico en países de Europa, ya se han podido ir percibiendo las diferentes ventajas y desventajas de cada modelo, identificando las fortalezas y debilidad, que sirven para que cada decisor y planificador pueda concluir cual es le modelo de gestión y explotación que mejor se adapta a cada escenario.

3.1 Ventajas del modelo concesional

Las ventajas se pueden resumir en:

- Asegura la oferta de transporte allí donde es deficitaria.

- No tiene ningún costo para la Administración, para concesiones de más de 100 km

- Con la gestión adecuada, debe permitir un razonable beneficio empresarial.

- Disminuye la incertidumbre de la Empresa Explotadora.

- Permite a la Administración seguir controlando el sistema de transporte.

- Asegura unos altos niveles de calidad, seguridad, frecuencia, confort, y además a un precio competitivo

- Genera empleo estable de calidad.

3.2 Inconvenientes del modelo concesional

Por su parte, se pueden detectar los siguientes:

- Los mapas concesionales están obsoletos. No atienden las necesidades actuales, por lo que se requiere la definición y diseño de nuevos mapas concesionales

- Disminuye la Eficacia y la Eficiencia para el Operador y para el Cliente.

- Genera un coste muy elevado para el Estado en el transporte Metropolitano y Urbano.

- Lucha encarnizada en el proceso de licitación, reduciendo al mínimo los beneficios, debido a procesos de subasta donde la puntuación aumenta en base a criterios de reducción de los ingresos.

- Limitación de la competencia entre operadores.

- La rigidez de los contratos.

- Plazos que pueden no permitir la amortización.

3.3 Ventajas del modelo de liberalización

Por su parte, las ventajas de este modelo serían:

- Mayor nivel de calidad y menor precio para el cliente.

- Niveles de rentabilidad adecuados al trabajo realizado (si no, saldrían del corredor que están operando).

- Se dejarían de realizar "expediciones políticas" que afectan a la rentabilidad de las concesiones.

- Mayor competitividad entre las empresas.

- Aumento de la oferta (en ciertas zonas con amplia densidad de población) que podría ayudar a incentivar el uso del bus frente al del coche privado.

- El usuario elige quien presta el servicio.

3.4 Inconvenientes del modelo de liberalización

Finalmente, los inconvenientes de la liberalización se resumen en:

- Las zonas rurales y de menor densidad de población no tendrían ningún servicio.

- Es necesaria una solución a los corredores que no sean rentables para que prestara servicio algún operador (lo que supone un coste por parte de la Administración).

- Se plantearía como una amenaza la aparición de plataformas que monopolicen el mercado.

- Los beneficios del operador se reducirían al ofertar una menor tarifa.

- Efecto negativo sobre el empleo existente en el marco de las PYMES, que hoy en día tienen una importante presencia en la actividad.

- La experiencia demuestra que se forman oligopolios que propician subidas de las tarifas y merma en las condiciones laborales de los profesionales del sector.

PARCERIAS SOCIAIS PARA PROVISÃO DO TRANSPORTE CICLOVIÁRIO COMO UM COMUM URBANO: O CASO DO MARCO REGULATÓRIO DAS ORGANIZAÇÕES DA SOCIEDADE CIVIL

Pedro Henrique Rosa de Souza
pedro.rosa@ufpe.br

Anísio Brasileiro
anisio.brasileiro@ufpe.br

Leonardo Herszon Meira
leonardo.meira@ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

RESUMO

A acessibilidade financeira e viária atreladas ao baixo impacto ambiental intrínseco do transporte cicloviário fazem com que este modo esteja alinhado ao ODS 11 da ONU (2015) e seja, portanto, norteador do desenvolvimento urbano sustentável. No Brasil, leis como a Política Nacional de Mobilidade Urbana priorizam modos ativos de transporte. Iniciativas públicas e privadas promovem a participação social na gestão urbana, como o projeto Bota pra Rodar, que integra bicicletas compartilhadas em comunidades vulneráveis. Organizações da Sociedade Civil (OSCs) desempenham papel crucial na gestão de serviços públicos, com cerca de 237 mil OSCs registradas no Brasil em 2016, atuando em setores como educação, saúde e meio ambiente. O Marco Regulatório das OSCs (2014) fortalece a parceria entre sociedade civil e Estado, fomentando projetos inovadores e sustentáveis. Inspirados pelos "comuns urbanos", esses modelos promovem a mobilidade ativa e a justiça social, combatendo as desigualdades e incentivando a governança democrática e participativa no planejamento urbano.

Palavras-chaves: Bicicleta; Organização da Sociedade Civil; Comuns Urbanos.

1. INTRODUÇÃO

A priorização do uso da bicicleta na mobilidade urbana está atrelada a uma diversidade de vantagens. Não emite nenhum gás poluente para sua operação, ocupa pouco espaço nas vias, é viável financeiramente para pessoas de diversos níveis de aquisição financeira (Lima et al., 2023). Como preconiza o Objetivo do Desenvolvimento Sustentável 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis (ONU, 2015), o transporte das cidades deve "proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos" e nisso a bicicleta se encaixa perfeitamente.

Este modo já vem sendo favorecido pela legislação brasileira desde a implementação da Política Nacional de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2012), que institui, dentre as suas diretrizes, a priorização dos modos ativos de transporte. Mesmo o Estatuto da Cidade, instaurado 11 anos antes, favorece, mesmo que indiretamente, o transporte cicloviário nos assentamentos urbanos brasileiros. A lei estabelece que a política urbana deve garantir o direito à cidade sustentável, promovendo o acesso universal às condições básicas de mobilidade (BRASIL, 2001).

Em paralelo, a posição do Estado na gestão das infraestruturas vem sendo modificada no Brasil com a inserção de instituições privadas. Um marco importante para essa redefinição é a Lei das Licitações nº. 8.666/1993 (BRASIL, 1993), recentemente substituída pela Lei nº. 14.133/2021 (BRASIL, 2021), que transfere a essas empresas a possibilidade de prestar serviços públicos. Nesse caminho de revisão o Brasil também vem buscando aproximar a participação social. O Plano Diretor da Reforma do Aparelho do Estado (BRASIL, 1995) é um primeiro grande esforço para a ampliação da governança estatal em conjunto com a sociedade civil. A publicização torna-se, com isso, uma das formas de desestatização da economia, interligada à vocação republicana e democrática que se reinstalava no país desde a década anterior (Vieira et al., 2018).

De acordo com Arantes (2013), problemas como a especulação fundiária, a desigualdade socioespacial e a crise ecológica, criados com a mercantilização da cidade, apontam a emergência na redefinição do modelo de produção das infraestruturas urbanas, pondo em prioridade sistemas de mobilidade ativa compartilhada e transporte coletivo.

Nesse contexto, vale ressaltar a importância da luta urbana na obtenção de avanços na legislação regente das cidades e no protagonismo à frente de iniciativas de inovação urbana. Em Barcelona, as movimentações vicinais de reivindicação por equidade no uso do espaço público acarretaram na vitória de Ada Colau nas eleições da gestão municipal. O governo foi marcado por uma série de requalificações urbanas para priorização de modos ativos de transporte e convivência no espaço público, além da instauração da plataforma Barcelona En Comú, importante ferramenta de urbanismo participativo (CÁMARA-MENOYO et al., 2022). No Recife, a gestão municipal integrou a comunidade de Jardim Monte Verde em processos decisórios no projeto de requalificação urbana de uma praça e seu entorno, promovendo uma maior satisfação dos usuários, estimulando o transporte a pé e por bicicleta, bem como fortalecendo a cogestão do espaço (SILVA et al., 2022).

Estas iniciativas corroboram com princípios dos comuns urbanos, que são as práticas de gestão compartilhada de recursos de uma comunidade, oriundos geralmente de movimentos sociais que objetivam com suas ações a redução de desigualdades e demais conflitos sociais das cidades (SILVA et al., 2022; TONNELAT, 2013).

Grupos de cidadãos engajados também se institucionalizam e formam as chamadas Organizações da Sociedade Civil, que vem desempenhando projetos e ações em uma ampla gama de setores produtivos (IBGE, 2016). São esses grupos os formadores do chamado terceiro setor, paralelo ao primeiro, referente ao poder público, e ao segundo, onde se ambientam as empresas privadas (OLIVEIRA, 2019).

O Brasil, em 2014, sancionou o Marco Regulatório das Organizações da Sociedade Civil, enquanto um passo adiante na aproximação do terceiro setor para a provisão de serviços de interesse público. Em consonância a este contexto, o presente artigo parte do pressuposto de que a criação de uma lei que formaliza a relação Estado-Sociedade Civil Organizada favorece a desmercantilização da produção de cidades e, em analogia ao setor de transportes, contribui para a transição do tratamento público sobre os transportes urbanos como um comum.

Em meio ao contexto elucidado, este trabalho tem o objetivo de avaliar de que maneira o Marco Regulatório das Organizações da Sociedade Civil favorece a constituição da mobilidade por bicicleta como um comum urbano no Brasil. Esta é análise sistemática, estruturada em 5 seções. Posterior à introdução, analisa-se a conjuntura das OSCs no Brasil e sua relação com a mobilidade cicloviária. Em seguida, a seção 3 define o conceito de comuns urbanos e delineia sua relação com a mobilidade ativa. A seção 4 evidencia os elementos dispostos no MROSC que estão alinhados com os princípios dos comuns. Por fim, a 5ª seção elucida as considerações finais do trabalho.

2. AS ORGANIZAÇÕES DA SOCIEDADE CIVIL E O TRANSPORTE CICLOVIÁRIO

As OSCs são iniciativas da sociedade organizada, instituídas para mitigar as tantas externalidades sociais insurgidas no Brasil. São as ONGs, organizações religiosas, fundações privadas e demais associações sociais prestadoras de serviços que atendem ao interesse público. Na década de 1970, em meio à ascensão de governos totalitários na América Latina, emergiram as primeiras Organizações da Sociedade Civil brasileiras. Com a redemocratização, ampliou-se o pleito para as lutas sociais e, com isso, as OSCs proliferaram pelo país (Distrito Federal, 2018).

Passada a chamada "década perdida" da economia brasileira, tornou-se insustentável a função estatal de provedora do bem-estar social keynesiano, cujas premissas vinham norteando, em parte, a relação entre setor público e sociedade no Brasil desde décadas anteriores do séc. XX (SANTOS, 2000).

Com isso, ampliam-se as relações entre primeiro e terceiro setor. A gestão dos serviços públicos iniciou um processo de descentralização, especialmente com a redução do papel do setor público, tendo a publicização como uma das estratégias (Distrito Federal, 2018). Esta consiste na concessão de prestação de serviços de interesse público às

organizações sem fins lucrativos, sob controle do Estado e da sociedade (VIEIRA et al., 2018), e foi uma das inovações do Plano Diretor da Reforma do Aparelho do Estado - PDRAE (BRASIL, 1995).

Em 2016 o IBGE levantou a existência de 236.950 OSCs no Brasil, atuando sobre temas como educação, saúde, meio ambiente e defesa de direitos sociais. O maior grupo dentre as instituições é o de instituições religiosas, com 83.053 unidades. Os setores que concentram o 2º, 3º e 4º maior montante de instituições margeiam as 30.000 unidades, sendo menos que o dobro do setor da Religião. Foram levantadas 15828 instituições sem fins lucrativos no setor de educação e pesquisa (IBGE, 2016).

O estudo do IBGE (2016) também quantificou mais de 2,2 milhões de pessoas empregadas pelo terceiro setor. Alguns dados merecem destaque. Primeiramente, o setor da saúde é o que mais emprega pessoas, fornecendo 810.672 vagas, seguido do setor da Educação e Pesquisa. Setores como Desenvolvimento e Defesa de Direitos, além do de Meio Ambiente, figuram entre os que menos empregam, o que pode indicar um porte menor das instituições. De acordo com o estudo, o salário médio desses profissionais é de 3 salários mínimos.

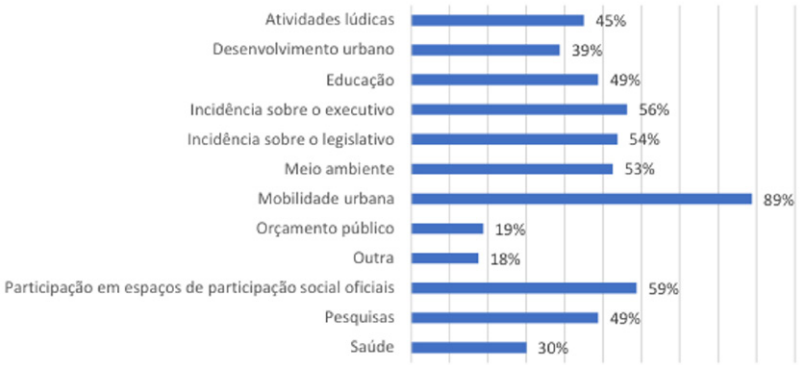
O Observatório da Bicicleta, juntamente à União de Ciclistas do Brasil (2022), levantou 80 organizações cicloativistas no Brasil. Os dados desta pesquisa indicam uma disparidade regional entre as instituições. A maior parte delas está concentrada na região sudeste (47%). A região com menor concentração de OSCs relacionadas à bicicleta está na região Centro-Oeste. De acordo com o estudo, a idade média das organizações é de 9 anos. 35% das instituições possuem de 11 a 50 pessoas; há uma organização com mais de mil pessoas. 60% das organizações são formalizadas.

Os recursos para essas OSCs advêm de variadas fontes, como mostra o estudo (Observatório da Bicicleta; UCB, 2022). A contribuição financeira entre os próprios membros das equipes é uma forte maneira de captação, realizada por 24% das instituições. A formação de redes entre OSCs se destaca, representando 28% das obtenções de aportes. Os editais públicos e privados ainda possuem uma baixa representatividade no financiamento dos trabalhos dessas instituições. A ausência de subsídios também é contundente: 33% delas trabalharam sem recursos, 25% dos respondentes à pesquisa declararam captar até R$ 25 mil nos últimos 3 anos. Apenas 18% acessaram recursos maiores que R$ 100 mil.

As atividades desempenhadas por esses grupos são de ampla diversidade. Dividem-se entre a incidência sobre políticas públicas, planejamento urbano, pesquisa, meio ambiente, ou mesmo outros setores como saúde e educação.

Existe uma baixa adesão das organizações sociais a setores como Educação e Pesquisa, além de Desenvolvimento e Defesa de Direitos, fortemente atrelados à provisão da equidade nos sistemas de transporte. Isso abre a oportunidade para a ampliação do setor. Em contrapartida, quase a totalidade das instituições trabalham com mobilidade urbana, como mostra o Gráfico 1.

Gráfico 1 - Áreas de atuação das OSCs cicloativistas



Fonte: Observatório da Bicicleta; UCB (2022).

Essa é uma evidência de como as OSCs possuem a potencialidade de fornecer serviços públicos de transporte. Concomitantemente, o caráter aproximador da participação social, intrínseco a essas instituições, abre precedentes para o desenvolvimento da democracia no país. Assim revela-se o papel das OSCs enquanto instituições que consolidam a mobilidade urbana como um sistema de gestão coletiva, um comum urbano. O conceito será detalhado no tópico a seguir deste trabalho.

3. MOBILIDADE ATIVA: A COMÉDIA DOS *COMMONS URBANOS*

Brasileiro *et al.* (2023) afirmam que o neoliberalismo enquanto ordem econômica prevalecente a nível global tem relação direta com a forma de produção da cidade contemporânea. A alta concentração de renda, aliada à emergência climática, aprofunda as desigualdades sociais nos núcleos urbanos, criando problemas de acesso aos serviços públicos. A cooperação surge, portanto, como um importante modelo alternativo de geração de bens e serviços.

Ao analisar como se baseia esse modo de produção de acordo com as relações interpessoais, Castro (2018) concluiu que, à primeira instância, a possibilidade de cooperação se torna mais possível de ser bem sucedida com o envolvimento de poucos membros. No entanto, a existência de uma consciência de coletividade torna possível a condução a escolhas que favoreçam a sociedade como um todo, e não somente a demandas individuais.

Isso corrobora com o entendimento que Elinor Ostrom desenvolveu sobre os bens comuns. A teoria desenvolvida pela cientista política afirma que a gestão coletiva de sistemas de uso comum, como ecossistemas florestais, massas naturais de água, pastagens e estacionamentos, vem sendo aplicada em diversos locais do mundo, em paralelo aos mecanismos estatais e de mercado e obtendo sucesso (BRASILEIRO et al., 2023). De acordo com Silva et al. (2022), "bens comuns são práticas que envolvem o uso e gestão de recursos compartilhados por uma determinada comunidade de forma voluntária e equitativa".

Castro (2018) evidencia que a gestão de um recurso, quando está sob a responsabilidade de todos os beneficiados por ele, pode passar por problemas de ineficiência pois, "quando muitos são responsáveis por um bem comum, cada um acaba deixando para o outro fazer o que ele acredita que é o certo, e por fim, ninguém o faz". Essa é uma explicação plausível para a teoria da Tragédia dos Bens Comuns.

Levando em consideração experiências de commons vivenciadas no Brasil, mais concentradas nas zonas rurais e florestas, Cesar (2017) denuncia que conflitos agrários e atividades econômicas predatórias são barreiras ao aprofundamento da autogestão. Um fator mitigador pode advir de mecanismos estatais de proteção comunitária. No entanto, o autor destaca que as próprias comunidades estudadas possuem lideranças que articulam essas atividades, além de dinâmicas coletivas de monitoramento e acordos estabelecidos para o uso dos comuns, o que favorece para o sucesso desses sistemas e facilita a resolução de conflitos.

De forma análoga pode-se aplicar o conceito dos comuns às cidades e seus sistemas, tais como habitação, saneamento e mobilidade urbana (Brasileiro et al., 2023), objeto de análise deste trabalho. Cámara-Menoyo et al. (2020) conceituam os comuns urbanos como um modo de ocupação do espaço público para o interesse coletivo, por meio de ações privadas ou estatais. Entre seus princípios fundamentais, os autores mencionam a participação coletiva na governança e a presença de um Estado que permita a instituição dos comuns.

Considerando-se que os espaços viários das cidades são comuns urbanos, sua tragédia é alcançada com o uso massivo do automóvel particular, como aponta Castro (2018). Nesse cenário, hegemonicamente presente nas grandes cidades brasileiras, o grau de utilização deste comum fica concentrado entre os usuários desse modo de transporte, o que limita o acesso à via para os demais transeuntes, tais como passageiros do transporte coletivo, pedestres e ciclistas.

Dessa forma, se pode avançar na institucionalização de um novo modo de produção desse serviço público essencial, aliado à sustentabilidade, democracia participativa e justiça social, o que requer o direcionamento estatal à redução do uso do automóvel e a prioridade aos modos ativos e coletivos de transportes na cidade (BRASILEIRO et al., 2021).

De acordo com Polko (2024), propiciar a cooperação e o compartilhamento no espaço público é essencial para o crescimento das atividades econômicas e atratividade a uma cidade, visto que favorece a troca de bens e conhecimento, além de fornecer ambiente fértil para a experimentação de novas relações sociais. Para isso, a governança da mobilidade urbana como um bem comum perpassa pela criação de um cenário favorável a um processo contrário à tragédia dos bens comuns, posto pelo autor como "comédia dos bens comuns."

4. O MARCO REGULATÓRIO DAS ORGANIZAÇÕES DA SOCIEDADE CIVIL

A Lei nº. 13.019/2014, instituída em 2014, surgiu enquanto um elemento modernizador dos modelos de parceria entre Organizações da Sociedade Civil e poder público. As

modalidades estabelecidas pela legislação estão listadas nos parágrafos VII, VIII e VIII-A do Art. 2º:

1. Termo de Colaboração: Parceria estabelecida por demanda oriunda da administração pública;

2. Termo de Fomento: Parceria estabelecida por demanda oriunda das Organizações da Sociedade Civil;

3. Acordo de cooperação: Parceria que não envolve a transferência de recursos financeiros.

Os termos de colaboração e de fomento incluem a transferência de recursos; o acordo de cooperação, não. Com o termo de fomento, a lei permite que propostas de projetos partam das organizações ao poder público. Com isso, o Estado cria a abertura para que as OSCs sejam, além de proponentes de soluções inovadoras, instituições identificadoras de demandas sociais.

Esta lei apresenta diversos elementos e termos-chave que visam fomentar a aproximação entre sociedade e Estado na prestação de serviços públicos, por meio de processos participativos de tomada de decisão e monitoramento. Uma das evidências disso está elencada no Art. 5º:

"Art. 5º O regime jurídico de que trata esta Lei tem como fundamentos a gestão pública democrática, a participação social, o fortalecimento da sociedade civil, a transparência na aplicação dos recursos públicos, os princípios da legalidade, da legitimidade, da impessoalidade, da moralidade, da publicidade, da economicidade, da eficiência e da eficácia, destinando-se a assegurar:

I - o reconhecimento da participação social como direito do cidadão;
II - a solidariedade, a cooperação e o respeito à diversidade para a construção de valores de cidadania e de inclusão social e produtiva;
III - a promoção do desenvolvimento local, regional e nacional, inclusivo e sustentável;
IV - o direito à informação, à transparência e ao controle social das ações públicas;
V - a integração e a transversalidade dos procedimentos, mecanismos e instâncias de participação social;" (BRASIL, 2014).

A "participação social", "solidariedade", "cooperação" e "controle social das ações públicas" presentes nos parágrafos I, II, IV e V do mencionado artigo tem total consonância com os princípios dos bens comuns. Além disso, salienta-se o compromisso firmado com a sustentabilidade e a transparência, fundamentais para a instituição da mobilidade como comum urbano.

O Art. 3º do MROSC adiciona um último tópico ao Art. 3º da Lei nº. 9.790/1999 (BRASIL, 1999), que exerce a definição legal das pessoas jurídicas privadas sem fins lucrativos. Segue a íntegra do texto:

"A qualificação instituída por esta Lei, observado em qualquer caso, o princípio da universalização dos serviços, no respectivo âmbito de atuação das Organizações, somente será conferida às pessoas jurídicas de direito privado, sem fins lucrativos, cujos objetivos sociais tenham pelo menos uma das seguintes finalidades:

(...)

VII - defesa, preservação e conservação do meio ambiente e promoção do desenvolvimento sustentável;

VIII - promoção do desenvolvimento econômico e social e combate à pobreza;

IX - experimentação, não lucrativa, de novos modelos sócio-produtivos e de sistemas alternativos de produção, comércio, emprego e crédito;

XII - estudos e pesquisas, desenvolvimento de tecnologias alternativas, produção e divulgação de informações e conhecimentos técnicos e científicos que digam respeito às atividades mencionadas neste artigo.

XIII - estudos e pesquisas para o desenvolvimento, a disponibilização e a implementação de tecnologias voltadas à mobilidade de pessoas, por qualquer meio de transporte". (BRASIL, 2014)

Mais uma vez, elementos fundadores dos comuns urbanos aparecem no texto, com o incentivo à experimentação de novas tecnologias sociais, ampliando o desenvolvimento técnico por meio de parcerias sociais. O parágrafo XII explicita o interesse do Estado brasileiro em inovar o setor dos transportes urbanos por meio de serviços prestados por OSCs. Entrecruzando esta determinação com a dos parágrafos VII e VIII, pode-se constatar que a lei abre espaço para viabilizar os preceitos da mobilidade sustentável nas cidades brasileiras, incluindo o transporte cicloviário, por meio do empenho das instituições sem fins lucrativos.

Além disso, o artigo autoriza os estados e municípios a criarem seus próprios marcos reguladores. De acordo com documentação do Distrito Federal (2018), apenas 8 estados não outorgaram seus próprios MROSC: Acre, Amazonas, Roraima, Goiás, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Paraíba e Rio Grande do Norte. A adesão foi menor entre as capitais: 14 não formularam a lei em escala municipal.

O parágrafo V do artigo 33 da lei (BRASIL, 2014) delimita os critérios de elegibilidade das instituições para firmar as parcerias, listados abaixo:

1. Possuir CNPJ ativo há no mínimo 3 ano;

2. Possuir experiência prévia comprovada na realização do objeto da parceria;

3. Possuir capacidade técnica, operacional e material suficiente para desempenhar a parceria.

Os artigos 10, 11 e 12 definem as diretrizes de transparência e governança. A lei (BRASIL, 2014) institui que informações de identificação da instituição e do projeto deve estar publicado em endereço eletrônico de acesso público, constando nome da organização, objeto da parceria e da instituição pública parceira, bem como valor total da parceria, valor utilizado até o momento e destinação de aportes para recursos pessoais. Qualquer irregularidade no processo também deve ser publicada.

Os artigos 23 a 32 instrumentalizam o chamamento público das propostas das OSCs. O artigo 24 indica que as organizações selecionadas devem ser as que apresentem projetos de execução mais eficaz. A lei proíbe que haja relações jurídicas entre membros da comissão de seleção e entidades proponentes no inciso 2º do art. 27 (BRASIL, 2014). Esses são mecanismos que favorecem a equidade de oportunidades em participar das parcerias.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho atingiu seus objetivos ao apresentar que a legislação brasileira vem ampliando a relação entre sociedade e Estado na criação do transporte cicloviário, sob a luz do Marco Regulatório das Organizações da Sociedade Civil. A lei representa um avanço na relação entre OSCs e Estado, fortalecendo as parcerias sociais como promotora da mobilidade sustentável, na qual se inclui o transporte cicloviário.

O grau de consolidação dessas organizações ainda se apresenta incipiente. Os programas pensados e valores arrecadados são pequenos para o nível de aporte que a provisão de sistemas de apoio à mobilidade por bicicleta requer nas cidades brasileiras. Também precisa-se promover uma distribuição dessas organizações de forma mais equitativa nas regiões do Brasil.

A pouca exploração, entre as OSCs, de setores relacionados às atividades de educação, pesquisa e desenvolvimento, é uma oportunidade para que membros da academia e demais cidadãos utilizem esse formato institucional para profissionalizar a militância pela ampliação do uso da bicicleta como meio de transporte, aproximando-se do modelo de gestão das cidades como comuns urbanos.

A depender do nível de especialização do serviço prestado e do porte institucional, as OSCs podem fornecer apoio a atividades econômicas de alto impacto no setor de transportes, quando o enfoque está atrelado à sustentabilidade. Abrem-se portanto oportunidades de parcerias sociais focadas em mobilidade por bicicleta.

Ao estabelecer as condições de fomento, com possibilidade de movimentação de aportes por meio de chamadas públicas sob a égide da equidade, o MROSC é um instrumento que amplia a sustentabilidade das instituições sem fins lucrativos, incentiva a criação de novas organizações e favorece a manutenção e aperfeiçoamento das soluções por elas delineadas. Isso amplia a atuação das OSCs nos pleitos das políticas públicas, aprofundando com isso o processo democrático na gestão pública e facilitando a instituição do transporte por bicicleta como um comum urbano.

Para trabalhos futuros, sugere-se levantar projetos que foram empenhados por OSCs por meio da lei e qual o nível do aporte recebido.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA CONDEPE/FIDEM (2015). Região de Desenvolvimento Zona da Mata Norte: Principais atividades geradoras de PIB na região. Disponível em: http://www.condepefidem.pe.gov.br/c/document_library/get_file?p_l_id=18782156&folderId=26149775&name=DLFE-121825.pdf. Acesso em: 07 dez. 2024.

ALVES, Priscilla. Mobilidade Urbana Sustentável e Polos Geradores de Viagens: análise da mobilidade não motorizada e do transporte público. 2015. 328 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

ALVIM, Angélica Tanus Benatti; IZAGA, Fabiana Generoso de; CLAPS, Rosanna Forray. Mobilidade urbana em perspectiva: novos olhares sobre as dinâmicas da cidade contemporânea. Cadernos Metrópole, [S.L.], v. 26, n. 60, p. 413-421, maio 2024. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2024-6000.

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres. Malha Ferroviária Federal. Mapa eletrônico. Escala variável. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ferrovias/declaracao-de-rede/declaracao-de-rede-2024/malha-ferroviaria-federal-shp.zip>. Brasília: 2024

EPTI - Empresa Pernambucana de Transporte Coletivo Intermunicipal (2024). Permissionárias. Disponível em: https://www.epti.pe.gov.br/permissionarias/ Acesso em: 16 dez 2024.

FU, L. I.; LI-PING, Zhang; YUN-HUA, Huang. The development and prospect of application of light rail vehicles. Journal of Southwest Jiaotong University, v. 15, n. 2, p. 111-116, 2002.

IBGE (2016). Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas no Brasil. 2º ed. Rio de Janeiro: DGC, 2016.

IBGE (2018). Regiões de influência das cidades. IBGE, Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IBGE (2024). IBGE Cidades. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/panorama. Acesso em: 12 dez. 2024.

KHAN, Shafat; MOHIUDDIN, Khalid. Evaluating the parameters of ArcGIS and QGIS for GIS Applications. Int. J. Adv. Res. Sci. Eng, v. 7, p. 582-594, 2018.

MACHADO, Mayogan Freitas. Importância do Sistema Ferroviário para o desenvolvimento do Brasil. Revista Científica Semana Acadêmica, [S.L.], v. 11, n. 232, p. 1-16, 11 abr. 2023. Revista Cientifica Semana Academica. http://dx.doi.org/10.35265/2236-6717-232-12486.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (2024). Ampliação do Transporte Ferroviário é tema de debate no Senado. 2024. Disponível em: https://www12.senado.leg.br/radio/1/noticia/2024/10/10/ampliacao-do-transporte-ferroviario-e-tema-de-debate-no-senado. Acesso em: 07 dez. 2024.

MOLINARI, Alana Tamara Gonçalves; BERNARDINIS, Márcia de Andrade Pereira. O acesso à educação promovendo uma mobilidade sustentável nas cidades. Revista Brasileira de Educação, [S.L.], v. 29, 2024. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1413-24782024290061.

SANTOS, Debora Brito dos; LIMA, Rosana da Costa; BASSI, Renata Elaine; RODRIGUES, Enio Fernandes; MAIELLARO, Valéria Rufino. A Infraestrutura no Transporte Ferroviário no Brasil. South American Development Society Journal, [S.L.], v. 4, n. 10, p. 38, 13 mar. 2018. South American Development Society Journal. http://dx.doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v4i10p38-51.

SANTOS, Jefferson Vasconcelos; SILVEIRA JÚNIOR, Aldery; RODRIGUES, Sandro Gomes. VLT como elemento inovador do transporte público brasileiro. Revista de Gestão e Secretariado, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 662-680, 18 jan. 2023. South Florida Publishing LLC. http://dx.doi.org/10.7769/gesec.v14i1.1541.

STRAATEMEIER, Thomas; BERTOLINI, Luca. How can planning for accessibility lead to more integrated transport and land-use strategies? Two examples from the Netherlands. European Planning Studies, [S.L.], v. 28, n. 9, p. 1713-1734, 10 maio 2019. http://dx.doi.org/10.1080/09654313.2019.1612326.

UPE (2024). Campus Mata Norte tem história em formação de professores e pesquisadores. 2024. Disponível em: https://www.upe.br/noticias/campus-mata-norte-tem-hist%C3%B3ria-em-forma%C3%A7%C3%A3o-de-professores-e-pesquisadores.html. Acesso em: 12 dez. 2024.

PARTICIPAÇÃO DE ATORES SOCIAIS NA DISCUSSÃO DE MEGAPROJETOS DE TRANSPORTES

Débora Gonçalves Vasconcelos
UFPE, debora.vasconcelos@ufpe.br

Mauricio Oliveira de Andrade
UFPE, mauricio.andrade@ufpe.br

Anísio Brasileiro de Freitas Dourado
UFPE, anisio.brasileiro@ufpe.br

RESUMO

O artigo analisa a participação social em megaprojetos de infraestrutura, a partir do caso do Arco Metropolitano do Recife, concebido para reduzir congestionamentos urbanos. A literatura mostra que megaprojetos enfrentam conflitos, atrasos e custos elevados quando há pouco diálogo com a população, estudos insuficientes e baixa transparência, como evidenciam casos como Narita, Big Dig, TAV Rio–São Paulo e Rodoanel. No Arco, problemas semelhantes reaparecem: o traçado norte atravessa uma APA, gerando forte oposição ambiental; a divulgação insuficiente, a escassez de informações e a fragilidade dos estudos de viabilidade ampliam a desconfiança; e questões logísticas, econômicas e ambientais tornam o projeto especialmente complexo. Para compreender esses desafios, o estudo aplicou ferramentas analíticas integradas — SWOT modificada, Diagrama de Ishikawa, MACBETH, SMARTER e 5W2H — permitindo identificar forças, fraquezas, oportunidades e ameaças, bem como hierarquizar os fatores decisivos para um processo participativo eficaz. Os resultados apontam a importância da capacitação técnica, do acesso claro às informações, da representatividade, da abertura institucional e do monitoramento contínuo. Com base nisso, propõe-se um plano de ação baseado em comunicação ativa, uso de tecnologias digitais, consultas inclusivas, fortalecimento institucional e criação de um comitê multissetorial. Conclui-se que qualificar a participação social é essencial para a viabilidade e legitimidade de megaprojetos de transporte.

1. INTRODUÇÃO

Os megaprojetos de infraestrutura de transporte distinguem-se por sua ampla abrangência territorial, pelos elevados custos envolvidos e pelo impacto direto sobre grandes contingentes populacionais. A literatura aponta que tais intervenções possuem forte capacidade de transformação territorial, exigindo abordagens interdisciplinares que integrem dimensões técnicas, econômicas, sociais e ambientais para que sua concepção e execução sejam bem-sucedidas (Flyvbjerg, 2014). Autores como Flyvbjerg, ressaltam que megaprojetos atraem elevada atenção pública e política devido a seus efeitos sociais e orçamentários, enquanto Lynch e Gellert (2003) destacam seu potencial de remodelar profundamente paisagens, geralmente associado à coordenação entre capital e poder estatal. Em países emergentes, sua proliferação está ligada à rápida urbanização e à necessidade crescente de infraestrutura (Hu et al., 2015), embora o grande número de atores afetados amplie o potencial de conflitos e divergências.

A complexidade desses empreendimentos decorre tanto da multiplicidade de disciplinas envolvidas quanto dos riscos técnicos, institucionais e sociais. Damayanti et al. (2021) enfatizam que megaprojetos exigem lideranças com competências técnicas, socioemocionais e adaptativas, dada a diversidade de stakeholders, as dinâmicas culturais e as mudanças tecnológicas e regulatórias que os afetam. Embora frequentemente associados a custos próximos de US$ 1 bilhão, esses valores variam conforme o contexto territorial e a capacidade transformativa da intervenção. A literatura observa ainda que estudos sobre megaprojetos têm se concentrado excessivamente em custos e riscos, relegando a análise dos stakeholders a segundo plano (Hu et al., 2015). Para elevar as taxas de sucesso, Flyvbjerg (2014) recomenda melhorias no planejamento inicial e avaliações mais realistas de custos e benefícios, enquanto Qiu et al. (2019) propõem mecanismos de mitigação das complexidades institucionais, como coordenação hierárquica e arranjos flexíveis. Por fim, Kadan e Wium (2024) identificam riscos sociais — suborno, monopólio de suprimentos, má comunicação e falta de colaboração — reforçando que aspectos organizacionais são críticos para o gerenciamento eficaz desses projetos.

A análise comparada de diferentes megaprojetos urbanos e de transporte evidencia um conjunto recorrente de problemas associados sobretudo à falta de diálogo prévio com a população, à subestimação de variáveis locais (ambientais, sociais, arqueológicas e institucionais) e à má gestão técnica e financeira, resultando em conflitos, atrasos e perda de credibilidade pública. O caso do Aeroporto de Narita, no Japão, demonstra como a ausência de consulta aos agricultores levou à forte resistência social, a confrontos violentos e a décadas de atraso nas obras (HAYWARD, 2020; ANDREWS, 2014). Na Espanha, o projeto do Jardim do Rio Turia ilustra como decisões impostas sem participação resultaram em mobilização popular que alterou totalmente o empreendimento, revertendo uma rodovia planejada em um parque urbano (DURÀ, 2022). Nos Estados Unidos, o Big Dig, em Boston, revela que mesmo com mecanismos participativos formais, falhas de projeto, má gestão, acidentes e custos exponenciais — com compensações bilionárias — comprometeram a legitimidade da obra (MCFADDEN, 2019).

No Brasil, múltiplos megaprojetos reproduzem esses padrões: o Trem de Alta Velocidade (TAV) Rio–São Paulo fracassou diante da falta de aderência do setor

privado, prazos irrealistas e escândalos de corrupção (BIANCHIN, 2021; EFE, 2013); o Arco Metropolitano do Rio de Janeiro enfrentou riscos arqueológicos não previstos, problemas de manutenção, suspeitas de superfaturamento e frágil integração com o ordenamento territorial, culminando em impactos socioambientais significativos (DER-RJ, 2007; CAMPOS; SILVA, 2019); o Rodoanel Mário Covas apresentou conflitos ambientais, suspeitas de sobrepreço e participação pública insuficiente, o que demandou forte atuação do Ministério Público e mobilização social (CONSÓRCIO JCP-PRIME, 2010; FRANCO; ALMEIDA, 2024); e a Via Mangue, no Recife, concentrou críticas devido ao traçado em área de manguezais, reassentamentos precários, valorização imobiliária seletiva e insegurança pós-implantação (ANDRADE; PEREIRA, 2014).

Em síntese, os casos mostram que decisões tecnocráticas, não informadas por participação qualificada e por estudos aprofundados de viabilidade e de impactos socioambientais, tendem a produzir obras mais caras, mais lentas e socialmente conflituosas, reforçando a importância de processos de planejamento transparentes, participativos e sensíveis às especificidades territoriais. Nesse contexto, a participação social emerge não apenas como requisito procedimental, mas como instrumento de redistribuição de poder e inclusão democrática no processo decisório. Conforme Arnstein (1969), ela representa o meio pelo qual cidadãos tradicionalmente excluídos passam a influenciar de forma efetiva as decisões sobre políticas, recursos e benefícios públicos. Entretanto, apesar do reconhecimento de sua relevância, observam-se limitações persistentes, como a tendência de reduzir o debate público para acelerar a aprovação e execução de obras, o que frequentemente resulta em conflitos e ineficiências futuras (Di Maddaloni e Sabini, 2022).

A literatura evidencia que a participação social é elemento estruturante da democracia e condição para a legitimidade das decisões públicas, evoluindo das formas clássicas de deliberação para mecanismos representativos e, mais recentemente, para formatos híbridos apoiados em tecnologias digitais que ampliam a coordenação e o engajamento (Welp e Ordóñez, 2017). No campo das políticas públicas, participação significa intervir na formulação, implementação e avaliação de ações estatais — definidas como o que o governo decide fazer ou não fazer (Dye, 1984; Lasswell apud Souza, 2006) — e constitui uma resposta aos conflitos inerentes às relações entre Estado, sociedade e economia (Rua, 2011; Souza, 2012). A redemocratização brasileira impulsionou a multiplicação de mecanismos participativos, como conselhos, orçamento participativo e consultas públicas, embora tais instrumentos ainda sofram com limites de representatividade, baixa transparência, ausência de devolutivas e uso simbólico para legitimar decisões previamente tomadas (Font et al., 2014).

Estudos sobre participação em projetos de transporte mostram problemas recorrentes: participação meramente formal e pouco integrada ao processo decisório (Bickerstaff et al., 2020), comunicação deficiente e pouca abertura à revisão técnica (Aldret, 2018), avaliações tecnocráticas que desconsideram conflitos sociais e impactos locais (He et al., 2016), dificuldades de representação e influência na agenda (McAndrews e Marcus, 2015) e a necessidade de adaptação cultural e clareza de responsabilidades para evitar mensagens contraditórias (Schwartz et al., 2003). Para enfrentar tais desafios, diversos autores propõem marcos teóricos e metodológicos que enfatizam definição clara de problemas, escuta qualificada dos atores, documentação das contribuições sociais,

desenho de alternativas revisáveis e processos iterativos de decisão (Grossardt et al., 2002). Tecnologias digitais surgem como aliadas para ampliar acesso, compreensão e influência social — incluindo GIS participativo, VGI, análise textual e de sentimentos e fóruns online — embora também demandem atenção às desigualdades de acesso (Giuffrida et al., 2019; Liu, Teng e Gong, 2020; Aravena, Cerda e Del Valle, 2019; Martin et al., 2014; Sheller, 2004).

O presente artigo analisa os processos de participação social nas discussões sobre o Arco Metropolitano do Recife, fundamentais para assegurar a qualidade de vida urbana, mas que também têm revelado conflitos relacionados aos impactos ambientais decorrentes de sua proposta.

2. O ARCO METROPOLITANO DO RECIFE

O Arco Metropolitano do Recife é um megaprojeto viário concebido para aliviar o grave congestionamento da BR-101, cuja urbanização crescente na Região Metropolitana reduziu drasticamente a velocidade operacional, elevou acidentes e gerou prejuízos logísticos, especialmente para o escoamento de cargas do Porto de Suape. A proposta consiste em criar um corredor rodoviário alternativo conectando as BRs 101, 408 e 232, permitindo o desvio do tráfego pesado e beneficiando também usuários particulares e o transporte intermunicipal. Embora tecnicamente planejado desde os anos 1990, o projeto enfrenta dificuldades financeiras, institucionais e políticas, além de desafios na escolha de seu modelo de contratação — seja obra pública tradicional, concessão ou PPP.

O maior foco de conflito concentra-se no trecho norte, cuja travessia está prevista dentro da APA Aldeia-Beberibe, área sensível do ponto de vista ambiental e social. Moradores e ambientalistas defendem um traçado alternativo que contorne a unidade de conservação, porém, isso acarretaria aumento significativo do percurso, maiores custos, menor atratividade econômica e risco de inviabilização da concessão. Ao mesmo tempo, soluções mitigadoras — como viadutos, túneis e passagens de fauna — elevam custos e complexidade técnica. Essa tensão expõe o dilema entre viabilidade ambiental, econômica e logística, ao qual se soma a ocupação já existente na APA, que inclui condomínios, atividades agrícolas, equipamentos militares e moradias de baixa renda.

Diversos estudos técnicos e avaliações de órgãos de controle apontaram fragilidades no processo, como ausência de informações claras, falhas na transparência, deficiências nos estudos de viabilidade e falta de avaliação de alternativas modais. A licitação de parte do projeto chegou a ser suspensa pelo TCE-PE, embora o trecho sul — menos problemático ambientalmente — já tenha sido contratado. A análise dos impactos logísticos, financeiros e ambientais indica que longos acréscimos de percurso podem comprometer o interesse privado e a viabilidade tarifária, enquanto qualquer intervenção na APA exige soluções técnicas mais custosas e rigorosamente justificadas.

Somam-se a isso falhas participativas: a população relata baixa divulgação, pouca oportunidade de opinar sobre o traçado e ausência de canais eficazes de consulta,

situação similar à de outros megaprojetos que resultaram em atrasos, retrabalhos e sobrecustos.

Nesse contexto, o caso do Arco evidencia a necessidade urgente de uma governança mais transparente, estudos mais robustos e processos participativos capazes de integrar, desde o início, moradores, setores produtivos, ambientalistas e instituições públicas. Somente um diálogo estruturado, associado a análises técnicas consistentes e clareza sobre custos e riscos, pode evitar a repetição de erros históricos e definir a viabilidade real da intervenção.

3. METODOLOGIA

A metodologia adotada estruturou-se em quatro grandes etapas complementares. Inicialmente, realizou-se uma análise da literatura especializada utilizando uma SWOT modificada, apoiada em técnicas de *text mining* com o software Orange Canvas para identificar, de forma sistemática, os principais fatores internos (forças e fraquezas) e externos (oportunidades e ameaças) que influenciam a participação pública em megaprojetos. Essa etapa permitiu mapear palavras-chave recorrentes e orientar a seleção dos elementos críticos a serem aprofundados nas fases seguintes.

Em seguida, foi elaborado um diagrama de Ishikawa, incorporando os 6M (método, mão de obra, máquina, material, meio ambiente e medição), para identificar as causas raiz dos principais problemas da participação pública. Essa ferramenta possibilitou organizar de forma lógica e visual os fatores identificados pela SWOT, destacando como questões de informação, capacitação, engajamento, condições institucionais e governança se articulam na geração das dificuldades observadas no processo participativo.

A terceira etapa consistiu na avaliação quantitativa dos fatores por meio de um questionário aplicado a diferentes grupos de atores, utilizando dois métodos multicritério: MACBETH, que transforma julgamentos qualitativos em escalas numéricas, e SMARTER, método simplificado que permite obter pesos relativos a partir da ordenação dos critérios. Essa combinação possibilitou captar percepções subjetivas de maneira estruturada, comparar prioridades entre grupos e hierarquizar os fatores de maior relevância para um processo participativo eficaz.

Por fim, com base no diagnóstico consolidado, foram formuladas ações estruturadas pelo método 5W2H, definindo o que deve ser feito, por quem, quando, onde, por quê, como e com quais recursos. Essa etapa viabilizou a transformação dos resultados analíticos em recomendações operacionais claras, compondo um plano de ação aplicável ao contexto do Arco Metropolitano e replicável em outros megaprojetos de infraestrutura.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da análise SWOT, foram extraídos dez critérios essenciais para avaliar a qualidade dos processos participativos, com destaque para a troca de informações, a garantia de representatividade e engajamento, e a adaptação dos métodos à realidade

local. Para assegurar uma análise completa do problema, esses fatores foram validados e categorizados segundo a estrutura 6M do diagrama de Ishikawa. Essa base conceitual permitiu a criação de um questionário estruturado para a ponderação quantitativa dos critérios por meio das metodologias multicritério Macbeth e SMARTER.

A análise SWOT dos processos participativos revelou que as principais forças estão na circulação eficiente de informações, na capacitação da população e no uso de tecnologias (como GIS, redes sociais e análise de dados), que fortalecem a transparência, o engajamento e a qualidade das decisões. As fraquezas mais recorrentes incluem desequilíbrio entre atores, falta de mediação, comunicação inadequada, processos engessados, deficiências na capacitação técnica e limitações financeiras, fatores que frequentemente levam a decisões *top down* e à perda de legitimidade. Entre as oportunidades, destacam-se a criação de uma cultura de participação contínua, o aprimoramento de processos e políticas por meio de monitoramento, a integração com organizações locais e o uso ampliado de ferramentas tecnológicas, além de possíveis avanços legais que reforcem a participação. Como ameaças, a literatura aponta a baixa representatividade, a captura por stakeholders mais poderosos, contextos políticos adversos, ausência de diretrizes legais claras e carência de divulgação e financiamento, que podem enfraquecer o processo e reduzir sua credibilidade.

O diagrama de Ishikawa sintetiza que o efeito central é a *baixa eficácia dos processos de participação pública*, resultante de diversas causas estruturais. No eixo de materiais, aparecem falhas na obtenção, transmissão e compreensão das informações, incluindo definição pouco clara do problema e comunicação inacessível, o que impede decisões conscientes pela população. Em mão de obra, destacam-se a insuficiente capacitação de técnicos para mediar e comunicar, a baixa capacidade da população para interpretar dados e a fragilidade de lideranças locais, fatores que reduzem a qualidade do diálogo. No âmbito do meio ambiente, processos engessados, inadequados ao contexto social e cultural, com horários, formatos e locais pouco inclusivos, além da falta de continuidade ao longo do ciclo do projeto, comprometem a representatividade e a legitimidade das discussões. Relacionada à medição, a ausência de monitoramento, indicadores e avaliação dos resultados impede ajustes e reduz a credibilidade das decisões. Quanto à máquina, o uso limitado de tecnologias e ferramentas digitais dificulta a ampliação da participação e a visualização das informações. Por fim, no domínio do método, pesam a fragilidade do arcabouço legal, a condução de processos apenas para cumprir exigências, a falta de abertura dos tomadores de decisão, interferências políticas, captura por stakeholders mais influentes e insuficiência de financiamento, fatores que favorecem decisões top down e minam a confiança dos atores. Esses elementos combinados explicam as causas fundamentais da ineficácia participativa identificada pela análise.

A análise das entrevistas via MACBETH mostrou que a capacitação de técnicos e da população é o fator mais decisivo para uma participação pública eficaz, superando a importância de recursos financeiros ou tecnológicos. Essa necessidade decorre da forte escassez de informações claras sobre o projeto, que prejudica o debate qualificado e alimenta a desconfiança sobre possíveis capturas por interesses econômicos ou pelo próprio poder público. Também foram priorizadas a representatividade e a atuação de organizações civis, enquanto o ambiente externo — especialmente o contexto político

e o arcabouço legal — foi identificado como determinante para a governança e o monitoramento do processo participativo.

A aplicação do método SMARTER junto à população residente nos municípios diretamente afetados pelo traçado do Arco Metropolitano permitiu identificar, de forma simples e acessível, a ordenação das prioridades percebidas pelos usuários reais do território. Por meio de um questionário oral aplicado em terminais integrados de transporte, os participantes classificaram fatores essenciais para um processo participativo eficaz, gerando pesos posteriormente normalizados segundo a metodologia.

De modo geral, os resultados dos quatro municípios revelam um padrão consistente: governança é o aspecto mais valorizado, especialmente a necessidade de que o poder público conduza estudos técnicos sólidos, organize o processo participativo e mantenha abertura real para receber ideias. Em seguida, ganha destaque o monitoramento, com ênfase no acompanhamento da execução da obra para garantir que o acordado seja cumprido. Entre os elementos do processo participativo, sobressaem a capacitação da população e dos técnicos, entendida como condição para que a comunidade compreenda o projeto, formule contribuições qualificadas e acompanhe sua implementação.

A representatividade da população afetada aparece de forma recorrente como fator-chave, reforçando a necessidade de ouvir quem vive diretamente o problema. No campo dos aspectos externos, a população demonstra preocupação moderada com recursos financeiros e legislação, priorizando normas claras que assegurem processos consistentes e decisões bem estruturadas. Ao final, na análise conjunta, os fatores mais relevantes para a população são: monitoramento da execução da obra, estudos do projeto, abertura para recebimento de ideias, monitoramento da participação e representatividade da população afetada.

Comparando-se esses achados com os resultados técnicos do método MACBETH, observa-se convergência em torno da importância de estudos sólidos, abertura decisória e monitoramento; porém, a população atribui menor relevância ao ambiente político e aos recursos da obra, ao passo que valoriza mais a participação das empresas privadas, a capacitação técnica e o monitoramento da participação. Essa complementaridade amplia a compreensão sobre como estruturar um processo participativo mais eficaz, destacando a contribuição inovadora da inclusão do público usuário na avaliação.

O estudo aponta ainda a necessidade de um framework de engajamento social que vá além da comunicação passiva, incorporando estratégias proativas como uso direcionado de mídias sociais e contato direto com comunidades, ampliando alcance, diversidade e legitimidade da participação.

Em termos de influência na discussão sobre o Arco Metropolitano do Recife, destacam-se, nesta ordem, a administração pública, as empresas, sobretudo as localizadas no complexo portuário de Suape, e os ambientalistas. A administração pública exerce maior influência por deter informações essenciais e definir diretrizes, enquanto empresas e órgãos rodoviários oficiais possuem capacidade de influência pela forte dependência de decisões logísticas e normativas. Os ambientalistas se mostram relevantes devido

às fragilidades ambientais do projeto e ao peso da pauta sustentável. Já empresas de engenharia, os órgãos rodoviários e Suape tendem a ser mais influenciados pelas determinações técnicas, legais e sociais, ao passo que os residentes da BR-101, embora afetados, têm influência limitada no processo decisório.

A elaboração do plano de ação utilizando o método 5W2H organiza medidas para aprimorar a participação pública em megaprojetos, com foco no caso do Arco Metropolitano. A análise evidencia que os principais problemas decorrem da baixa divulgação, do descrédito da população e da falta de clareza das informações, o que exige ações estruturadas de comunicação ativa — como uso intensivo de mídias sociais, ligação direta aos cidadãos e visitas técnicas —, aliadas à realização de escutas presenciais em horários acessíveis e em equipamentos públicos locais. Recomenda-se ainda a formulação de legislações municipais específicas, a capacitação contínua de técnicos e gestores, e a definição prévia de estudos, recursos, tecnologias e modelos de contratação para evitar incertezas e alinhar expectativas. Complementarmente, a criação de um comitê multissetorial garantiria mediação, fiscalização e tratamento de conflitos, fortalecendo a transparência e a credibilidade do processo.

Essas ações devem ocorrer prioritariamente nos municípios impactados, com participação coordenada de secretarias estaduais e municipais, órgãos como DNIT e DER-PE, universidades e entidades civis. O plano prevê execução em etapas articuladas: atualização imediata dos estudos, divulgação ativa das informações, realização das consultas públicas, consolidação dos resultados e monitoramento contínuo pelo comitê. A implementação envolve empresas especializadas em marketing, pesquisa e capacitação, além de equipes técnicas do poder público. Quanto aos custos, estes variam de acordo com o escopo, podendo envolver despesas relevantes com marketing digital, pesquisas de campo, workshops e manutenção de equipamentos urbanos — valores compatíveis com processos participativos amplos e tecnicamente qualificados.

5. CONCLUSÕES

O artigo demonstra que megaprojetos — como o Arco Metropolitano do Recife — frequentemente falham por falta de diálogo efetivo com a sociedade, resultando em baixa legitimidade, conflitos e desperdícios. A revisão histórica e técnica revela que, embora existam instrumentos participativos no Brasil, eles são pouco utilizados devido à escassa divulgação, falhas na escuta social, carência de retorno às contribuições e limitações legais e institucionais. A análise de casos nacionais e internacionais reforça que a ausência de participação gera resistências e decisões top down, enquanto processos inclusivos, baseados em estudos técnicos sólidos e transparência, favorecem soluções mais equilibradas e sustentáveis.

Os métodos aplicados — SWOT, Ishikawa, MACBETH e SMARTER — permitiram identificar e hierarquizar os fatores que mais influenciam a participação pública. Entre eles destacam-se a necessidade de maior abertura do poder público, capacitação de técnicos e da população, fornecimento de informações claras, fortalecimento da representatividade, criação de marcos legais robustos e garantia de monitoramento contínuo. A análise dos atores envolvidos evidenciou forte demanda por canais eficazes

de consulta, maior transparência sobre o andamento do projeto e necessidade de soluções mitigadoras construídas por equipes multidisciplinares.

Com base nesses achados, o artigo propõe um conjunto de diretrizes estruturadas via metodologia 5W2H, incluindo estratégias de comunicação ativa, uso combinado de tecnologias digitais e espaços públicos, contratação de equipes especializadas, definição clara dos estudos e recursos, criação de comitês permanentes, fiscalização independente e legislação municipal específica. Essas recomendações buscam garantir processos participativos mais qualificados e alinhados com as expectativas sociais, reduzindo incertezas e viabilizando decisões informadas sobre a continuidade do Arco.

A pesquisa atinge seus objetivos ao identificar os fatores críticos da participação, definir sua importância relativa e propor diretrizes. Ao incorporar a percepção direta da população afetada — algo raro na literatura — o estudo contribui metodologicamente e oferece caminhos replicáveis a outros contextos. Conclui-se que a participação social qualificada é essencial para a execução eficiente de megaprojetos e para a construção coletiva de soluções sustentáveis, ainda que futuras pesquisas possam ampliar a avaliação da efetividade das medidas aqui propostas.

REFERÊNCIAS

ABERS, R. N. Conflitos, mobilizações e participação institucionalizada: a relação entre a sociedade civil e a construção de grandes obras de infraestrutura. *In*: GOMIDE, A. A.; PEREIRA, A. K. *Governança da Política de Infraestrutura - Condicionantes institucionais ao investimento*. Rio de Janeiro: IPEA, 2018. p. 349-376.

ALDRET, A. De la participación acotada a la desinformación: Equilibrios difíciles en la postura en marcha de la línea 12 del Metro. From Limited Participation to Disinformation. Difficult Balances in the Execution of Metro Line 12 in Mexico City. *Gestión y Política Pública*. Volumen temático, p. 177-224, 2018.

ALTSHULER, A.; LUBEROFF, D. Mega-projects: the changing politics of urban public investment. Washington, D.C. / Cambridge: Brookings Institution Press/Lincoln Institute of Land Policy, 2003.

ANDRADE, L. R.; PEREIRA, M. C. B. Impactos socioambientais geradas pela via mangue (recife-pe) e análise das desigualdades socioespaciais. *Revista de geografia (UFPE)*. v. 31, n. 2, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229136/23536>. ARNSTEIN, S. R. A Ladder of Citizen Participation. *JAPA*. v. 35, n. 4, p. 216-224, 1969.

BELMONTE, J. A. T. e NERIA, B. L. La incidencia de la participación ciudadana en la eficiencia: El caso del Fondo de Infraestructura Social Municipal (fism) en Hidalgo. Gestión y Política Pública. vol. XXX, n. 1, p. 101-125, 2021.

BIANCHIN, V. Trem-bala brasileiro: as 5 razões para o fracasso do projeto. Automotive Business. Mobility Now. 22 mar. 2021. Disponível em: <https://automotivebusiness.com.br/pt/posts/mobility-now/trem-bala-brasileiro-as-5-razoes-para-o-fracasso-do-projeto/>. Acessoem: 17/04/2023.

BICKERSTAFF, K.; TOLLEY, R.; WALKER, G. Transport planning and participation: the rhetoric and realities of public involvement. *Journal of Transport Geography*. vol.10, p. 61-73, 2020.

DAMAYANTI, R.; HARTONO, B.; WIJAYA.; A. Complexity, Leadership, and Megaproject Performance: A Configuration Analysis. *Journal of Industrial Engineering and Management*. vol. 14, n. 03, 2021.

DI MADDALONI, F.; SABINI, L. Veryimportant, yetveryneglected: Where do local communities stand whenexamining social sustainability in major construction projects? *International Journal of Project Management*. vol. 40, p. 778-797, 2022.

DURÀ, R. A. El Jardín del Túria de València cumple 35 años con su conexión con l'Albufera en el aire. Falta por concluir el tramo final, el del Parque de Desembocadura, para el que se halanzadoun concurso de ideas, y resolver su conexión con l'Albufera a través de la ZAL La Vanguardia. Comunidad Valenciana. *Parque Urbano*. 07 jun. 2022.

FLYVBJERG, B. What You Should Know About Megaprojects and Why: An Overview. *Project Management Journal.* vol. 45, n. 2, p. 6-19, 2014.

FONT, J.; DELLA PORTA, D.; SINTOMER, Y. *Participatory Democracy in Southern Europe: Causes, Characteristics and Consequences*. Londres: Rowman & Little field International, 2014.

HAYWARD, J. The Sanrizuka Struggle: Why Farmland Exists in the Middle Of Tokyo Narita Airport. SimpleFlying. *Analysis*. 03 set. 2020. Disponível em: <https://simpleflying.com/sanrizuka-struggle/>.

GROSSARDT, T.; BAILEY, K.; BRUMM, J. Structured Public Involvement: Problems and Prospects for Improvement. *Transportation Research Record*. Vol. 1858, n. 03-2663, 2002.

HU, Y.; CHAN, A. P. C.; LE, Y.; JIN, R-Z. From Construction Megaproject Management to Complex Project Management: Bibliographic Analysis. *Journal of Management in Engineering*. vol. 31, n. 4, 2015.

KADAN, R.; WIUM, J. Fuzzy synthesis analysis of social network risk factors in supply chains of African megaprojects. *Built Environment Project and Asset Management*. vol. 15, n.1, p. 125-148, 2025.

LYNCH, B.; GELLERT, P. Mega-projects as displacements. *International Social Science Journal.* vol. 55, n.175, p. 15-25, 2003.

MCFADDEN, C. 7 Big Facts About the "Big Dig"- The "Big Dig" was the largest, and most expensive, highway project of its kind in the United States. Interesting Engineering. *Innovation*. 16 dez. 2019. Disponível em: <https://interestingengineering.com/innovation/7-big-facts-about-the-big-dig>.

WELP, Y. ORDÓÑEZ, V. La democracia directa a debate: procesos y mecanismos. *Recerca, Revista De Pensament I Anàlisi*. n. 21, p. 9-14, 2017

PARTICIPACIÓN CIUDADANA COMO VARIABLE NECESARIA EN LA PLANEACIÓN DEL TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

Edder Alexander Velandia Durán
Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.
evelandiad@unisalle.edu.co

Andrés Emiro Díez
Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.
andres.diez@upb.edu.co

RESUMEN

En la actualidad, las opciones técnicas de transporte público son múltiples y se implementan bajo consideraciones políticas, financieras, urbanas y operacionales. En esta línea, es claro que el beneficiario del transporte público son las personas, sin embargo, la participación ciudadana en los procesos de planeación, diseño e implementación de las opciones de transporte público suele limitarse. Bajo un enfoque constructivista, la participación ciudadana se considera relevante para facilitar los procesos de estructuración de los proyectos y garantizar su éxito con la puesta en marcha. Para ello, la gobernanza se considera clave y sus conceptos toman mayor preeminencia donde se requieren aprobaciones por parte de las comunidades o cuando existen intervenciones urbanas y apuestas por el cambio en los hábitos de desplazamiento de las personas. Las experiencias europeas señalan su uso, y en el caso colombiano, Bogotá y Medellín han liderado algunos procesos de gobernanza y participación en la construcción de proyectos de transporte público. En Bogotá, la reciente estructuración del corredor verde sobre la carrera 7 convocó a la ciudadanía en sus fases de conceptualización y estructuración. En el caso de San Andrés, un proyecto al nivel de factibilidad, consideró la participación de actores como parte del proceso de estructuración del transporte público eléctrico para la isla. En los procesos donde se consideró este tipo de enfoque alternativos se logró una mayor aceptación y apropiación por parte de las comunidades directa e indirectamente beneficiadas, valor fundamental en la sostenibilidad de los sistemas de transporte.

1. INTRODUCCIÓN

Los enfoques tradicionales que han permitido la estructuración de proyectos de transporte público urbano/regional de pasajeros en diferentes ciudades han empleado abordajes desde una concepción de "pensamiento duro de sistemas". Esto significa que la estructuración de un proyecto de transporte público está acotada a conceptos técnicos/financieros y las labores son asignadas a un equipo interdisciplinar conformado por profesionales expertos que generan un producto a ser implementado por una autoridad territorial o ente gestor de transporte. Los productos generados se desarrollan bajo apuestas desde la ingeniería, la economía y el derecho, sumando algunos elementos complementarios desde las áreas ambientales y sociales.

Sobre el particular, instituciones de cooperación internacional, organismos de financiamiento y académicos han generado guías y documentos de referencia que establecen los pasos a seguir en la estructuración de proyectos de transporte público, incluyendo estrategias para la incorporación de nuevas tecnologías vehiculares (Velandia, 2025). Este material construido desde y hacia Latinoamérica se convierte en referencia para consultores en fases de estudios y diseños, gobiernos nacionales y locales, transportadores y entes gestores.

En Colombia, el Departamento Nacional de Planeación DNP ha generado algunas referencias adicionales para la estructuración de este tipo de proyectos, los cuales, complementan la base metodológica existente. Sobre el particular, este tipo de referencias han madurado con el desarrollo de diferentes proyectos durante casi tres décadas, los cuales, han permitido la implementación de sistemas de transporte público urbano/regional organizados en cerca de diez ciudades. Bajo esta fundamentación, los abordajes y metodologías mencionadas son aceptadas por las partes intervinientes en las diversas etapas e incluso son requeridas por parte de los organismos financiadores. En consecuencia, se ha normalizado su uso en los diferentes proyectos y en diferentes escalas de acuerdo con el tamaño de las ciudades, las demandas de viajes y el tipo de solución de transporte considerado.

En esta línea, el gobierno nacional expidió diferentes documentos de política pública, siendo destacados el CONPES 3167 de 2002: Política para mejorar el servicio de transporte público urbano de pasajeros; CONPES 3260 de 2003: Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo; CONPES 3368 de 2005: Política Nacional de Transporte Urbano y Masivo; CONPES 3991 de 2020: Política nacional de movilidad urbana y regional. En la actualidad, el gobierno colombiano considera que la oferta de sistemas de transporte masivo modernos y ambientalmente responsables propicia mejores condiciones de calidad de vida para los ciudadanos. Para ello, se definieron conceptualmente los Sistemas de Transporte Público Masivo (STPM), Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM), Sistemas Estratégicos de Transporte Público (SETP) y Sistemas Integrados de Transporte Regional (SITR). En general, la política buscó la regularización del servicio público desde un gestor, la reducción de las emisiones contaminantes, garantizar indicadores de servicio y mejorar la movilidad urbana (Velandia, 2025).

Tradicionalmente, este tipo de guías y normas señalan que el ciudadano es el receptor final de los proyectos; en consecuencia, el ciudadano es participe en las

fases preliminares al ser consultado frente a motivaciones de los viajes, frecuencias y preferencias, definición de sitios de origen y destino, disponibilidad a pagar por un servicio y costos asociados a los desplazamientos. Como se indica, los aportes de la ciudadanía son insumos base para planeación técnica de los proyectos, sin embargo, no necesariamente participan de manera activa en las diferentes etapas de estudios y construcción de los sistemas de transporte público urbano.

Como se observa, la metodología, teorías, conceptos y marco normativo están plenamente establecidos y aceptados por los profesionales responsables de los proyectos. Sin embargo, la hipótesis de este trabajo considera que no incluir a los ciudadanos de manera relevante en los procesos mencionados puede representar riesgos en términos de menores demandas de pasajeros, afectación a la imagen de los líderes gubernamentales locales, rechazo político a las iniciativas, demandas jurídicas a los proyectos, resistencia al pago de impuestos adicionales para el desarrollo de las obras y baja percepción de los sistemas. En consecuencia, se propone que el abordaje en los proyectos de transporte público incluya nuevos elementos desde un enfoque constructivista resaltando la participación de los diferentes actores involucrados.

Este planteamiento emerge de la experiencia de los investigadores y señala que el abordaje tradicional expuesto no es conveniente y plantea "suavizar el enfoque", introduciendo la gobernanza en la generación no de un producto, sino de una recomendación que permita implementar u optimizar el transporte público urbano/ regional con un enfoque desde el ciudadano y el territorio. En consecuencia, la participación ciudadana se fortalece, así como el relacionamiento entre los diferentes actores a diferentes niveles posiblemente reduciendo los riesgos anteriormente mencionados y aumentando el éxito de los proyectos.

2. ESTADO DEL ARTE

Entendiendo que el transporte es una necesidad innata a los seres humanos, considerado como un derecho en diferentes marcos constitucionales al nivel internacional, y que las particularidades territoriales y asociadas a los ciudadanos son variables en cada contexto, toma relevancia considerar al ciudadano no solo como receptor, sino también como actor relevante en las discusiones, generador de información clave, y aliado en los estudios, diseños, estructuración y construcción de los proyectos de transporte.

Frente al transporte público, esta opción se considera estratégica en la construcción de ciudades sostenibles (Quintero, 2017; Koepff, 2015). Sus bondades en términos energéticos, ocupación de espacio público, asequibilidad, accesibilidad, conectividad, integración social e incluso velocidad los convierte en alternativas de desplazamiento deseable frente a otras alternativas motorizadas como el vehículo particular y motocicletas. En los enfoques tradicionales para transporte público se contempla un acercamiento a los usuarios mediante encuestas de origen/destino, encuestas de preferencias declaradas, grupos focales y talleres de socialización.

Este trabajo busca reforzar la necesidad de ampliar el enfoque tradicional, adicionando la gobernanza, mecanismo que incluye participación y co-construcción en los

proyectos de transporte público. Se reconoce que desde la ingeniería no son apuestas comunes, pero reconociendo el enfoque social de los proyectos de transporte se considera la importancia de reconsiderar el enfoque. Zlachevsky (2022) y Sutz (2019) han cuestionado las prácticas tradicionales de enseñanza y aplicación de las prácticas de la ingeniería desde los aportes de la antropología social y la perspectiva de género. Los autores señalaron que en los proyectos sociales se ponen en tensión algunos paradigmas disciplinares, siendo evidente la necesidad de aportar al debate sobre el rol de la ingeniería en la sociedad y la cuestión de encontrar otras formas de diseñar e implementar soluciones a los diferentes contextos.

Al respecto, Piya (2021) estudió las apuestas de las ciudades de Helsinki, Singapur y Londres orientadas a las ciudades inteligentes. El estudio señaló diferencias en el involucramiento de los ciudadanos en la creación de la visión de la ciudad inteligente, siendo Helsinki una ciudad en donde se evidencia una construcción de "abajo hacia arriba"; en contraste, Londres y Singapur evidenciaron una construcción de "arriba hacia abajo" con una baja participación ciudadana. Donde existen relaciones, comunicación y participación entre actores dentro de un sistema se puede establecer la gobernanza. El concepto no es nuevo y se ha enriquecido en los últimos años sin un consenso unificado al respecto.

Como lo señala Parejo (2013), la gobernanza tiene los siguientes principios: participación ciudadana, responsabilidad, rendición de cuentas, transparencia, equidad, inclusión, defensa de derechos, eficacia y coherencia. Aunque se entiende que la gobernanza implica una colaboración equitativa, estable y tripartita entre el Estado, el sector privado y la sociedad civil, los actores y sus responsabilidades varían en función de la problemática abordada y las estrategias que se contemplen para su resolución, en el quehacer urbano (Gargantini et.al, 2017). De acuerdo con Whittingham (2010), la gobernanza ofrece la oportunidad para repensar las realidades y tomar decisiones acerca de la construcción de sociedades modernas y sostenibles, con igualdad, inclusión, libertad y democráticas.

Tal como se mostró, ni el gobierno tiene todas las capacidades para gestionar procesos y/o movilizar a todos los actores en un contexto para la transición energética del transporte público a la electromovilidad; así como los actores tienen independencia y autonomía suficiente llegando a resistirse a las líneas definidas por un gobierno contrarias o no beneficiosas para sus intereses. Asimismo, Zhang (2018) concluyó que la mayor parte de las investigaciones se han dedicado a las cuestiones de quién gobierna y, en menor medida, a qué se gobierna, sin dedicar suficiente atención a las cuestiones de cómo se gobierna y con qué propósito. Sin embargo, hoy se considera que la gobernanza no es buena ni mala a priori, ni tampoco es una responsabilidad exclusiva del gobierno, aunque su desempeño puede ser considerado en la evaluación de este concepto. Esta argumentación soporta la posibilidad para que la gobernanza pueda aplicarse para solucionar conflictos sociales y a su vez para encarrilar la cooperación al desarrollo colectivo y común.

Con respecto a la gobernanza en Latinoamérica, Miranda (2016) manifestó que es difícil alcanzar procesos maduros de este tipo debido a tres factores: la inestabilidad política y democrática de algunos países; la alta dependencia que tienen los ciudadanos

del Estado y sus subsidios; y la tendencia de los gobiernos a imitar procedimientos exitosos en otros contextos sin considerar las realidades locales de forma integral (aspectos sociales, económicos, espaciales y ambientales). Por su parte, Guerra (2021), expresó que en la implementación del sistema integrado de transportes de Arequipa se encontró la inexistencia de un modelo de gobernanza municipal con enfoque a la movilidad sostenible, ni se ha empoderado a los actores involucrados. Como resultado, la falta de confianza y credibilidad genera conflictos y el debate se concentra en aspectos técnicos.

Un estudio de caso en México DF consideró que identificar las debilidades de la estructura de gobernanza permite mejorar la planeación y gestión. El estudio identificó la expansión y poder político adquirido por el transporte concesionado, el cual requiere reordenarse. Los problemas de cobertura y calidad, además de las dificultades de tipo financiero, tendrían mejor respuesta en un esquema integrado, con la participación de la sociedad civil. Los incentivos para la cooperación requieren sortear las asimetrías de poder y la discrecionalidad política (Trejo, 2020). En otro caso mexicano, se estableció la inexistencia de mecanismos de participación ciudadana para la formulación de políticas públicas y una barrera invisible entre la ciudadanía y el gobierno que no les permite comunicarse en la ciudad de Puebla. En esta línea, Velarde (2016) es tarea de la sociedad civil y en especial de la academia, el exigir mayor apertura por parte de los gobiernos, solo de esta manera la corrupción será minimizada, y las decisiones que se tomen tendrán en cuenta la opinión de minorías y expertos.

En esta línea, Jaimurzina et al (2017), evidenció que en los últimos años los investigadores cada vez han dedicado más atención a la gobernanza en relación con una variedad de temas de transporte, desde la perspectiva modal o multimodal, y en relación con los objetivos de desarrollo generales (cambio climático, movilidad inteligente) o las dificultades relativas a la integración de políticas (transporte y uso del suelo). Aun así, tal como lo propone Docherty et al. (2018), el conocimiento sobre gobernanza y regulación de la movilidad inteligente es todavía muy limitado. Por tanto, se considera que es necesario comprender mejor los nuevos roles de actores y no está claro cómo la regulación puede contribuir mejor a crear una movilidad sostenible en países latinoamericanos donde esta transición representa afectaciones financieras a múltiples actores con una influencia en las políticas públicas.

Teóricamente, la gobernanza implica equilibrio y concesos, pero no supone que sea un proceso en el que los actores participan de manera igualitaria o simétrica. Se reconoce que la gobernanza se genera en un entorno dinámico, diferenciado y complejo, donde la coordinación jerárquica es difícil de lograr o sostener en el tiempo (Aguilar, 2006). Para Kemp (2016), las autoridades locales deberían invocar la participación de diversos actores bajo el marco de la planificación colaborativa y la gobernanza urbana que abogan por la participación y empática de múltiples partes interesadas en la toma de decisiones y la puesta en común de recursos hacia objetivos comunes. Esto requiere que las autoridades locales adopten un enfoque emprendedor, mediante el cual, se prioricen las alianzas mutuamente beneficiosas para proporcionar infraestructura y servicios urbanos como es el caso del transporte público.

3. CASOS DE ESTUDIO

Como experiencias previas de abordajes que incluyeron la participación ciudadana y la articulación de actores en la estructuración de proyectos de transporte público urbano con buses eléctricos en Colombia se identifican la apuesta por un transporte público eléctrico en las islas de San Andrés y Providencia (SAI), y el proyecto Corredor Verde sobre la Carrera Séptima en Bogotá.

La Carrera Séptima es una vía emblemática en el borde oriental de la ciudad que permite los desplazamientos de cientos de miles de personas durante las jornadas laborales. En este corredor se encuentran zonas comerciales, hoteleras, universitarias, institucionales y con alto valor patrimonial. En la actualidad, este corredor vial cuenta con una infraestructura vial con dos sentidos que permite el desarrollo de viajes en vehículos motorizados, buses y bicicletas. Por su relevancia y alta demanda de viajes diarios, la ciudad ha contemplado desarrollar un corredor de transporte público masivo de pasajeros desde finales del siglo XX. Para cumplir con este objetivo, la ciudad ha contratado diversos estudios que sirvieran de base para las etapas de contratación pública de infraestructura y concesiones de transporte.

En los últimos 25 años, periodo en el que se han desarrollado seis administraciones distritales democráticamente elegidas por los ciudadanos, se han desarrollado al menos seis diferentes estudios/diseños para una solución de transporte público de pasajeros. Este hecho demuestra los problemas de gobernabilidad, institucionalidad y consenso presente al momento de tomar decisiones sobre el corredor.

Entre las propuestas construidas por diferentes gobiernos distritales se encuentran carriles segregados para buses con integración liviana o robusta, carriles preferenciales, tranvías, carriles mixtos con operaciones duales y corredores verdes con buses eléctricos. Para finales del año 2024, la opción de un "corredor verde" había sido aprobada por el Distrito, sin embargo, los procesos de licitación para su construcción han encontrado resistencia jurídica y una decisión de suspensión de la actual administración por la ejecución de las obras del Metro Línea 1 sobre la Avenida Caracas. Para comienzos del año 2025, el proyecto hace parte del Plan de Ordenamiento Territorial vigente (Acuerdo 761 de 2020) y cuenta con aprobación fiscal por parte del Distrito para su ejecución.

Con relación al proyecto "corredor verde" se consideró una solución de transporte público basada en buses eléctricos que sirven un corredor de aproximadamente 22 kilómetros y que se pueden conectar de manera flexible con la red de transporte público de la ciudad. Asimismo, se planteó la eliminación del tráfico vehicular privado en un tramo del corredor próximo al centro de la ciudad, la ampliación de los senderos peatonales, la implementación de bici-carriles y la incorporación de áreas verdes. Como se indica, el proyecto aumentaba el espacio público y se fortalecía el transporte público sobre este corredor de la ciudad.

Buscando reducir la resistencia de las comunidades y vincular sus apreciaciones en la construcción de una solución de transporte público eléctrico sobre la Carrera Séptima, se convocó a la población, agremiaciones y la academia, para aportar ideas en la construcción conceptual del proyecto. Los mecanismos de participación incluyeron

encuestas directas a la población, foros/talleres abiertos, una herramienta digital (Streetmix) y talleres de diseño con participación de expertos. Se considera que la participación ciudadana fue histórica a través de un proceso de formación, deliberación y co-creación, que duró cerca de dos años. Según la SDM (2020), más de 25 mil personas participaron en las primeras etapas de los estudios/diseños del "corredor verde", 16 mil encuestados y 3215 personas aportaron con más de 5 mil ideas desde la herramienta digital. Entre los participantes se destacan miembros de minorías, personas con limitaciones a la movilidad, asociación de usuarios de transporte público, académicos, mujeres y comunidad LGTBQ+. Se consideró que las propuestas permitieron llegar a un diseño consensuado del corredor, el cual priorizó la movilidad incluyente y sostenible. Según IDU (2021), se sistematizaron más de 50.000 aportes e ideas de la ciudadanía, los cuales, se organizaron en cuatro ejes temáticos: Integración Ambiental; Movilidad; Sentido del Lugar; Implementación.

Es importante mencionar que Bogotá aprobó el Acuerdo 477 de 2023 que enmarca la Política Pública de Participación Incidente del Distrito Capital 2023 – 2034. Bajo este marco de acción de la Administración Distrital propende por el fortalecimiento de la democracia y la consolidación de una sociedad más justa, basada en la construcción colectiva de lo público. Esta política comprende seis niveles para la participación: información, consultas, co-creación, control, co-ejecución y decisión. Asimismo, la política se fundamenta en los siguientes principios: igualdad, coordinación, equidad, inclusión, corresponsabilidad, universalidad, incidencia, solidaridad, accesibilidad, progresividad, transparencia, territorialidad y gestión colaborativa.

De acuerdo con Novoa (2023), el reto surge cuando no hay claridad en los alcances de la participación y los escenarios para participar. Para este autor, es indispensable que los espacios participativos no se concentren en herramientas digitales, debido a que existen brechas digitales e interpretaciones a los asuntos desde los entrevistados. Además, señaló que, si bien la participación ciudadana se tuvo en cuenta en el proyecto, fue marginal en una ciudad con más de 7,5 millones de habitantes. Se valora la oportunidad de realizar diseños con enfoques diferenciales y reducir las desigualdades desde el transporte público.

En el caso de SAI, de acuerdo a la normativa colombiana, la "consulta previa" es un derecho fundamental que tienen los pueblos indígenas y afrocolombianos para participar en la toma de decisiones sobre proyectos gubernamentales y/o privados que puedan afectar directamente sus derechos colectivos, cultura y territorio. Este proceso gestionado desde el gobierno nacional se realiza antes de que se tomen decisiones públicas, garantizando la participación y libertades de una comunidad previamente informada. Con relación a las dificultades en la captura de la información y articulación con algunos actores se identificó una resistencia inicial de la comunidad civil a participar ante los pedidos de una firma consultora del continente. Asimismo, la cooperativa de transporte veía como amenaza a su negocio, el entregar información para estructurar una nueva propuesta de negocio que sustituye a las operaciones existentes en las islas. Otro problema en la fase de ejecución se asoció a debilidades institucionales y problemas de gobernabilidad, esto al reconocer que el gobernador de la época sería imputado por posibles cargos de corrupción. En menos de dos meses, dichas situaciones dieron lugar a replantear la estrategia para ejecutar el proyecto.

Se propuso flexibilizar la metodología y generar nuevas actividades que facilitaran la captura de la información, la identificación de necesidades y las condiciones deseables para un servicio de transporte para las comunidades.

Algunas de las medidas ejecutadas en el proyecto que no estaban inicialmente contempladas y que fueron activadas bajo las anteriores apreciaciones fueron la presencia directa de la consultora en la zona de estudio SAI; recopilación de información con apoyo de la comunidad y el gobierno local; articular el problema desde las necesidades y realidades locales; identificación lideres comunitarios; encuestas de percepciones sobre el transporte público deseable; talleres mensuales de participación con líderes de la comunidad raizal SAI; acercamiento a la empresa de transporte público en SAI; articulación entre el gobierno nacional, departamental y local; acercamiento de actores externos (fabricantes de vehículos y empresas de energía); talleres de socialización con actores gubernamentales. Dichas reuniones se lograron con el apoyo de los líderes relevantes de la comunidad civil y líderes políticos regionales. Cada mes eran convocadas reuniones con todos los actores para socializar la información y los avances, capturando en ellas nuevos aportes desde las comunidades y ajustando el modelo que se estaba construyendo.

Con la nueva estrategia participativa se logró vincular a la ciudadanía en la estructuración del proyecto, hecho que permitió complementar el abordaje tradicional en varios componentes y elementos del sistema de transporte público para las islas. Cuatro resultados fueron importantes de esta apuesta: tipologías de los buses; sistema de recaudo; condiciones operacionales; tarifa al usuario. La participación ciudadana se convirtió en una estrategia participativa que adaptó el producto a las necesidades del contexto y logró la aceptación de las comunidades.

La evidencia demuestra la importancia que tiene involucrar a los ciudadanos en la estructuración de los proyectos, reconociendo sus necesidades e intereses, la articulación de los diferentes actores y un diálogo entre lo público/privado permitiendo proyectos posiblemente más exitosos en sus fases operativos. La experiencia colaborativa en los casos SAI y Bogotá demuestran los resultados de este abordaje. Es así que se propone que la gobernanza sea un mecanismo para articular diversos actores, sus intereses y tensiones bajo un propósito común, la planeación de un transporte público urbano/regional sustentable.

4. CONCLUSIONES

La gobernanza no es un término nuevo en la política colombiana, siendo empleada en temas ambientales, sociales, culturales y en la política internacional. Sin embargo, la gobernanza no es explícita en la política de transporte vigente aun cuando son evidentes las acciones de articulación horizontal y vertical que se desarrollan en segmentos como el transporte público urbano/regional. Por su parte, se evidencia que siendo el transporte un tema con un fuerte análisis técnico donde confluyen abordajes desde el enfoque de "pensamiento duro de sistemas", se han dado orientaciones pragmáticas propias de la ingeniería que se alejan de conceptos sociales.

La participación ciudadana en la estructuración de proyectos de transporte público urbano/regional no es destacada en Colombia. Aunque se ha considerado en la fase de estructuración en el proyecto en SAI y Bogotá Carrera 7, el ciudadano no participa activamente en la estructuración, implementación u optimización del transporte público en los territorios. Por el contrario, se reconoce la fuerte influencia que tienen los transportadores en los territorios, en algunos casos, generando resistencia al cambio. La participación ciudadana desde usuarios u otros sectores sociales aumenta en ciudades como Bogotá y Medellín, pero se reduce con el tamaño de la población.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar L. (2006). Democracia, gobernabilidad y gobernanza. México.

Docherty I., Marsden G., Anable J. (2018). The governance of smart mobility. Transportation Research Part A: Policy and Practice. Volume 115; Pages 114-125. https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.09.012

Gargantini D., Peresini N. (2017). La disputa por la ciudad: el rol de los actores socia¬les en la gobernanza del suelo urbano en la ciudad de Córdoba (Argentina)". Cuaderno Urbano. Es¬pacio, Cultura, Sociedad, 23: 125-146. https://doi. org/10.30972/crn.23232691

Guerra J.C. (2021). Gobernanza para la implementación del Sistema Integrado de Transportes de Arequipa. Revista Visión Contable Universidad Autónoma Latinoamericana. http://dx.doi.org/https://doi.org/10.24142/rvc.n23a4

Instituto de Desarrollo Urbano IDU (2021). Presentación Corredor Verde Carrera Séptima. Bogotá, Colombia.

Jaimurzina A., Sánchez R.. (2017). Gobernanza de la infraestructura para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe: una apuesta inicial. Santiago de Chile. https://hdl.handle.net/11362/41859

Koepff J. (2015). Recomendaciones el transporte público en la gran área metropolitana de Costa Rica. Perspectivas. ISSN 2413-6603.

Novoa Callejas, C. (2023). Planificación de transporte, desigualdades en movilidad y derecho a la ciudad. Un análisis de la participación ciudadana en el caso del Corredor Verde por la Carrera Séptima. Universidad de los Andes. https://hdl.handle.net/1992/69212

Parejo L. (2005). La gobernanza europea. Universidad Nacional Autónoma de México - Instituto de Investigaciones Jurídicas.

Quintero J. (2017). Beneficios ambientales, sociales y económicos del tranvía y el tren ligero: valoración de las políticas públicas en Colombia. Revista Transporte y Territorio /17; pp. 203-228.

Secretaría Distrital de Movilidad SDM (2020). Corredor Verde Carrera Séptima. Recuperado de: https://www.movilidadbogota.gov.co/web/noticia/mas_de_25000_ciudadanos_han_participado_en_la_construccion_colectiva_del_corredor_verde_de

Sutz J. (2019). Ingeniería y preocupación social: hacia nuevas prácticas. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS, vol. 14, núm. 41, pp. 129-148, 2019. Universidad de la República, Uruguay.

Trejo A. (2020). La gobernanza del transporte público metropolitano en la Ciudad de México. Espacialidades. pp 60-79. DOI:10.24275/uam/cua/dcsh/esp/2020v10n1/Trejo

Velarde (2016). Gobernanza del transporte sustentable en tres metropolis americanas: Portland, Puebla y Santiago de Chile. Universidad Autónoma Metropolitana. México.

Velandia E.A. (2025). Gobernanza en la transición tecnológica del transporte público urbano hacia la electromovilidad en Colombia. Universidad de La Salle.

Whittingham M.V. (2011). ¿Qué es la gobernanza y para qué sirve?. Revista Análisis Internacional (Cesada a Partir de 2015), (2), 219–236. Recuperado de: https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/RAI/article/view/24

Zhang Q. (2018). Who governs and what is governed in port governance: A review study, Transport Policy, vol. 64; pp 51-60. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.01.019

Zlachevsky N. (2022). Repensando la ingeniería en proyectos sociales: contribuciones desde la antropología a partir de la experiencia en "ingeniería sin fronteras, Argentina". Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo. Vol. 22, pp. 27-36. https://doi.org/10.19053/1900771X.v22.n2.2022.15019

POLÍTICAS DE TRANSPORTE METROPOLITANO EN LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO EN LA ACTUALIDAD

Dr. Bernardo Navarro Benítez
Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Xochimilco. México
bnavarro@correo.xoc.uam.mx

RESUMEN

Desde la Reforma Política de la Ciudad de México acaecida a finales del siglo pasado, ésta se vio obligada a internalizar las políticas de transporte debido a la independencia político-administrativa alcanzada. Se trató de un gran cambio pues las grandes políticas de transporte y su infraestructura, vialidades, terminales intermodales y el STC- Metro, anteriores a dicha reforma, fueron concebidas, financiadas e implantadas por la federación.

Dentro de los gobiernos electos en la capital nacional, todos de izquierda desde finales del siglo pasado, se observa una cierta continuidad de las políticas de transporte, aunque no han sido homogéneas durante las distintas administraciones.

Las acciones engloban importantes cambios legales-institucionales, así como mecanismos de coordinación metropolitana, además de ampliación de la red de metro, de metrobus (BRT), de trolebús y de teleféricos, en materia de transporte público. Creación de segundos pisos de autopistas y de ciclopistas, en materia de infraestructura vial. Implantación de un sistema tarifario integrado mediante la tarjeta ciudad.

Sin embargo, continúa existiendo predominio de viajes en vehículos de baja capacidad, así como la imposibilidad de una auténtica coordinación de los 3 niveles de gobierno en materia de transporte y vialidad metropolitanas.

1. INTRODUCCIÓN

Para comprender las políticas de transporte Metropolitana de la Ciudad de México en la actualidad debemos partir de subrayar que históricamente esta ha sido la capital nacional, motivo por el cual durante largo tiempo y de distintas maneras dependió por razones políticas y estratégicas del gobierno nacional (federal). Por tal motivo los proyectos de transporte del Distrito Federal (DF), como se designaba a la Cd. de México durante largo tiempo, eran autorizados, definidos e incluso implantados y siempre financiados desde el gobierno federal. Esto provocó un fuerte contraste con las grandes metrópolis del resto de México que tenían que contender con su gobierno local para desarrollar sus políticas de transporte. Así durante la segunda mitad del siglo XX, el gobierno federal llegó a ser interlocutor obligado de los principales proyectos de transporte del DF y su metrópoli. También debemos tener presente para la comprensión actual de las políticas de transporte metropolitano en la Ciudad de México el antecedente de la Reforma Política de la Ciudad de México acaecida a finales del siglo pasado. (Ziccardi y B. Navarro, 1998)

A partir de esta Reforma la Ciudad de México se vio obligada a internalizar las políticas de transporte e incluso de aquellas metropolitanas que heredó del anterior régimen político, debido a la independencia político administrativa alcanzada por la Ciudad de México durante esa Reforma.

Esto significa que previa a la Reforma Política, las grandes políticas de transporte y su infraestructura, vialidades, terminales intermodales y sobretodo el STC- Metro, fueron concebidas, financiadas e implantadas por la federación, quien construía hasta 10 kilómetros de red de Metro por año.

Debido a la mencionada Reforma el gobierno central entregó a la Ciudad de México los organismos de transporte, incluido el STC-Metro, inclusive con una obra en proceso que penetraba en el vecino Estado de México. (Rodríguez y B. Navarro, 2001).

No está de más señalar el rol fundamental nuclear de la Ciudad de México en el conjunto de su metrópoli. El gran peso de sus políticas y acciones en el conjunto de su área metropolitana y de su población.

Políticas recientes de transporte en la Ciudad de México

Dentro de los gobiernos electos en la capital nacional, todos de izquierda desde finales del siglo pasado, observamos una cierta continuidad de las políticas de transporte que, sin embargo, no significa hayan sido homogéneas durante las distintas administraciones.

El primer gobernante de la transición, durante sólo tres años, en la Ciudad fue Cuauhtémoc Cárdenas quien realizó la labor de recuperar la desmantelada institucionalidad administrativa y legal del sector transportes de la capital. Actualizó la legislación en la materia que tenía casi medio siglo de retraso e inició la recuperación de los organismos públicos de transporte, así como de la secretaría (ministerio) rectora del propio sector. (Rodríguez y B. Navarro, 2001)

Andrés Manuel López Obrador, que le sucedió en el año 2000, tuvo más iniciativa y lanzó nuevas propuestas y políticas para fortalecer la conectividad urbana y el transporte colectivo capitalinos. Además, propuso y negocio con la federación y el gobierno del estado de México mecanismos de coordinación metropolitana (Fondo Metropolitano y Cometravi).

Marcelo Ebrad fue más proactivo y retomó la ampliación de la red del Metro y más que duplicó la red del BRT (Metrobús), además que sustituyó casi 100,000 taxis y materia de conectividad promovió el sistema de autopistas privado denominado Segundo Piso del Periférico Sur; impulsando también el recambio de microbuses por corredores de transporte público, organizados como empresas operando autobuses de última generación e implantó el primer corredor de transporte eléctrico fundamentado en trolebuses, que atravesó la urbe de sur a norte por el eje central. (Alterna, 2009).

Miguel Ángel Mancera, el procurador de justicia del gobierno de Ebrad, devenido en Jefe de Gobierno. Inicialmente tuvo el tino de continuar las políticas de transporte y vialidad de Ebrad: sustitución de microbuses, terminación de la supervía poniente y segundos pisos de vías rápidas. Pero posteriormente impulso acciones públicas de muy elevado costo y dudoso beneficio en la productividad y equidad del sistema de transporte público de la ciudad como lo fue, entre otras, las obras de recuperación de la avenida presidente Masaryck en Polanco, diluyendo la eficacia de otras políticas públicas por su falta de alcance y excesiva particularidad.

Panorama de los Viajes y Parque Vehicular de la Metrópoli

Partamos por exponer una perspectiva general del transporte metropolitano de la Ciudad de México por medio de la siguiente información.

Según la Encuesta Origen-Destino más reciente levantada en nuestra metrópoli indica que se realizan diariamente 34.5 millones de viajes motorizados[1]. Lo más relevante es que:

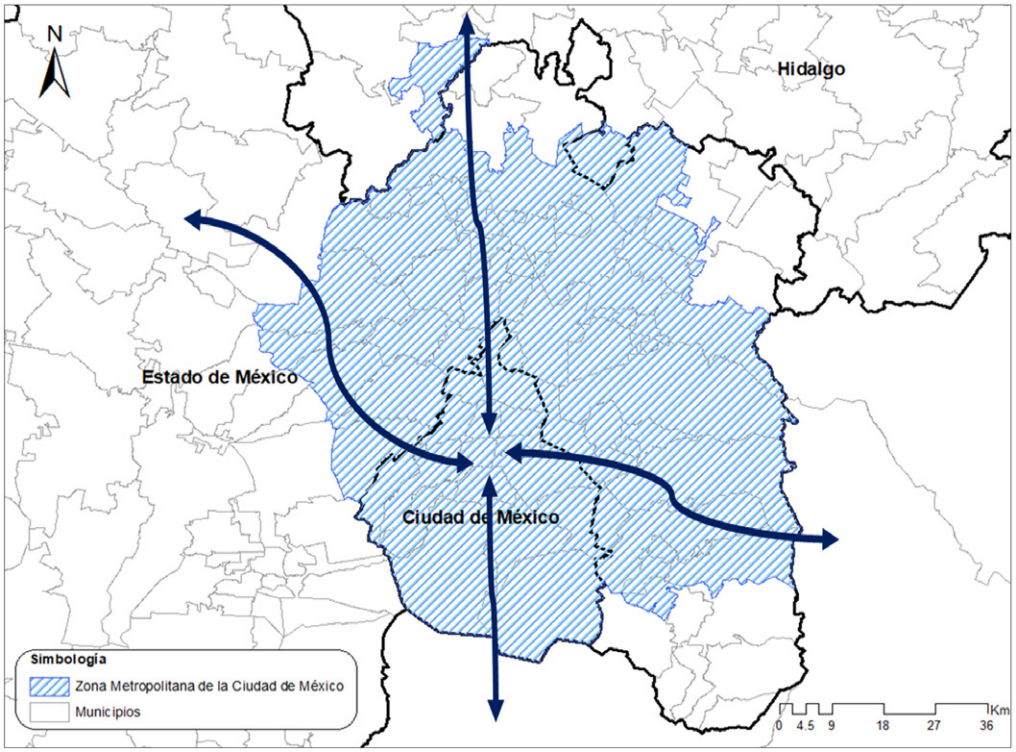
Casi dos terceras partes de éstos se efectúan en transporte público; tan sólo en "colectivos" (microbuses, vagonetas, etc.) se efectúan 11.5 millones de traslados.

Mientras que el transporte privado con la inmensa mayoría de la flota vehicular posibilita tan sólo 7.2 millones de viajes, equivalentes al 30.8 % del total de viajes de la metrópoli. Por tanto, el automóvil ocupa el primer lugar con un aplastante porcentaje del 90.6% de estos desplazamientos (INEGI, 2024).

Por lo que respecta a los desplazamientos de los dos componentes territoriales principales de la ZMCM, como se observa en el Mapa No. 1, se ha alcanzado en los años recientes un equilibrio. El destino de 17.3 millones de desplazamientos es hacia la Ciudad de México (CDMX) y 17.08 millones se dirigen a municipios conurbados de Estado de México y Tizayuca (INEGI). Estos últimos corresponde a viajes diarios de personas que viven en áreas suburbanas o municipios aledaños y realizan alguna actividad, como trabajar o estudiar, en la Ciudad de México.

1 (INEGI, 2017). Los siguientes datos fueron calculados en función de esta Encuesta.

Mapa No. 1

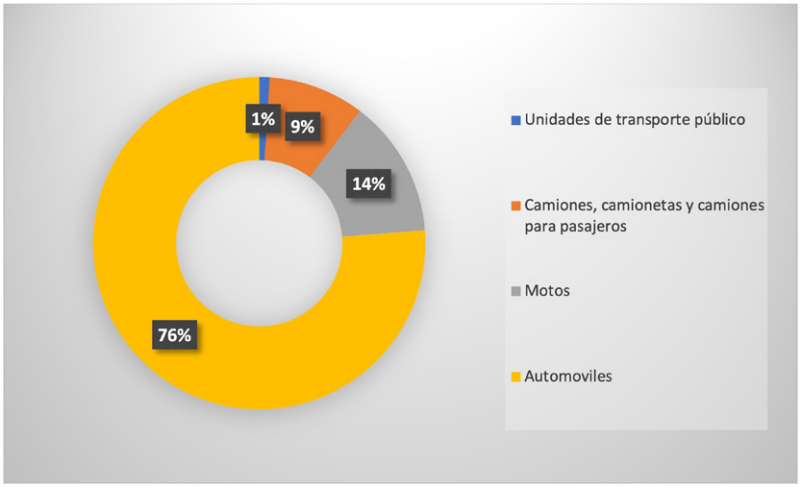


Fuente: Elaboración propia con base a CONAPO (2020). Metrópolis de México 2020. Datos Abiertos

Parque Vehicular en la ZMC

La distribución porcentual del parque vehicular en la metrópoli puede observarse en la Figura No. 1, a continuación.

Figura No. 1
Parque Vehicular ZMCM, 2024
%



Fuente: Elaboración propia con base a INEGI (2024). Vehículos de motor registrados en circulación.

Para el año 2024, en la metrópolis de la Ciudad de México había un total de 16,838,605 millones de vehículos según datos del INEGI (INEGI, 2024).

Aunque también los vehículos privados crecieron en tan sólo tres años la sorprendente cifra de casi 2 millones en la metrópoli, pasando de 14.9 millones en el año de 2021 a 16.6 millones en el de 2024 (INEGI 2024).

Lo más significativo es que la proporción de motocicletas dentro del parque vehicular creció explosivamente en más de la mitad en tan solo cuatro años, para representar en 2024 el 14% del parque vehicular (INEGI 2024). A este respecto es relevante señalar la mayor presencia absoluta y relativa del crecimiento de las motocicletas en la periferia metropolitana de la Ciudad de México.

Complementariamente debemos señalar el surgimiento de nuevas alternativas vehiculares en la metrópoli como las bici-motos eléctricas que han proliferado de manera explosiva y descontrolado en los últimos años.

Políticas de Transporte y Movilidad, 2018-2024

La gestión de Claudia Scheinbaum en la capital nacional, 2018-2024, combinó el mantenimiento de las políticas de movilidad "clásicas de la izquierda" en México y quizá en América Latina, como los BRT´s, los subsidios tarifarios, las obras de conectividad urbana en zonas no convencionales; a la vez que promovió nuevas políticas "originales" y distintivas como los teleféricos (cablebuses) para conectar las zonas altas de habitación popular con las redes de Metro y BRT´s.

Sin duda la pandemia del Covid-19 impactó profunda y ampliamente su periodo de gestión en muchos aspectos incluidas las políticas de movilidad, lo que coincidió en el tiempo con el trágico derrumbe de una "ballena" que sostenía un tramo elevado de la Línea 12 del Metro ubicado en la avenida Tlahuac al sur-oriente de la metrópoli.

Complementariamente una de sus políticas a lo largo de toda la gestión de Scheinbaum fue el énfasis de medidas de gestión del transporte público como lo fue la promoción del Sistema Tarifario Integrado de los medios públicos de transporte a través de la "Tarjeta Ciudad" y continuó la expansión y mantenimiento de las ciclopistas que ella había sido su promotora original desde la época del gobierno de AMLO.

Otra importante acción de la Jefa de Gobierno fue aprovechar la implantación del Tren Interurbano México-Toluca, iniciado desde la presidencia de Peña Nieto, agregándole la estación urbana Vasco de Quiroga en la zona de habitación popular de Álvaro Obregón, Ciudad de México. Para conectarlo con la estación Observatorio del STC-Metro que permitirá correspondencias inmediatas con dos líneas del tren metropolitano y sus más de 225 kilómetros de red; asimismo permite la interconexión con la Línea 3 del Cablebús, que a su vez posibilita correspondencia con la estación Constituyentes del Metro (López y B. Navarro, 2024).

Si bien el teleférico Mexibús fue implantado por primera vez en la metrópoli por el gobierno del estado de México en territorio del municipio de Ecatepec, el sello de moda

urbana de Scheinbaum fueron sus 3 rutas de cablebuses, en el norte, oriente y poniente de la capital. Este último en el poniente siguió otros patrones distintos a los 2 primeros que privilegiaban sólo el servicio a la población de menores ingresos, ya que esta nueva alternativa una vez terminada la última etapa del Tren Insurgente vinculará, como ya lo señalamos, la zona popular de Vasco de Quiroga, y complementariamente prestará servicios de traslado turístico sobre las nuevas y amplias áreas incorporadas por la Jefa de Gobierno al Bosque de Chapultepec, principal área verde y parque urbano de la metrópoli.

También en el ámbito del transporte público eléctrico este gobierno impulsó al sistema de trolebuses que estaba abandonado e implantó una nueva modalidad de trolebús elevado de gran impacto ubicado al oriente de la metrópoli en Iztapalapa.

Impulso al BRT por Claudia Scheinbaum

Curiosamente Claudia Scheinbaum fue la encargada de gestionar desde la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México el primer servicio de BRT de la metrópoli, en este sentido es posible que por su experiencia previa y conocimiento tuviera una proclividad por este medio de transporte. De aquí que desplegara un conjunto de acciones muy interesantes de promoción del BRT, conocido en la ciudad como Metrobús. Así en marzo del año 2021, Claudia Scheinbaum inauguró la ampliación de la Línea 3, con 5 estaciones adicionales. Posteriormente también extendió la Línea 4, entre finales de octubre de 2021 e inicios de 2022, denominándola ampliación "Metrobús Alameda Oriente - Circuito Interior".

En tanto la Línea 5 tuvo dos ampliaciones entre el segundo semestre del año 2020 e inicios del 2021, totalizando 33 estaciones para esta línea. (Wikipedia, "Metrobús de la Ciudad de México", 2024).

Este conjunto de ampliaciones brindó mayores capacidades y sentido al conjunto del Sistema al Metrobús, aumentó su eficiencia y capacidad de traslados, sin caer en la tentación de una nueva línea distintiva como lo fue la Línea 6 implantada sobre el Paseo de la Reforma.

Por ello las líneas 6 y 7 fueron propuestas e implantadas por Miguel Ángel Mancera, inaugurándolas dentro de su periodo de administración.

Evaluación de conjunto del transporte de la ZMCM

El transporte metropolitano ha acentuado su intensidad y relevancia, en el período reciente, no sólo a través de los modos tradicionales de transporte, autos, camionetas, VAN´s., Metro, motocicletas, y autobuses, sino también con alternativas no tradicionales, como lo son, en los extremos, los moto-taxis y bicitaxis que según la más reciente encuesta Origen-Destino, realizan más traslados que los efectuados por las Apps, Uber, Didi, etc, que han tenido un crecimiento explosivo en los años recientes. Y en el otro extremo tenemos la presencia de vehículos híbridos y eléctricos en el mercado automotriz que pasaron de ser una excepción, exclusiva para familias de la metrópoli de altos ingresos o de clase media alta, para constituirse en una alternativa accesible. (López y B. Navarro, 2024)

Por lo que respecta al transporte público entre lo más sobresaliente destaca:

El servicio Metrobús constituye un sistema que cuenta con 7 líneas, con un recorrido total de 154 kilómetros, y 35.7 millones de usuarios en 2024 (Lázaro, 2025).

En tanto el Mexibús tiende a constituirse en un sistema constituido por 4 líneas con un recorrido de total de 57.3 kilómetros, y 9.6 millones de usuarios (INEGI, 2025)

Los trolebuses mantienen su revitalización y crecimiento con las nuevas rutas en la Cd. México y la nueva de servicio a la zona de Chalco-Chimalhuacan al oriente en territorio del Estado de México.

Nuevas opciones de transporte eléctrico como lo son los ya mencionados: Trolebus elevado en Ermita-Iztapalapa, y confinado a Chalco. Los Cablebúses, el Mexicable y los trenes "El Insurgente", así como el Intraurbano al AIFA, que se ampliará para conectar a la ciudad de Pachuca, capital del vecino estado de Hidalgo.

Como Conclusión. Contradicciones fundamentales del transporte metropolitano

1° Predominio de las unidades de baja capacidad tanto en el transporte público como en el privado: autos, Vans, motocicletas, camionetas y ahora bicimotos; constituyen hasta 99% del parque vehicular total, según datos oficiales del INEGI 2024.

2° Preponderancia, en el transporte público, de los microbuses de baja capacidad, denominados como colectivos, en el traslado de la población metropolitana que realizan el 74.1% de los traslados del transporte colectivo con 80,448 unidades en toda la metrópoli (INEGI, 2024).

3° La existencia de dos realidades muy contrastantes en el transporte metropolitano. Por una parte, la Ciudad de México, con sus avances y defectos y otra en los municipios conurbados del Estado de México e Hidalgo en los que fundamentalmente prevalece un dominio y fuerza de los agentes transportistas que es prácticamente incontestado.

4° Imposibilidad de construir entre las tres entidades que constituyen la metrópoli una auténtica coordinación del transporte y la vialidad metropolitanas; cuya limitación histórica parecía estrellarse con intereses político partidarios encontrados, sin embargo, la actual concordancia del partido oficial en los tres niveles de gobierno debería facilitar esta coordinación que sin embargo no ha avanzado realmente dejando ver que las limitaciones y obstáculos a la coordinación de la movilidad e infraestructura vial no constituyen los limitantes fundamentales. (López y B. Navarro, 2024).

BIBLIOGRAFÍA

Alterna, SC-Gobierno de la Ciudad de México, Transporte y Movilidad Sustentable, México, 2009.

CONAPO (2020). Metrópolis de México 2020. Datos Abiertos

Fabricio S. (2014). Red Ferroviaria de México 2010, (INE). CentroGeo

Gobierno de la Ciudad de México (08 de agosto de 2024). Moviliza Cablebús Línea 2 a 69 millones de personas en tres años de operaciones. Portal Gobierno. Obtenido de https://gobierno.cdmx.gob.mx/noticias/moviliza-cablebus-linea-2-a-69-millones-de-personas-en-tres-anos-de-operaciones/

Héctor López y B. Navarro, "El transporte metropolitano" en Seminario de Economía Urbana y Regional, IIEc-UNAM, octubre de 2024, México.

INEGI (2017). Encuesta Origen-Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México (EOD).

INEGI (2024). Vehículos de motor registrados en circulación. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/continuas/transporte/vehiculos.asp?s=est&c=13158&proy=vmrc_vehiculos

Rodríguez López y Bernardo Navarro. El transporte de personas al final del milenio, México, 2001, Gobierno de la Ciudad de México-UNAM, 2001, México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (25 de enero de 2022). Proyectos de conectividad al AIFA a cargo de la SICT. Obtenido de https://www.gob.mx/sct/es/articulos/proyectos-de-conectividad-al-aifa-a-cargo-de-la-sict?idiom=es

Secretaría de Obras y Servicios. (s.f.). Tren El Insurgente. Recuperado el 04 de octubre de 2024, de https://www.obras.cdmx.gob.mx/proyectos/tren-interurbano-cdmx

SEDATU, INEGI & CONAPO. (2020). Metrópolis de México 2020. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/sedatu/MM2020_06022024.pdf

Vargas M. (13 de agosto de 2024). Trolebús Chalco: Fecha para llegar en 35 minutos de Edomex a CDMX. Excelsior. Obtenido de https://www.excelsior.com.mx/comunidad/trolebus-chalco-fecha-para-llegar-en-35-minutos-de-edomex-a-cdmx/1668157

Ziccardi y B. Navarro, Modalidades de Coordinación Metropolitana, PUEC-UNAM-UAM, 1998, México.

POLÍTICAS DE TRANSPORTE PÚBLICO EN SEIS CIUDADES LATINOAMERICANAS: UN ANÁLISIS COMPARATIVO PARA LA PLANIFICACIÓN METROPOLITANA

Celia Herrera
Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela. ceherrer@ucab.edu.ve

Jesús Uzcátegui
Ayuntamiento de León, Guanajuato, México. urbanocity2021@gmail.com

RESUMEN

En América Latina, el transporte público se enfrenta a retos significativos vinculados al crecimiento urbano, la desigualdad y la búsqueda de sostenibilidad, lo que ha impulsado a diversas ciudades a implementar planes de movilidad inspirados en experiencias internacionales pero adaptados a sus contextos. Este trabajo analiza comparativamente las políticas de transporte público de los planes de Monterrey, Colima y Mérida (México), Ciudad de Panamá, Gran Santo Domingo y Bogotá, identificando sus convergencias y oportunidades de transferencia y aprendizaje mutuo que pueden fortalecer la planificación metropolitana regional. La investigación abarca la revisión de documentos oficiales, literatura especializada e informes multilaterales, cuyas evidencias se organizaron en siete ejes estratégicos: integración multimodal, modernización tecnológica, gestión de rutas, cobertura, sostenibilidad ambiental, gobernanza institucional y participación ciudadana. Entre los hallazgos destaca la consolidación de tendencias regionales como la integración tarifaria y operativa, la renovación tecnológica con electrificación de flotas y uso de tecnologías inteligentes, así como la expansión del transporte masivo y los procesos participativos. Si bien los desafíos son específicos en cada ciudad, el análisis evidencia la existencia de estrategias replicables, particularmente en integración tarifaria, innovación tecnológica y gobernanza participativa, que ofrecen un marco útil para el diseño de políticas metropolitanas y aportan al debate sobre movilidad sostenible en Latinoamérica.

1. INTRODUCCIÓN

En el contexto urbano de América Latina, el transporte público enfrenta desafíos crecientes vinculados al acelerado crecimiento poblacional, la desigualdad territorial y la urgencia de avanzar hacia modelos de movilidad más sostenibles, eficientes y equitativos (Alburquerque et al., 2022; Estupiñán et al., 2018). La expansión desordenada de las ciudades, junto con una alta dependencia del vehículo privado, ha acentuado problemas estructurales como la congestión vial, la contaminación atmosférica y la inequidad en el acceso a oportunidades urbanas (Banco Interamericano de Desarrollo [BID] et al., s.f.; Sastre, s.f.). En respuesta, numerosas urbes de la región han impulsado la elaboración de Planes Integrales de Movilidad Urbana Sostenible (PIMUS/PMUS/PIMS), adaptando marcos internacionales y buenas prácticas a sus realidades socioterritoriales y aspirando a transformar sus sistemas de movilidad bajo criterios de eficiencia operativa, justicia social y resiliencia ambiental (World Economic Forum, 2023).

Este trabajo surge de la necesidad de comprender y analizar las políticas de transporte público formuladas en seis ciudades latinoamericanas —Monterrey, Mérida y Colima (México), Gran Santo Domingo (República Dominicana), Ciudad de Panamá (Panamá) y Bogotá (Colombia)— a fin de identificar convergencias, particularidades y potenciales transferencias de experiencia para fortalecer la planificación metropolitana en contextos similares (Transconsult, S.A. de C.V., 2019a; Instituto Municipal de Planeación de Mérida [IMPLAN], 2019; Gobierno del Estado de Colima, 2020; SYSTRA, 2019; Cal y Mayor y Asociados y IBI Group, 2015). El análisis comparativo se apoya en una revisión de planes y documentos oficiales, literatura académica e informes multilaterales, organizando la evidencia en torno a ejes estratégicos como la integración multimodal, la modernización tecnológica, la gestión y cobertura de rutas, la sostenibilidad ambiental, la gobernanza institucional y la participación ciudadana (Transconsult, S.A. de C.V., 2019b; IMPLAN, 2019; Gobierno del Estado de Colima, 2020; SYSTRA, 2019; Cal y Mayor y Asociados y IBI Group, 2015).

De este modo, la investigación no solo busca aportar una mirada comparativa sobre la evolución y diversidad de políticas metropolitanas en la región sino también ofrecer insumos sustantivos para el diseño de estrategias replicables y la toma de decisiones en futuras políticas de movilidad urbana sostenible, contribuyendo al debate académico y técnico en América Latina (Transconsult, S.A. de C.V., 2019a; Instituto Municipal de Planeación de Mérida, 2019; Gobierno del Estado de Colima, 2020; SYSTRA, 2019; Cal y Mayor y Asociados y IBI Group, 2015).

2. REFERENTES INTERNACIONALES

Los Planes Integrales de Movilidad Urbana Sostenible (PIMUS, también denominados PMUS o PIMS), se conciben como herramientas estratégicas orientadas a transformar la movilidad bajo principios de utilidad social, adecuación medioambiental y sostenibilidad económica (BID et al., s.f.; Sastre, s.f.). El propósito central de estos planes es reducir emisiones contaminantes y promover modos no motorizados, como caminar y el uso de la bicicleta, integrando criterios de accesibilidad, seguridad y eficiencia (Estupiñán et al., 2018; IMPLAN, 2019).

En la literatura internacional, los PIMUS se fundamentan en marcos normativos y técnicos que recogen buenas prácticas europeas y de organismos multilaterales. Entre sus principios destacan la integración multimodal, la modernización tecnológica, la cobertura territorial, la gestión racional de rutas, la sostenibilidad ambiental, la gobernanza institucional y la participación ciudadana como eje de legitimidad y eficacia (World Economic Forum, 2023; IMPLAN, 2019; Gobierno del Estado de Colima, 2020).

Uno de los enfoques metodológicos es el benchmarking, entendido como el análisis y adaptación de experiencias internacionales exitosas para fortalecer la formulación de planes en contextos locales (Sastre, s.f.; United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean et al., 2024). Esta práctica implica evaluar dimensiones como la accesibilidad, la equidad y la sostenibilidad, permitiendo identificar mecanismos replicables y lecciones aprendidas relevantes para ciudades de América Latina (Estupiñán et al., 2018).

Diversas ciudades latinoamericanas –como Bogotá, Buenos Aires, Monterrey, Lima y Medellín– han avanzado en la adopción de los principios y metodologías de los PIMUS, demostrando que la integración de la movilidad sostenible, la coordinación institucional y la incorporación de instrumentos técnicos innovadores pueden contribuir significativamente a superar la fragmentación urbana, la inequidad y la insostenibilidad ambiental (Alburquerque et al., 2022; Estupiñán et al., 2018).

Así, el marco teórico de esta investigación adopta los principios de la movilidad urbana sostenible y del benchmarking, proponiendo su aplicación adaptativa en América Latina a partir de los aprendizajes y modelos implementados a nivel internacional y regional (World Economic Forum, 2023; SYSTRA, 2019; BID et al., s.f.).

3. METODOLOGÍA

La investigación es de carácter cualitativo-comparativo y se fundamenta en una revisión documental de planes oficiales, literatura académica e informes técnicos multilaterales recientes. La selección de casos se orientó a ciudades latinoamericanas representativas que han formulado y/o implementado Planes Integrales de Movilidad Urbana Sostenible (PIMUS/PMUS/PIMS), abarcando contextos urbanos diversos (Monterrey, Mérida y Colima en México; Gran Santo Domingo en República Dominicana; Ciudad de Panamá en Panamá; y Bogotá en Colombia), lo cual permite identificar convergencias, particularidades y oportunidades de transferencia para la planificación metropolitana regional.

El análisis se estructuró en torno a la construcción de una matriz comparativa basada en siete ejes estratégicos extraídos de las mejores prácticas internacionales y adaptados a los desafíos locales de la región: integración multimodal, modernización tecnológica, gestión de rutas, cobertura territorial, sostenibilidad ambiental, gobernanza institucional y participación ciudadana. Este enfoque permitió contrastar los avances, enfoques y limitaciones de cada ciudad en los diferentes componentes del sistema de transporte público y la movilidad sostenible.

Las fuentes consultadas incluyen documentos y diagnósticos de los propios PIMUS/ PMUS/PIMS, reportes y guías elaborados por organismos multilaterales (Banco Interamericano de Desarrollo, CAF – Banco de desarrollo de América Latina y el Caribe, Banco Mundial, ONU-Hábitat), estudios de benchmarking en movilidad urbana y literatura académica especializada. Todo el material fue analizado con el propósito de identificar patrones, estrategias replicables y lecciones útiles para el diseño de políticas metropolitanas en América Latina, enfatizando la triangulación de fuentes y el análisis crítico de la aplicabilidad de experiencias referenciadas.

4. ANÁLISIS DE POLÍTICAS POR CIUDAD

4.1 Monterrey

El PIMUS de la Zona Metropolitana de Monterrey [ZMM] prioriza la movilidad activa, la recuperación del espacio público, y la seguridad vial. Establece como ejes la modernización del transporte público multimodal, apostando por flotas eléctricas, integración tarifaria y sistemas inteligentes. Promueve la racionalización del uso del automóvil privado, el desarrollo urbano orientado al transporte sustentable y el fortalecimiento de la gobernanza metropolitana con amplia participación ciudadana. También resalta la meta de cero muertes viales y la regulación de servicios como taxis y plataformas.

4.2 Mérida

El PIMUS Mérida 2040, alineado con directrices europeas y ODS, destaca una visión participativa, con consultas amplias a la ciudadanía. Sus políticas abordan el diseño urbano orientado a accesibilidad y sostenibilidad, la promoción de modos activos, la modernización del transporte público con renovaciones tecnológicas y de flota, la gestión del vehículo privado, la logística urbana sustentable y la evaluación periódica con indicadores. Un aspecto siginificativo es la articulación normativa e institucional con consejos y observatorios de movilidad urbana.

4.3 Colima

El PIMUS de la Zona Metropolitana de Colima–Villa de Álvarez propone una gestión metropolitana coordinada, la reestructuración e integración del transporte colectivo (con mejoras de frecuencia y flotas), y la accesibilidad universal para personas con movilidad reducida. Plantea el fortalecimiento de la movilidad no motorizada, control del automóvil particular (estacionamiento y zonas calmadas), la regulación logística urbana, el marco legal actualizado y mecanismos de financiamiento sostenible. El plan se apoya en el monitoreo y evaluación periódica por indicadores.

4.4 Gran Santo Domingo

El PMUS del Gran Santo Domingo, impulsado por MobiliseYourCity, promueve la integración y expansión del transporte masivo (metro, teleférico, buses expresos), la formalización del transporte informal, la movilidad activa y segura, y políticas tarifarias

sociales. Subraya la articulación urbana, la reducción de emisiones, el fortalecimiento institucional y la diversificación financiera. Propone una autoridad metropolitana y el empoderamiento del Instituto Nacional de Tránsito y Transporte Terrestre [INTRANT] para la regulación y profesionalización del sector.

4.5 Ciudad de Panamá

El PIMUS de Panamá plantea un sistema integrado de transporte público centrado en la jerarquía de modos (prioridad al peatón y ciclista), la reestructuración de rutas y tarifas, el desarrollo urbano orientado al transporte, la regulación de la logística urbana y el control ambiental. El plan enfatiza la gestión inteligente del tránsito, la reforma institucional para fortalecer la gobernanza y la participación ciudadana como pilar transversal. Entre sus programas destacan el enfoque evitar–cambiar–mejorar (ECM), la movilidad no motorizada y la seguridad vial.

4.6 Bogotá

El PIMS de Bogotá articula políticas normativas avanzadas, integración del transporte público y refuerzo de la movilidad activa, con una orientación robusta hacia la sostenibilidad ambiental. Destaca cuatro grandes líneas: promoción del transporte activo, impulso del transporte público multimodal y electrificado, ecoeficiencia de flotas y evaluación permanente de impactos. Involucra a la ciudadanía mediante campañas, mesas de trabajo y procesos formativos, con un fuerte sustento legal e institucional para la consolidación de la movilidad sostenible e inclusiva.

5. SÍNTESIS COMPARATIVA REGIONAL

La Tabla 1 compila los principales hallazgos del análisis comparativo por ciudad, cruzando los siete ejes estratégicos identificados (integración multimodal, modernización tecnológica, gestión de rutas, cobertura territorial, sostenibilidad ambiental, gobernanza institucional y participación ciudadana). Esta comparación permite visualizar tanto convergencias regionales —como la tendencia hacia la integración tarifaria, la electrificación de flota y el fortalecimiento institucional y ciudadano— como particularidades adaptadas a los distintos contextos urbanos.

Se evidencia la existencia de estrategias altamente replicables en la región, especialmente en el diseño de sistemas multimodales, el uso de tecnologías inteligentes, los procesos de participación social y el énfasis en indicadores de monitoreo. Por otro lado, el análisis revela condiciones estructurales divergentes, como el alcance de la gobernanza metropolitana, la madurez normativa y la gestión de la movilidad no motorizada, que condicionan el grado de transferencia posible entre ciudades.

Tabla 1: Comparativa de políticas en PIMUS de seis ciudades latinoamerica

Ciudad / Eje - Política	Integración multimodal	Modernización tecnológica	Gestión de rutas	Cobertura territorial	Sostenibilidad ambiental	Gobernanza institucional	Participación ciudadana
Monterrey (México)	Avances en integración tarifaria y operativa; impulso al sist. multimodal	Electrificación de flota; sist. inteligentes de gestión	Reestructuración profunda de rutas y frecuencias	Cobertura urbana alta; búsqueda de mayor equidad	Fomento de movilidad no motorizada y reducción de emisiones	Enfoque metropolitano con capacidades técnicas fortalecidas	Procesos de consulta y visión participativa
Mérida (México)	Integración de modos y expansión de cobertura	Renovación tecnológica del transporte público; pagos electrónicos	Optimización y rediseño participativo de rutas	Enfoque en accesibilidad universal y subcentros urbanos	Promoción activa de modos no motorizados	Coordinación interinstitucional con observatorios y consejos	Amplias consultas ciudadanas y participación multisectorial
Colima (México)	Foco en integración metropolitana y continuidad vial	Modernización de flota; control de operaciones inteligente	Reducción de sobreposición y mejoras de frecuencia	Énfasis en zonas conurbadas y accesibilidad	Medidas para calidad del aire y energías limpias	Propuesta de ente técnico metropolitano	Consulta y seguimiento participativo de planes
Gran Santo Domingo (República Dominicana)	Expansión del metro, buses y teleférico; intermodalidad	Renovación de flota e incentivos tecnológicos	Formalización de transporte informal y ajuste de rutas	Mejora cobertura central y periférica	Políticas de reducción de GEI y densificación	Creación de autoridad metropolitana	Pol. tarifarias sociales; y consultas participativas
Ciudad de Panamá (Panamá)	Sistema integrado; jerarquía modal	Gestión inteligente de tránsito; mejoras Sist. Inf. al usuario	Reestructuración por cuencas de demanda	Adecuación a necesidades urbanas y accesibilidad	Implementación de ECM y promoción de movilidad activa	Reforma Autoridad TTT; Consejo Consultivo	Procesos de consulta y participación transversal
Bogotá (Colombia)	Integración de transporte público multimodal y electrificado	Ecoeficiencia de flotas; innovación	Mejoras normativas y eficiencia operativa	Atención a centralidad, equidad y periferias	Pol. robustas de transporte activo y reducción de carbono	Sostenibilidad institucional; mesas y legalidad	Mesas de trabajo, campañas y programas de formación

6. ESTRATEGIAS REPLICABLES Y OPORTUNIDADES DE TRANSFERENCIA

El análisis comparativo de seis ciudades latinoamericanas revela un conjunto de estrategias con alto potencial de replicabilidad y transferencia, especialmente en contextos metropolitanos que enfrentan desafíos comunes de fragmentación institucional, insuficiencia tecnológica y exclusión modal.

Entre las más destacadas, la integración tarifaria y operativa de los sistemas de transporte público permite optimizar recursos, simplificar el uso para los usuarios y promover el cambio modal hacia sistemas colectivos. Esta política, presente en Monterrey, Gran Santo Domingo y Ciudad de Panamá, ha demostrado mejoras sustantivas en eficiencia y equidad, facilitando el acceso universal y la sostenibilidad financiera a través de mecanismos de pago unificado.

La innovación tecnológica, evidenciada en la electrificación de flota, la adopción de sistemas inteligentes de gestión y el desarrollo de herramientas interactivas de información al usuario (como el SIU de Panamá), se posiciona como un factor importante para incrementar la competitividad, reducir emisiones y mejorar la experiencia de viaje. La modernización de infraestructura y el monitoreo avanzado han sido motores de

transformación en ciudades como Bogotá y Mérida, orientando la gestión de flota y la planificación basada en datos e indicadores.

Por último, la gobernanza participativa emerge como condición imprescindible para la sostenibilidad de las políticas públicas en movilidad. La activa participación ciudadana en todas las fases de formulación, implementación y seguimiento de los planes—mediante talleres, mesas técnicas, observatorios y consejos—ha contribuido a la legitimidad, transparencia y resiliencia de las decisiones, como muestran los casos de Mérida, Monterrey y Bogotá.

Estas tres estrategias, adaptadas a las particularidades locales mediante ajustes institucionales, regulatorios y de financiamiento, constituyen un marco de referencia útil para ciudades latinoamericanas que buscan avanzar hacia sistemas de transporte público más inclusivos, eficientes y sostenibles. La transferencia efectiva requiere, además, voluntad política, fortalecimiento de capacidades técnicas y procesos de acompañamiento interdisciplinario.

7. DISCUSIÓN Y DESAFÍOS PARA LA PLANIFICACIÓN METROPOLITANA

Si bien las estrategias exitosas de integración tarifaria, innovación tecnológica y gobernanza participativa son potencialmente replicables en diversas urbes latinoamericanas, existen retos significativos para su implementación efectiva.

Una de las principales limitaciones es la fragmentación institucional y la debilidad de la coordinación metropolitana. En muchas ciudades, las competencias en transporte y planificación urbana están dispersas entre múltiples entidades, lo que dificulta la articulación de políticas, reduce la eficacia regulatoria y genera dificultades en la continuidad administrativa. La factibilidad de transferir modelos exitosos, como los sistemas integrados de Bogotá, Monterrey o Ciudad de Panamá, depende de la capacidad de los gobiernos locales y metropolitanos para consolidar estructuras institucionales robustas y sostenibles.

Otro desafío es la adecuada adaptación de innovaciones tecnológicas a contextos con infraestructura limitada y heterogeneidad socioeconómica. La electrificación de flotas, la modernización de la gestión y el despliegue de sistemas inteligentes requieren inversiones significativas y marcos jurídicos evolutivos. En ciudades con restricciones presupuestarias, volatilidad política o bajo capital humano, la transferencia de estas soluciones demanda acompañamiento y capacitación continuada, así como esquemas de financiamiento colaborativo e incentivos fiscales que garanticen sostenibilidad.

La gobernanza participativa, aunque identificada como un factor de éxito en Mérida y Bogotá, enfrenta la resistencia institucional y cultural en entornos donde persiste la toma de decisiones centralizada y limitada participación ciudadana. La consolidación de procesos de consulta, observatorios de movilidad y mesas urbanas exige tiempo, recursos y procesos de aprendizaje organizacional que trasciendan los ciclos gubernamentales y privilegien el diálogo multisectorial.

Las desigualdades territoriales, la precariedad del transporte informal, la falta de monitoreo de indicadores y la debilidad de los mecanismos de rendición de cuentas constituyen desafíos estructurales que limitan la escalabilidad y sostenibilidad de los avances logrados en algunas experiencias. Abordar estos retos requiere fortalecer la cooperación intermunicipal, promover políticas integradas de ordenamiento territorial y movilidad, y priorizar la inclusión social y la equidad como ejes transversales de la planificación metropolitana latinoamericana.

8. CONCLUSIONES

El estudio comparativo de políticas de transporte público en seis ciudades latinoamericanas evidencia avances sustantivos en la integración tarifaria y operativa, la modernización tecnológica de flotas y la consolidación de procesos de gobernanza participativa, tres ejes que emergen como pilares replicables para fortalecer la planificación metropolitana en la región.

Las experiencias analizadas muestran que la movilidad urbana sostenible depende de enfoques integrales que vinculan la eficiencia operativa, la equidad social y la resiliencia ambiental. La articulación de sistemas multimodales, el uso de tecnologías inteligentes y la electrificación progresiva del transporte público han expuesto resultados positivos en eficiencia, reducción de emisiones y mejoramiento del acceso universal.

No obstante, la factibilidad de transferir estas políticas está condicionada por retos estructurales como la fragmentación institucional, la insuficiencia de capacidades técnicas y la debilidad de los esquemas de financiamiento. El éxito de las reformas metropolitanas exige fortalecer la coordinación intergubernamental, desarrollar marcos normativos flexibles y asegurar la participación activa de la sociedad civil en todos los procesos de planificación y evaluación.

Este análisis aporta un marco de referencia útil para el diseño de políticas públicas en ciudades latinoamericanas, enfatizando que la adaptación local de estrategias exitosas requiere diagnóstico adaptado al contexto local, voluntad política y procesos continuos de rendición de cuentas e innovación. Se recomienda priorizar la movilidad activa, la modernización de la gestión y el desarrollo de mecanismos participativos como bases para consolidar ciudades más inclusivas, seguras y sostenibles.

BIBLIOGRAFÍA

Alburqueque, C., Carrasco Muro, C., Rolando, P., & Gerbasi, N. (2022, 1 de noviembre). *Cuaderno del Desarrollo 12. Movilidad urbana Sostenible*. CAF – Banco de Desarrollo de América Latina. https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2019

Banco Interamericano de Desarrollo, Metro de Panamá, Autoridad del Tránsito y Transporte Terrestre, Cal y Mayor y Asociados & IBI Group (s.f.). *Presentación PIMUS: Fase I. PIMUS Área Metropolitana Panamá*. http://www.oas.org/es/sedi/DSD/Biodiversidad/Eventos/Cursos/Panama/M%C3%B3dulo%20III/Presentaciones/1Exposici%C3%B3n%20del%20PIMUS%20de%20Panam%C3%A1.pdf

Cal y Mayor y Asociados & IBI Group. (2015). *PIMUS Área Metropolitana Panamá: Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable para el Área Metropolitana de Panamá. Entregable 7. Informe final de la Fase 1.* Banco Interamericano de Desarrollo (BID) & Metro de Panamá. https://www.elmetrodepanama.com/pimus-fase-1/

Estupiñán, N., Scorcia, H., Navas, C., Zegras, C., Rodríguez, D., Vergel-Tovar, E., Vásconcellos, E., & Vaca-Clemente, A. (2018). *Transporte y Desarrollo en América Latina.* CAF. https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1186

Gobierno del Estado de Colima. (2020). *PIMUS: Plan integral de movilidad urbana sustentable Zona Metropolitana de Colima - Villa de Álvarez. VII. Informe Ejecutivo*. Gobierno del Estado de Colima. https://www.col.gob.mx/transparencia/archivos/portal/2017051212581248_Plan_Integral_Movilidad_Urbana_Sustentable_ZM_Colima_Villa_de_Alvarez.pdf

Instituto Municipal de Planeación de Mérida. (2019). *PIMUS Mérida 2040: Plan Integral de Movilidad Urbana Sustentable.* Ayuntamiento de Mérida. https://www.merida.gob.mx/implan/content/documents/movilidad-urbana/PIMUS_2040.pdf

Sastre, J. (s. f.). *10 claves para hacer un buen Plan de Movilidad Urbana Sostenible.* Julián Sastre Consultorías de transportes y ciudad. https://juliansastre.com/10-claves-para-hacer-un-buen-plan-de-movilidad-urbana-sostenible/

SYSTRA. (2019). *Plan de Movilidad Urbana Sostenible del Gran Santo Domingo*. MobiliseYourCity Secretariat. https://www.mobiliseyourcity.net/sites/default/files/2020-01/PMUS%20Gran%20Santo%20Domingo.pdf

Transconsult, S.A. de C.V. (2019a). *Informe 1: Programa de Trabajo. Programa Integral de Movilidad Urbana Sustentable de la Zona Metropolitana de Monterrey*. Secretaría de Desarrollo Sustentable, Gobierno del Estado de Nuevo León.

Transconsult, S.A. de C.V. (2019b). *Informe 7: Informe de Participación Visión de Movilidad. Programa Integral de Movilidad Urbana Sustentable de la Zona Metropolitana de Monterrey*. Secretaría de Desarrollo Sustentable, Gobierno del Estado de Nuevo León.

United Nations Economic Commission for Latin America and the Caribbean, Verruck, F., Gonçalves, R. B., & Poletto, I. C. (2024). Using benchmarking to improve urban mobility: A new tool for building smart cities in emerging countries. *CEPAL Review, 2024*(144), 159-175. https://doi.org/10.18356/16840348-2024-144-9

World Economic Forum. (2023). *The urban mobility scorecard tool: Benchmarking the transition to sustainable urban mobility* (Briefing Paper). https://www.weforum.org/publications/the-urban-mobility-scorecard-tool-benchmarking-the-transition-to-sustainable-urban-mobility

PROGRAMA PARA EL DESARROLLO RESILIENTE Y BAJO EN CARBONO DEL TRANSPORTE EN CUBA

M. Sc. Guadalupe Isabel Rodríguez Rodríguez
Dirección de Pasajeros del Ministerio de Transporte de Cuba. Cuba. lupedgt@gmail.com

RESUMEN

En Cuba existen un alto por ciento de vehículos antiguos con tecnologías energéticamente ineficientes que producen emisiones de GEI excepcionalmente altas, por este motivo en el contexto del Plan Maestro Nacional del Transporte y con el propósito de impulsar desde el periodo de preparación las estrategias y proyectos con mayor incidencia en la directriz ambiental, se concibió el Programa para el Desarrollo Resiliente y Bajo en Carbono del Transporte en Cuba que tiene 5 objetivos específicos, dirigidos a medidas de mitigación, adaptación, la implementación de marco normativos, el incremento de capacidades en temáticas de mitigación y adaptación al cambio climático y en la formulación de proyectos bancables, así como la Gestión de una cartera de proyectos y de acciones para acceder a fondos climáticos internacionales, para la adaptación y la mitigación en el sector.

1. INTRODUCCION

Los impactos del cambio climático se han venido formulando a nivel internacional, políticas, programas, acuerdos y convenciones que incluyen acciones de adaptación y de mitigación, entre ellos: Protocolo de Kioto (1997), Acuerdo de París (2015), Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992).

Cuba no ha estado ajena a estas directrices y consensos, pues se ha mantenido trabajando y colaborando en las investigaciones y estudios, así como ha adoptado políticas y planes en este sentido, tales como: Política para el desarrollo perspectivo de fuentes renovables y el uso eficiente de la energía (2014), Contribución Nacionalmente Determinada de Cuba (2015 y 2020), Programa Nacional de Desarrollo Económico y Social al 2030, Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático "TAREA VIDA" (2017), Primer Informe Bienal de Actualización de la República de Cuba (IBA) (2020) y la Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CITMA, 2020).

Todas en su conjunto vinculadas de manera directa con el transporte, pues. la actividad del transporte en particular, por su naturaleza, es generadora de problemas ambientales, dado fundamentalmente por los vertimientos de residuales sólidos, líquidos y desechos peligrosos, así como por la generación de emisiones gaseosas, vibraciones y ruidos, provocando en su conjunto la contaminación del aire, las aguas y los suelos.

Por otra parte, las infraestructuras y los medios de transporte presentan un alto riesgo de afectación por fenómenos climáticos, como los huracanes, las intensas lluvias, la subida del nivel del mar, el incremento de los vientos, la niebla y las temperaturas.

En el caso específico de Cuba existen un alto por ciento de vehículos antiguos con tecnologías energéticamente ineficientes producen emisiones de GEI excepcionalmente altas. Según el informe de la Tercera Comunicación Nacional, el sector transporte, emitió a la atmosfera 2 180.6 kt CO_2 eq en el año 2016.

Todos los modos de transporte por carretera sumados representan más del 50 % de las emisiones, seguido de la aviación (15 %), el transporte relacionado con la agricultura (13 %) y el transporte relacionado con la construcción (8 %).

La contaminación del suelo por el transporte se produce fundamentalmente por el derrame incontrolado de lubricantes, combustibles y aceites usados en aeropuertos, terminales de transporte, intersecciones de carreteras, además de la erosión de las superficies de las carreteras. Los desechos sólidos y peligrosos también se encuentran entre los riesgos de contaminación del suelo del sector del transporte.

Entre 2000 y 2019 se registraron diecinueve eventos de inundación en Cuba y además se produjo el impacto de 12 huracanes en los últimos 20 años, los que provocaron deslizamientos de tierra o sobrecarga en drenajes, la socavación de puentes, inundación de carreteras y afectación del asfalto.

Por su parte, el aumento de temperaturas provoca deformaciones de las vías férreas, agrietamiento del asfalto y fallos estructurales; y la niebla, reduce la visibilidad afectando a las carreteras, aeropuertos y puertos, que cierran por seguridad.

En tal sentido, ser ha venido enfrentando estas problemáticas y además se ha trabajado en proyectar el desarrollo del transporte.

2. PROGRAMA PARA EL DESARROLLO RESILIENTE Y BAJO EN CARBONO DEL TRANSPORTE EN CUBA

Con financiamiento de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón, JICA, y la participación de importantes consultorías de ese país, fue conformado el plan maestro nacional para el sector del transporte de Cuba, el cual constituye una gran estrategia para realizar la política y los objetivos estatales, alineados con la conceptualización del modelo económico social, los lineamientos, el PNDES-2030 y los ODS.

Tiene como visión Desarrollar un sistema de transporte eficiente, moderno, seguro y amigable con el medio ambiente, de forma coordinada y sostenible, que abarque todos los modos de transporte, en beneficio del país.

En el contexto del Plan Maestro Nacional del Transporte y con el propósito de impulsar desde el periodo de preparación las estrategias y proyectos con mayor incidencia en la directriz ambiental, se concibió el Programa para el Desarrollo Resiliente y Bajo en Carbono del Transporte en Cuba.

Este programa tiene como objetivo general el de implementar el sistema de proyectos y acciones que permitan el desarrollo resiliente y bajo en emisiones del transporte y los siguientes objetivos específicos:

Incrementar las capacidades en temáticas de mitigación y adaptación al cambio climático y en la formulación de proyectos bancables.

Implemetar la gestión de una cartera de proyectos y de acciones para acceder a fondos climáticos internacionales, para la adaptación y la mitigación en el sector.

Implemetar el marco normativo para uso medios eléctricos y el sistema de monitoreo de las emisiones de gases y otros factores climáticos.

Implemetar medidas de adaptación para reducir vulnerabilidad de infraestructura por efectos climatológicos

Se proyectan 10 resultados principales:
1. El ordenamiento de espacios públicos y de las infraestructuras.
2. La introducción de más de 55 mil vehículos eléctricos y 25 mil puntos o estaciones de recarga, con lo que se evitará la emisión de un millón de toneladas de CO2 equivalente.
3. La transformación de la matriz energética al reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

4. La disminución de gastos en salud, reduciéndose enfermedades respiratorias por la mejora de la calidad del aire.
5. Reducción de la vulnerabilidad de las infraestructuras ante los impactos del cambio climático.
6. El establecimiento del marco normativo para el uso de los vehículos eléctricos.
7. Implementación de un sistema de monitoreo de las emisiones de GEI producidas por las fuentes móviles.
8. Potenciación de una movilidad segura, amigable con el entorno y con una perspectiva de género y generacional.
9. Mejoras en el servicio del transporte público de pasajeros con la introducción de vehículos más confiables, lo que permitirá elevar la satisfacción de la población.
10. Mejoría de la eficiencia, disponibilidad y seguridad en la explotación del transporte.

El programa comprende 7 ejes estratégicos y 39 líneas temáticas de proyectos.

Los 7 ejes estratégicos son: la movilidad sostenible, movilidad de baja emisiones, logística verde, vialidad sostenible, adaptación a las infraestructuras, la movilidad inteligente y la gestión de financiamiento.

El eje estratégico movilidad sostenible tiene 8 líneas temáticas de proyectos
• Planificación de la movilidad
• Establecimiento de un sistema de indicadores
• Reordenamiento de espacios públicos
• Movilidad peatonal y en bicicletas
• Gestión de movilidad y Seguridad vial
• Movilidad rural
• Transporte público e intermodalidad
• Electromovilidad y descarbonización

El eje estratégico movilidad de bajas emisiones tiene 7 líneas temáticas de proyectos:
• Infraestructuras de recarga para vehículos eléctricos
• Renovación parque vehículos de transporte por carreteras
• Renovación de medios tractivos del transporte ferroviario
• Renovación de la flota marítima
• Equipos de bajas emisiones en aeropuertos
• Equipos de bajas emisiones en puertos
• Estaciones y terminales que emplean energía renovable

El eje estratégico logística verde tiene 5 líneas temáticas de proyectos:
• Sistemas de almacenaje, carga y descarga eficientes
• Empleo de embalaje con materiales no contaminantes
• Sistemas de gestión de flotas y de seguimiento y localización
• Flotas de transporte con vehículos eléctricos
• Equipos de energía limpia para la última milla

El eje estratégico vialidad sostenible tiene 5 líneas temáticas de proyectos:
• Introducción de materiales más sostenibles para la reparación de las vías
• Construcción de sistemas de drenaje pluvial para un mejor uso y aprovechamiento del agua

• Protección del paisajismo y el hábitat en zonas de reparación o construcción de vías
• Instalaciones para facilitar la movilidad peatonal y ciclística.
• Gestión de mantenimiento con alianzas público – privadas

El eje estratégico adaptación de las infraestructuras con 4 líneas temáticas de proyectos:
• Diseño e implementación de sistema de monitoreo
• Planeamiento y ordenamiento de infraestructuras del ferrocarril
• Planeamiento y ordenamiento de infraestructuras portuarias
• Mejoramiento de sistemas de drenaje de las infraestructuras

El eje estratégico movilidad inteligente con 4 líneas:
• Publicación de datos abiertos de la movilidad y el desarrollo de aplicaciones de movilidad
• Aplicación de herramientas de mantenimiento predictivo de las infraestructuras de transporte
• Colaboración universidad e industria para el fomento de la I+D+i en movilidad
• Aplicación de los sistemas de gestión y control de flotas

Y por último el eje estratégico gestión de financiamiento con 6 líneas temáticas de proyectos:
• Estudios de rentabilidad de infraestructuras
• Estudios de gestión de financiamiento de la vialidad
• Estudios de gestión de financiamiento del ferrocarril
• Financiación del transporte urbano y rural
• Financiación a partir de alianzas público – privadas
• Diseño de proyectos bancables.

3. ACCIONES DESARROLLADAS EN EL PROCESO DE MPLEMETACION DEL PROGRAMA

Durante los años 2019 – 2023 se desarrolló el proyecto "Implementación de un sistema de transporte bajo en carbono en La Habana (Neomovilidad)", financiado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), cuyo objetivo era promover la implementación de un sistema de transporte urbano con bajas emisiones de carbono en la ciudad de La Habana y proporcionar múltiples beneficios –a nivel local y global– mediante la integración del transporte urbano, la planificación física y la movilidad urbana.

Resultados principales Neomovilidad:

1.1 Se elaboraron y/o actualizaron 10 propuestas de normas y reglamentos para el desarrollo de un transporte público sostenible, que promueve una movilidad sostenible y un entorno urbano más resiliente.

2.1 Un sistema de transporte público mejorado mediante un Sistema de Bicicletas Públicas (PBS) y medidas para el Desarrollo Orientado al Tránsito (DOT).

2.2 Puesta en marcha de una Red de 23 triciclos eléctricos, con más de 500 mil pasajeros transportados en los primeros 18 meses de funcionamiento.

Resultados alcanzados durante el 2024.

Se priorizó la importación de vehículos eléctricos al sistema empresarial, los que hoy están presentes masivamente en la ZED Mariel, así como en las flotas de Aguas de La Habana (42), ETECSA (130), la Empresa Provincial de Transporte de La Habana (40 híbridos y 1 eléctrico), TRANSTUR (54), CACSA (589), MINTUR (1371, de ellos, 1055 son motos) y Taxis Cuba (183). Se logró la introducción de más 420 triciclos eléctricos en varias provincias del país en el municipio especial de la Isla de la Juventud

También se trabajó en la elaboración y/o adopción de las normas jurídicas y normativa necesaria para el desarrollo de los VEB.

Se trabaja en propuestas de normas jurídicas para establecer los requisitos para la importación o ensamblaje de los VEB; requisitos para las estaciones de carga; requisitos de los talleres para los VE, y homologación de vehículos eléctricos.

Se precisó la infraestructura de puntos o estaciones de carga, así como los sistemas de carga (rápida, semirápida y lenta) y la cantidad de los mismos. Se ha flexibilizado la importación de equipos, partes y medios para las motos eléctricas. Hasta la fecha se han instalado un total de 406 puntos y estaciones de carga, de ellas, Taxiscuba (8), Aguas de La Habana (16), ETECSA (268), EPTH (6), TRANSTUR (3), CACSA (105), MINTUR (13), entre otras.

Trabajo realizado en el año 2025.

Se realizan acciones para incluir otros medios de transporte, en particular los colectivos, con proyectos de movilidad eléctrica, entre los que se encuentran:
1. Licitación de 30 ómnibus eléctricos para tres terminales de La Habana (Santa Amalia, Alamar y San Agustín).
2. Generalización de los triciclos eléctricos para la transportación de pasajeros. Más de 450 medios prestando servicio en 18 ciudades. Con un programa que debe continuar ampliándose a otros territorios. Próximamente arribarán al país 150 triciclos nuevos.
3. Fabricación de microbuses eléctricos para 12 pasajeros en Sancti Spiritus. Además, prestarán servicio en Trinidad (10) y Cienfuegos (9).
4. Se concluye la fabricación de los 26 ECOMOVILES (microbús eléctrico para 12 pasajeros). Ya se encuentran trabajando 23 de ellos en el servicio urbano de Sancti Spiritus. Estos medios prestarán servicio en las ciudades de Sancti Spíritus (30), Trinidad (10) y Cienfuegos (9).
5. Se trabaja en el proyecto para la instalación de estaciones de carga en varios puntos del país y para las estaciones de carga de los triciclos eléctricos.
6. Implementar la Estrategia de Electromovilidad Ferroviaria para servicios suburbanos de pasajeros de La Habana. Se tiene listo el proyecto básico, para la conversión de cochemotor CB10 diésel a batería. El objetivo del proyecto es la incorporación de 7 unidades electromotrices BEMUs, con lo cual se dejarían de consumir 3 960 236 758 litros de combustible diésel evitándose la emisión de 10,224,577.6 toneladas de CO2

equivalentes totales. Además, estas unidades ferroviarias restablecerían el actual servicio prácticamente paralizado que se brindaba en La Habana en los distintos corredores.
7. Se está desarrollando el proyecto para la construcción y gestión de embarcaciones de pasajeros para la bahía de La Habana, con el empleo de fuentes renovables de energía. Esta propuesta ahorra USD 200 000 al año por combustible, no emite gases de efecto invernadero y permite recuperar volúmenes de pasajeros transportados. La embarcación tendrá capacidad para 90 pasajeros.
8. Proyecto Avanzando con un enfoque Regional hacia la Movilidad Eléctrica en América Latina y el Caribe (ONU Programa para el MA). Como resultado de este proyecto se elaboró la Nota de concepto para la introducción de 50 ómnibus eléctricos en el transporte público de La Habana, así como 25 cargadores con paneles fotovoltaicos y un monto estimado de U$S 41,070,000.00. El objetivo del proyecto es el de sustituir la flota de ómnibus de diésel de la terminal de ómnibus urbanos de Lawton por ómnibus eléctricos. Permitiendo operar las primeras 7 rutas de transportación de pasajeros en la capital con ómnibus impulsados con energía 100% eléctrica. Además, la introducción de estos 50 ómnibus permitirá la disminución de la emisión de 22 mil 953,84 tCO2 equivalentes anuales.

4. CONCLUSIONES

Han sido identificadas las problemáticas y se cuentan con estudios que han permitido realizar una proyección para atenderlas, a la vez que existe voluntad política al más alto nivel del país y el organismo para avanzar en esas proyecciones.

Para la implementación de este programa se hace necesario priorizadamente gestionar las fuentes de financiamiento necesarias, fortaler las capacidades y asegurar las transferencias tecnológicos.

Con la implementación de este programa se logrará desarrollar un sistema de transporte eficiente, moderno, seguro y amigable con el medio ambiente, de forma coordinada y sostenible, lo que ha quedado demostrado con los proyectos pilotos implantados.

UN PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARA UN TRANSPORTE PÚBLICO INTEGRADO, EQUITATIVO Y CON PERSPECTIVA DE GÉNERO EN LA PLATA

Dra. Mg. Arq. Laura Cristina Aon
laura.aon@gmail.com
Directora del Observatorio de Movilidad IIPAC CONICET UNLP -
La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Arq. Camila Arregui
arreguicamila@gmail.com
Becaria doctoral del CONICET- Observatorio de Movilidad IIPAC CONICET UNLP
La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Dcv. Camilo Vazquez Wlasiouk
vwcamilo@gmail.com
Becario doctoral del CONICET- Observatorio de Movilidad IIPAC CONICET UNLP
La Plata, Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

El sistema de transporte público de La Plata presenta déficits estructurales que afectan de manera desproporcionada a las mujeres, quienes representan el 78% de las personas usuarias y sostienen la mayor parte de la movilidad del cuidado. La combinación de expansión urbana dispersa, gobernanza fragmentada, baja frecuencia y escasa integración modal genera tiempos de viaje extensos, inseguridad y menor accesibilidad, profundizando desigualdades socioespaciales y de género.

El Plan de Ordenamiento Territorial (POT) propone revertir este escenario mediante una reconfiguración integral del territorio y del sistema de movilidad, articulando densificación equilibrada, jerarquización vial, corredores masivos, movilidad activa, intermodalidad tren–BRT–bus y un modelo renovado de gobernanza metropolitana con perspectiva de género.

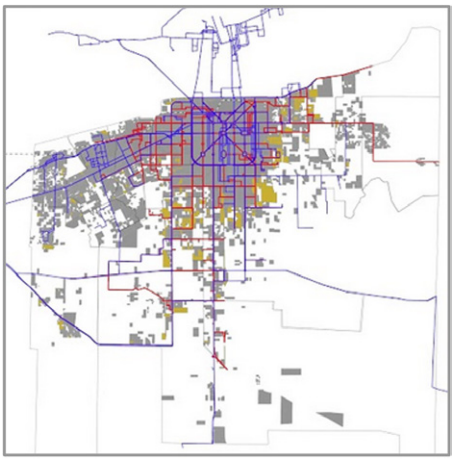
1. INTRODUCCIÓN

El sistema de transporte público colectivo de La Plata presenta un déficit estructural, tanto cuantitativo como cualitativo, que impide su consolidación como el sistema prioritario de movilidad urbana. Este déficit afecta especialmente a las mujeres, que representan el 68% de las personas usuarias (OMUGLP, 2023), y actúa como un factor expulsivo para potenciales usuarios, profundizando la dependencia del automóvil particular. Diariamente, ingresan al casco fundacional unos 210.000 automóviles en un área con menos de 80.000 plazas de estacionamiento, lo que produce congestión crónica, pérdida de calidad del espacio público, aumento de la siniestralidad vial y deterioro del tiempo cotidiano disponible.

Estos problemas no son meramente técnicos, sino que se enmarcan en una gobernanza fragmentada entre Nación, Provincia y Municipio. La Nación financia subsidios sin criterios territoriales ni de género; la Provincia define recorridos sin articulación regional-local y el Municipio, a pesar de su proximidad con las personas usuarias, se encuentra limitado en sus competencias legales, tecnológicas y presupuestarias, pudiendo incidir en sólo 220.000 de los 510.000 viajes diarios del sistema. A esto se suma la ausencia de monitoreo en tiempo real, la imposibilidad de fiscalizar subsidios y la falta de herramientas para sancionar incumplimientos recurrentes.

La expansión urbana periférica de baja densidad agrava estos desequilibrios, generando extensas áreas desconectadas donde residen más de 500.000 personas. En los barrios populares, donde la dependencia del transporte público es absoluta, la oferta es insuficiente: sólo 1 de cada 15 servicios conecta adecuadamente con polos laborales feminizados, como hospitales, escuelas o centros de cuidado. Este desajuste entre forma urbana y provisión de transporte profundiza la desigualdad socioespacial y de género.

Ilustración 1: Líneas de transporte según jurisdicción (provincial / municipal)



Fuente OMUGLP IIPAC CONICET UNLP. Elaboración: POT 2025.

El sistema de transporte está además atravesado por una fuerte concentración empresarial con exclusividad en distintas partes del territorio de la región. Esta situación genera una escasa competencia y bajos estándares de calidad. A su vez

existe una división jurisdiccional fuerte sobre los recorridos que atraviesan la ciudad, imposibilitando a las autoridades locales tomar decisiones sobre gran parte de los recorridos de transporte que resuelven las demandas de sus propios habitantes.

Los pliegos carecen de perspectiva de género, no exigen protocolos ni capacitación obligatoria en la materia, y las aplicaciones móviles —gestionadas por empresas— no permiten reportar situaciones de acoso o violencia durante el viaje. La invisibilización de personas usuarias, especialmente mujeres, es otro rasgo crítico. Estudios de la UNLP muestran que el 78% desconoce los canales formales de reclamo y que el 92% considera inútil denunciar. Sin participación social, sin datos abiertos y sin fiscalización, la experiencia cotidiana queda fuera del proceso de decisión.

En este contexto, el presente trabajo se propone demostrar de qué manera el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) puede revertir las desigualdades estructurales de movilidad —particularmente las que afectan a las mujeres— mediante una articulación integral entre forma urbana, gobernanza, infraestructura de transporte y políticas de cuidado. El POT constituye una oportunidad histórica para reorganizar la movilidad del Partido de La Plata bajo un enfoque de derechos, equidad y sostenibilidad. Su estructura estratégica se propone combinar cinco ejes transversales:

1- Fortalecimiento institucional y gobernanza intermunicipal, con creación de un órgano de gestión específico del POT con un observatorio de Movilidad Cotidiana con participación ciudadana.

2- Ordenamiento territorial y densificación equilibrada, orientada a sostener un sistema de transporte público eficiente y accesible.

3- Jerarquización vial e infraestructura inclusiva, mediante corredores masivos, macromanzanas y redes de conectividad estructural.

4- Modernización tecnológica, incluyendo un sistema integrado BRT–tren–bus y plataformas de control en tiempo real.

5- Perspectiva de género transversal, con criterios para licitaciones, recorridos de cuidado, seguridad en entornos de espera y mecanismos de denuncia accesibles.

Promover un transporte público digno, seguro y eficiente exige alinear el territorio con la movilidad, fortalecer la gobernanza, destinar presupuesto a la participación y diseñar un sistema que no deje a nadie atrás. La efectividad del POT dependerá de su implementación sostenida y del próximo proceso licitatorio 2026–2036, que definirá el rumbo de la movilidad urbana por una década.

2. TRANSPORTE PÚBLICO EN PERSPECTIVA DE GÉNERO

La movilidad urbana no es una práctica neutra ni universal: está profundamente atravesada por relaciones de género, estructuras familiares, localización residencial, desigualdades materiales y la disponibilidad —o ausencia— de modos de transporte. En

América Latina, donde predominan ciudades extensas, de baja densidad, con periferias desconectadas y sistemas de transporte público insuficientes, estas desigualdades se expresan de manera territorial y afectan especialmente a mujeres y diversidades.

Incorporar la perspectiva de género en la movilidad no constituye un complemento temático sino una condición indispensable para comprender y transformar un sistema que reproduce desigualdades y limita derechos. Los estudios internacionales y regionales (Díaz Muñoz, 1995; Coutras, 1996; Miralles, 1998; Cebollada, 2006; Segura, 2012; Jirón, 2013; ONU-Hábitat, 2015) muestran que las mujeres desarrollan patrones de movilidad diferenciados:

(a) Mayor complejidad en los desplazamientos, combinando viajes laborales, de cuidado, educativos, trámites y acompañamientos.
(b) Más tiempo promedio de viaje, debido a recorridos fragmentados y baja eficiencia del transporte público.
(c) Mayores restricciones espacio-temporales, ligadas a la inseguridad y a la gestión doméstica.
(d) Dependencia más alta del transporte público y de la caminata, con menor acceso al automóvil por condiciones económicas y culturales.

Esta configuración está en la base del concepto de movilidad del cuidado (Sánchez de Madariaga), que refiere al conjunto de desplazamientos múltiples, simultáneos y logísticamente exigentes que recaen desproporcionadamente en mujeres. Esta movilidad está completamente atravesada por el uso desigual del tiempo, uno de los recursos urbanos más valiosos y más inequitativamente distribuidos.

Cuando el transporte público falla —por baja frecuencia, inseguridad, fragmentación modal o recorridos ineficientes— no afecta a toda la población por igual: penaliza en mayor medida a quienes sostienen cadenas complejas de viaje y cuentan con menor capacidad de sustitución modal. En consecuencia, la crisis del transporte se traduce directamente en una brecha de género en el acceso a oportunidades, tiempo disponible, ingreso laboral y autonomía.

Desigualdades reforzadas por la forma urbana: La expresión territorial de la desigualdad de género se vuelve aún más evidente en ciudades monocéntricas y extendidas, como La Plata. Los territorios de baja densidad, con deficiencia en calles y equipamientos, agravan la brecha de movilidad:

(a) Las zonas periféricas presentan calles sin consolidar y baja accesibilidad para el transporte público.
(b) Las mujeres que realizan tareas de cuidado residen en su mayoría en áreas donde los tiempos de viaje pueden duplicarse respecto del casco.
(c) Los polos laborales feminizados —salud, educación, administración pública— están concentrados en centralidades inaccesibles para la periferia.
(d) La inseguridad de los entornos de espera condiciona rutas, horarios y decisiones modales, afectando autonomía y oportunidades laborales.

Como señala Aón (2020; 2021), a mayor precariedad urbana, mayor carga de tiempo y riesgo para las mujeres, configurándose una doble penalización: desigualdad urbana + desigualdad de género. En este contexto, el tiempo se vuelve una dimensión crítica del derecho a la movilidad: La Encuesta Nacional de Uso del Tiempo (INDEC, 2021) demuestra que las mujeres sostienen la mayor parte del trabajo doméstico y de cuidado no remunerado en Argentina. La movilidad cotidiana se convierte así en una infraestructura temporal indispensable para que la reproducción social sea posible.

Cuando un sistema de transporte público obliga a realizar viajes más largos, esperas inciertas, trasbordos innecesarios, recorridos inseguros, el impacto es doble: se restringe el tiempo disponible para actividades productivas y se eleva el costo emocional y físico del cuidado. Desde esta perspectiva, mejorar el transporte público no es sólo un objetivo técnico: es una política de igualdad de género, de justicia social y de ampliación de derechos urbanos.

En contexto de estos procesos es la gobernanza desigual y exclusión de la experiencia femenina. En La Plata, la fragmentación institucional y la concentración empresarial generan una estructura que reproduce desigualdad de género. Por un lado, el diseño de recorridos y subsidios carece de criterios de equidad territorial y de género. Por otro lado, las aplicaciones de monitoreo son controladas por empresarios, sin canales seguros para denunciar violencia o acoso ni visibilizar las desigualdades relacionadas a las tareas de cuidado de personas. De hecho, la escasa fiscalización pública invisibiliza las experiencias femeninas.

Se suma a este contexto que los pliegos licitatorios en general y el vigente en particular no exigen protocolos contra el acoso ni capacitaciones obligatorias en género. El resultado es un sistema que no sólo funciona mal: funciona peor para quienes más dependen de él. Las mujeres son usuarias cautivas y sostienen la mayor parte de los viajes en colectivo, pero están excluidas del proceso de decisión, regulación y evaluación del servicio.

El aporte conceptual del POT: El POT introduce una ruptura fundamental ya que reconoce que la movilidad del cuidado es una dimensión estructural de la vida urbana, y no un asunto privado. De este modo el diseño de recorridos, la definición de frecuencias, la asignación de subsidios, la seguridad en nodos y paradores, la accesibilidad universal y sobre todo el completamiento y compactación de la ciudad, se vuelven instrumentos de política de género.

La perspectiva de género permite comprender que la crisis del transporte platense no es sólo técnica, sino una crisis de derechos, de cuidado, de gobernanza y fundamentalmente de desigualdad territorial. Por ello, el POT plantea reorganizar las territorialidades, compactar la ciudad, planificar la movilidad y proponer progresivamente un sistema de transporte público que reorganice la estructura desigual de oportunidades, tiempos y riesgos que enfrentan las mujeres en la ciudad.

3. EL TRANSPORTE Y LA MOVILIDAD EN EL POT

El Plan de Ordenamiento Territorial (POT) redefine la movilidad del Partido de La Plata como un componente estructural del modelo territorial, clave para alcanzar los objetivos de equidad, sostenibilidad y cohesión urbana. En una ciudad marcada por la expansión periférica, la desigualdad territorial, la congestión creciente y el estancamiento del transporte público, el POT sostiene que no es posible construir ciudad compacta ni garantizar el derecho a la ciudad sin un sistema de movilidad multimodal e integrado.

A partir del diagnóstico estructural de la movilidad platense, el POT identifica un conjunto de desafíos sistémicos: dependencia creciente del automóvil particular, déficit de cobertura y frecuencia del transporte público —especialmente en ejes sudeste y noroeste—, baja integración entre modos, alto nivel de siniestralidad vial, dificultades de accesibilidad rural y periurbana y ausencia de una gobernanza metropolitana efectiva. Estos déficits afectan de manera diferenciada a las mujeres, principales usuarias del sistema y protagonistas de la movilidad del cuidado, quienes residen en mayor proporción en áreas periféricas y destinan más tiempo a los desplazamientos diarios (Aón, 2020).

La movilidad como vector estructurante del modelo territorial: El POT sostiene que la movilidad no puede planificarse como infraestructura aislada ni como un servicio subordinado a la forma urbana existente.

Por el contrario, concibe a la movilidad como un ordenador del territorio capaz de orientar densidades, usos del suelo, centralidades y accesibilidad cotidiana. Por ello, articula cinco líneas de acción principales:

Corredores verdes y macromanzanas: Reconfiguran el espacio público para priorizar peatones, bicicletas y modos masivos, reduciendo la dependencia del automóvil y habilitando entornos más seguros, especialmente para mujeres en horarios valle y nocturnos.

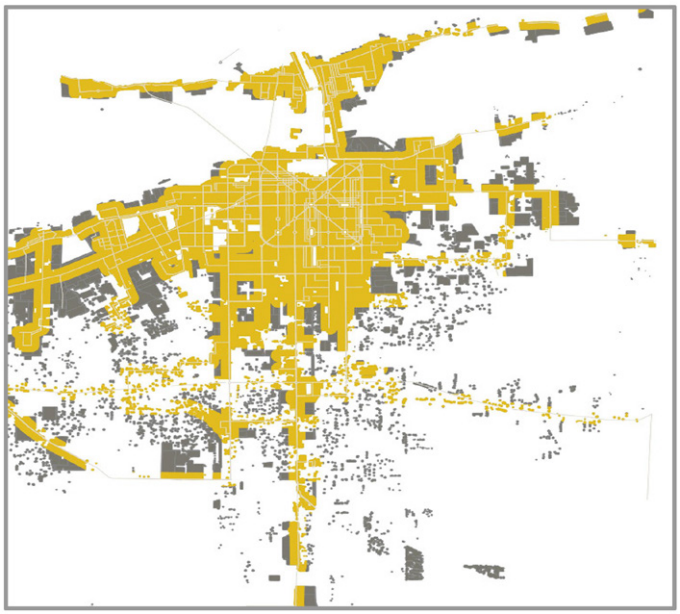
Red vial estructurante: Propone una jerarquización clara de arterias, continuidad en zonas periurbanas, corredores exclusivos o prioritarios para transporte masivo y un aumento de la velocidad comercial de los buses. Esta infraestructura mejora la cobertura en áreas periféricas —donde la brecha de género en movilidad es más profunda—.

Intermodalidad plena: La integración tren–BRT–bus–bicicleta–peatonalidad permite reducir tiempos de viaje, disminuir trasbordos inseguros y garantizar continuidad en las cadenas de cuidado. Las mujeres, que realizan más viajes encadenados, son las principales beneficiarias.

Centralidades de proximidad: La reorganización del territorio hacia centrales múltiples busca reducir viajes motorizados, mejorando la eficiencia del tiempo cotidiano y disminuyendo la carga de movilidad del cuidado.

Accesibilidad universal: La movilidad se concibe como derecho urbano, incorporando criterios de equidad territorial, de género y de inclusión de zonas periurbanas y rurales. Esto redistribuye oportunidades para hogares que dependen del transporte público.

Ilustración 1: Cobertura de Transporte Público en el Gran La Plata - Berisso



Ensenada para 2024.Fuente OMUGLP IIPAC CONICET UNLP. Elaboración POT 2025.

Cinco niveles de intervención para reorganizar la movilidad: El POT despliega su estrategia a través de cinco niveles interdependientes, que actúan desde la estructura general hacia la operación cotidiana:

1. Reestructuración y jerarquización de la red vial y de transporte: Incluye redefinir arterias estructurales, asegurar continuidad vial en periferias, consolidar corredores de transporte masivo y organizar flujos urbanos mediante macromanzanas y áreas pacificadas. Esta estrategia restituye velocidad comercial y previsibilidad, elementos esenciales para reducir el tiempo de viaje de mujeres que sostienen cadenas múltiples de movilidad.

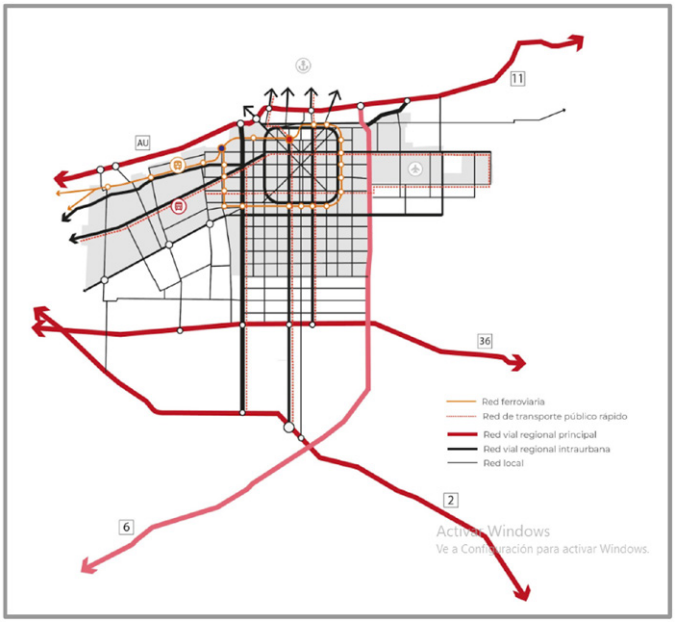
2. Fortalecimiento del sistema de transporte público: Propone mejorar la cobertura, frecuencia, integración modal y calidad del servicio bajo criterios de género, equidad territorial y eficiencia energética. La meta es revertir el actual reparto modal del 30% hacia un 40% en 2030 y 60% en 2040, recuperando usuarios del auto particular. Las principales acciones incluyen:

(a) nueva concesión 2026–2036 con enfoque metropolitano.
(b) integración operativa tren–BRT–bus;
(c) plataforma digital unificada ("App Única") con información en tiempo real, participación ciudadana y mecanismos seguros de denuncia;
(d) condicionalidades técnicas y sociales para la asignación de subsidios.

3. Promoción de la movilidad activa: Despliega una red continua de bicisendas articulada con estaciones ferroviarias, corredores BRT y centralidades urbanas, junto con senderos peatonales jerarquizados y áreas pacificadas. Esta infraestructura promueve alternativas para viajes cortos y medianos, disminuye costos, reduce emisiones y mejora

la seguridad —dimensión crítica para las mujeres, especialmente en tramos nocturnos o áreas aisladas.

Ilustración 3: Estrategia de Movilidad y transporte para la ciudad de La Plata en el marco del Plan de Ordenamiento del Bicentenario



Fuente: POT 2025.

4. Gestión del automóvil particular: Incluye medidas para reducir viajes innecesarios, ordenar el estacionamiento, implementar pacificación vial, mejorar la seguridad y promover incentivos hacia modos masivos. El objetivo es contener el crecimiento de la motorización y reducir la congestión, mejorando el tiempo cotidiano —un recurso desigual por género.

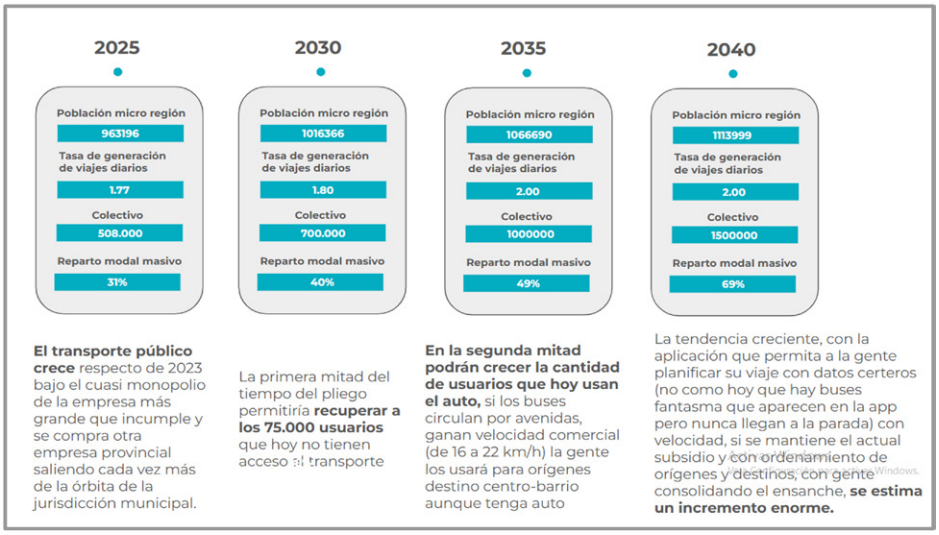
5. Integración metropolitana: La movilidad del Gran La Plata exige coordinación intermunicipal. El POT propone planes articulados con Berisso y Ensenada; fortalecimiento de ejes viales regionales (RP6, RP36, Av. 90); mejora de accesos como la bajada de la Autopista Bs. As.–La Plata; infraestructura logística para cargas y conectividad regional. Estas acciones buscan construir un sistema urbano integrado que reduzca la dependencia del automóvil y mejore la movilidad cotidiana de personas que realizan viajes de cuidado interjurisdiccionales.

En este contexto se propone un enfoque de género transversal en la estrategia: La innovación del POT reside en que cada intervención incorpora criterios de género, seguridad, accesibilidad y cuidado. Esto incluye: recorridos alineados con polos laborales feminizados; paradores seguros e iluminación integral; protocolos de actuación ante acoso y violencia en el transporte; capacitación obligatoria en género para personal de conducción; prioridad a modos masivos que reduzcan desigualdades en el uso del tiempo; integración modal que evita trasbordos inseguros e innecesarios. En este sentido, el POT deja de concebir la movilidad como infraestructura y la trata como política pública para la igualdad.

4. ESCENARIOS FUTUROS Y ESTRATEGIAS

La construcción de escenarios futuros permite dimensionar cómo las decisiones actuales en materia de movilidad pueden amplificar o revertir las desigualdades existentes, particularmente aquellas que afectan a las mujeres y diversidades, principales usuarias del transporte público y protagonistas de la movilidad del cuidado.

Ilustración 4: Escenarios futuros de corto, mediano y largo plazo para el establecimiento de las metas de reparto modal para la ciudad de La Plata y su región en el marco del Plan de Ordenamiento del Bicentenario



Fuente: POT 2025.

1. Escenario tendencial: profundización de la desigualdad de género

Bajo continuidad del modelo actual, la movilidad platense seguiría organizada de manera regresiva: Reparto modal del transporte público estancado en torno al 30%. Congestión creciente en el casco, aumentando tiempos de viaje y exposición al riesgo. Persistencia de desconexiones periféricas, ampliando la brecha de accesibilidad para mujeres cuidadoras. Mayor dependencia del automóvil particular entre sectores medios, reforzando desigualdades socioespaciales. Riesgos persistentes en entornos de espera y durante los viajes.

Este escenario fortalece la desigualdad de género en movilidad: las mujeres dedican más tiempo a sus itinerarios cotidianos, tendrían más dificultades para acceder al empleo, mantendrían mayor vulnerabilidad en recorridos nocturnos y seguirán cautivas de un sistema que no responde a sus patrones reales de desplazamiento.

2. Escenario incremental: mejoras operativas con impacto limitado en el cuidado

Un escenario intermedio podría incorporar mejoras operativas parciales (mayor cumplimiento de frecuencias, mejor información al usuario), lo que traería beneficios

puntuales para usuarias cautivas. Sin embargo: no alteraría las condiciones estructurales de accesibilidad, no resolvería la seguridad en rutas ni entornos de espera, no incorporaría recorridos sensibles a la movilidad del cuidado, no modificaría la gobernanza fragmentada que invisibiliza la experiencia de las mujeres. En términos de género, este escenario mitiga síntomas pero no cambia reglas. 3. Escenario POT: movilidad integrada con equidad de género. El escenario de implementación plena del POT plantea una transformación estructural cuya potencia radica en la articulación entre territorio, movilidad y cuidado. Sus efectos esperados incluyen:

a) Reequilibrio del tiempo cotidiano: La mejora de la cobertura, la integración tren–BRT–bus y el aumento de la velocidad comercial reducirían significativamente los tiempos de viaje, especialmente para quienes realizan cadenas complejas de desplazamientos (cuidado, trámites, acompañamientos).

b) Accesibilidad territorial igualitaria: La densificación en corredores estratégicos y la jerarquización vial permitirían acercar viviendas, servicios y empleos, beneficiando a mujeres de periferias con severa penalización temporal actual.

c) Seguridad como eje: Macromanzanas, áreas pacificadas, nodos de iluminación integrada y paradores seguros reducen riesgos en horarios valle y nocturnos, clave para la autonomía de las mujeres.

d) Transporte como garante del derecho al cuidado: La planificación de recorridos alrededor de polos laborales feminizados (hospitales, escuelas, cuidados) reconoce al cuidado como función urbana estructural y no como externalidad doméstica.

e) Gobernanza con participación ciudadana vinculante: La Mesa de Movilidad Cotidiana incorpora la voz de las usuarias, tradicionalmente marginadas del proceso de diseño y evaluación del sistema.

f) Impacto proyectado en números: Según estimaciones del POT: +75.000 usuarias/os recuperados hacia 2030. +1,5 millones de viajes diarios en modos masivos hacia 2040. Reducción significativa de tiempos de viaje y congestión en el casco. Mayor accesibilidad para zonas rurales y periurbanas, donde las mujeres son usuarias cautivas.

Este escenario es el único que reduce la desigualdad de género en movilidad, pues actúa sobre las causas estructurales: forma urbana, distancia, tiempo, seguridad, gobernanza y calidad del servicio.

5. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

El análisis desarrollado permite afirmar que el transporte público de La Plata se encuentra en el centro de un entramado que combina desigualdades territoriales, brechas de género y déficits de gobernanza. La movilidad cotidiana evidencia que las mujeres —principales usuarias del sistema— enfrentan tiempos de viaje más prolongados, mayores niveles de inseguridad, menor previsibilidad y menos alternativas modales; mientras que la forma urbana dispersa, la desconexión periférica y el bajo rendimiento

del servicio amplifican y territorializan estas desventajas. El resultado es un sistema que reproduce desigualdades ya asentadas en la estructura socioespacial platense.

El POT introduce una ruptura conceptual fundamental al reconocer que la movilidad no puede planificarse como un conjunto de infraestructuras aisladas, sino como una política de igualdad, cohesión territorial y sostenibilidad. Su aporte más significativo no reside únicamente en reorganizar flujos o jerarquizar corredores, sino en situar la movilidad del cuidado como dimensión constitutiva de la vida urbana. En ciudades latinoamericanas, y particularmente en La Plata, la vida cotidiana depende en gran medida de la capacidad de las mujeres para desplazarse hacia escuelas, centros de salud, espacios de cuidado, empleos feminizados y abastecimientos esenciales. Un transporte público ineficiente limita esa capacidad y se convierte, por tanto, en un factor directo de desigualdad de género.

En este sentido, la redistribución del tiempo —quizás el recurso más escaso y desigualmente distribuido en la ciudad contemporánea— emerge como uno de los impactos más relevantes de la estrategia del POT, sustentada en la reconfiguración territorial basada en compacidad, accesibilidad y completamiento de infraestructuras circulatorias y de transporte. La integración tren–BRT–bus, la jerarquización vial, la movilidad activa, el fortalecimiento de la seguridad en nodos y recorridos y la participación vinculante tienen el potencial de reducir tiempos muertos, esperas inciertas y trasbordos innecesarios. Una disminución sustantiva del tiempo de viaje no sólo mejora la experiencia modal, sino que amplía oportunidades efectivas para acceder al trabajo, la educación, el cuidado y la recreación.

De igual manera, el nuevo modelo de gobernanza metropolitana que plantea el POT rompe con la fragmentación histórica que invisibilizó la experiencia de las usuarias, incorporando criterios de género en la asignación de subsidios, el diseño de recorridos, la fiscalización del servicio y los protocolos de seguridad. Esto implica pasar de un sistema que "tolera" la desigualdad a uno que produce equidad de manera activa, reconociendo que la movilidad es un derecho que debe ser garantizado desde el Estado y no una responsabilidad individual de quienes enfrentan mayores barreras.

En síntesis, el POT reconfigura la movilidad como política estratégica de justicia espacial y de género. Aporta un marco territorial que permite que el transporte público recupere centralidad modal, reorienta el diseño del sistema hacia las necesidades de quienes más dependen de él, y articula movilidad, cuidado y derecho a la ciudad bajo una estructura coherente de decisiones sostenibles. Propone un horizonte metropolitano donde la desigualdad de género en movilidad no se naturalice, sino que se revierta de manera estructural.

La efectividad del POT dependerá de su implementación sostenida, de la calidad de la nueva licitación 2026–2036 y de la capacidad del municipio para construir una gobernanza que incorpore evidencia, participación y canales permanentes de comunicación con usuarias y usuarios actuales y potenciales. Si estos elementos convergen, La Plata podrá convertirse en una referencia nacional y regional para pensar modelos de movilidad urbana donde la equidad de género no sea un agregado discursivo, sino el criterio básico que organiza el funcionamiento del sistema.

6. BIBLIOGRAFÍA

Aón, L. C. (2020). Movilidad cotidiana y desigualdad territorial en ciudades intermedias argentinas. IIPAC–CONICET–UNLP.

Aón, L. C. (2021). Desigualdades de género en la movilidad urbana: tiempos, accesibilidad y estructura socio-espacial. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata.

Cebollada, A. (2006). La movilidad cotidiana: conceptos, teorías y métodos. Revista de Geografía Norte Grande, 35, 7–22.

Coutras, J. (1996). Espaces urbains, espaces de femmes. Paris: L'Harmattan.

Díaz Muñoz, M. (1995). Movilidad cotidiana y género: aproximaciones conceptuales para el análisis urbano. Revista Latinoamericana de Estudios del Transporte, 1(2), 45–62.

INDEC. (2021). Encuesta Nacional de Uso del Tiempo (ENUT). Instituto Nacional de Estadística y Censos, Argentina.

Jirón, P. (2007). Implicancias de género en la movilidad urbana: experiencias desde América Latina. Serie Mujer y Desarrollo, CEPAL.

Jirón, P. (2013). On becoming "transporter": The mobilities of the poor in Santiago de Chile. Journal of Transport Geography, 24, 39–46.

Miralles-Guasch, C. (1998). Ciudad y transporte: el binomio imperfecto. Icaria Editorial.

Observatorio de Movilidad Urbana del Gran La Plata (OMUGLP). (2023). Informe anual de movilidad y transporte público. Universidad Nacional de La Plata.

ONU-Hábitat. (2015). Gender and Urban Planning. United Nations Human Settlements Programme.

Plan de Ordenamiento Territorial del Partido de La Plata (POT). (2024–2025). Documentos de trabajo y bases para la movilidad sostenible. Municipalidad de La Plata.

Segura, R. (2012). Movilidad cotidiana y desigualdad urbana en la Argentina contemporánea. Estudios Demográficos y Urbanos, 27(2), 389–420.

Sánchez de Madariaga, I. (2009). The mobility of care: The missing link in gender-equality policies. Journal of Transport Geography, 17(3), 199–205.

UNLP – Instituto de Investigaciones y Políticas del Ambiente Construido (IIPAC). (2019). Encuesta de movilidad urbana del Gran La Plata. Universidad Nacional de La Plata.

ALATPU

Tecnológico de Monterrey

Ponencias

Transporte Ferroviario

DESARROLLO DE UN MICROSIMULADOR DEL FLUJO DE PASAJEROS EN AMBIENTES DEL TRANSPORTE PÚBLICO

Rodrigo Fernández
Universidad de los Andes, Santiago, Chile, rfa@miuandes.cl

Vicente Covarrubias
Universidad de los Andes, Santiago, Chile, vicova42@gmail.con

RESUMEN

Los modelos microsimulación constituyen la herramienta más detallada para la representación de flujos de tráfico. Sin embargo, la mayoría de ellos está orientada a modelar el comportamiento de los vehículos en las calles. Como consecuencia, los usuarios de transporte público suelen ser representados con menos detalle del requerido para una buena gestión y diseño de infraestructuras como estaciones de ferrocarriles urbanos, corredores segregados de buses, estaciones intermodales, pasajeros en andenes, entre otras. Si bien existe software comercial para este objetivo, su desventaja es el costo de las licencias y la condición de caja negra de su funcionamiento. Este trabajo muestra el desarrollo y aplicación de un software simple pero operativo de simulación que es capaz de representar las interacciones entre pasajeros e infraestructuras del transporte público. Su aplicación se validó en una estación del Metro de Santiago y se generaron escenarios experimentales que mostraron que el modelo reproduce adecuadamente las dinámicas observadas.

1. INTRODUCCIÓN

El análisis del flujo de pasajeros en ambientes del transporte público, como estaciones de ferrocarriles urbanos, sistemas de buses en corredores segregados o terminales intermodales, permite diagnosticar cuellos de botella y evaluar decisiones de diseño, operación y gestión. Comprender cómo las personas se desplazan, interactúan y responden a variaciones en la demanda o en la infraestructura permite aumentar la capacidad del sistema, mejorar la experiencia del usuario y reducir riesgos o incidentes operacionales (Daamen y Hoogendoorn, 2003; Teknomo, 2002).

La microsimulación de pasajeros se ha consolidado como una metodología idónea para representar su comportamiento individual y sus interacciones con el entorno. Este enfoque ha sido aplicado exitosamente en el análisis de estaciones ferroviarias, aeropuertos y terminales de buses, utilizando modelos de agentes o enfoques basados en fuerzas sociales (Helbing y Molnár, 1995; Burghout et al., 2006). Sin embargo, la mayoría de las herramientas comerciales disponibles presentan barreras significativas. Su alto costo, la falta de transparencia en los algoritmos y la rigidez de sus arquitecturas dificultan la calibración, la replicabilidad y la adaptación a contextos locales (Pelechano et al., 2007; Zhang et al., 2012).

Este escenario evidencia un vacío, especialmente en países latinoamericanos, donde el desarrollo de modelos abiertos, configurables y empíricamente validados podría ampliar el acceso a herramientas de análisis y fomentar la transferencia tecnológica. En respuesta a este desafío, el objetivo del presente trabajo es mostrar un modelo de microsimulación de pasajeros en el transporte público.

Este artículo se organiza de la siguiente manera. La Sección 2 presenta los antecedentes sobre microsimulación de peatones en general. En la Sección 3 se describe el modelo propuesto. La Sección 4 detalla el caso de aplicación. Los resultados de la aplicación son presentados en la Sección 5. Finalmente, en la Sección 6 se presentan las principales conclusiones.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Dentro de los modelos microscópicos de simulación de peatones existen varios enfoques alternativos, los que se resumen a continuación.

Los modelos Celular Costo-Beneficio (CCBM) proponen una cuadrícula donde cada celda representa una posible posición para el pasajero. El desplazamiento de cada individuo depende de un cálculo de beneficio neto, basado en la distancia al objetivo y el costo asociado a la ocupación de celdas cercanas a otros peatones. Este modelo resulta útil para representar flujos en espacios cerrados, donde las personas tienden a buscar trayectorias de menor resistencia o costo (Kretz et al., 2006a; Kretz et al., 2006b).

Los modelos de Autómatas Celulares (CA) se basan en una red discreta de celdas donde cada una cambia de estado en función de reglas locales de proximidad. En este esquema, un pasajero se mueve hacia una celda adyacente siguiendo reglas preestablecidas que

consideran la ocupación de celdas vecinas y la dirección del flujo. Este enfoque permite reproducir patrones colectivos de movimiento y fenómenos emergentes (Blue & Adler, 1998; Schadschneider, 2001; Kirchner et al., 2003). Un comportamiento emergente es un patrón que surge de la interacción local de los componentes de un sistema sin haber sido explícitamente programado.

En los modelos de Fuerza Magnética, los peatones se comportan como partículas que se mueven dentro de un campo de fuerzas, desplazándose hacia su objetivo (atracción) mientras evitan colisiones con los otros (repulsión). Este enfoque aplica la analogía de las interacciones magnéticas o eléctricas para definir trayectorias y magnitudes de repulsión o atracción entre individuos. Es útil en entornos donde la densidad de peatones varía y las interacciones son dinámicas (Okazaki & Matsushita, 1979; Gipps & Marksjö, 1985).

Por último, los modelos de Fuerza Social, desarrollados por Helbing y Molnár (1995), representan las interacciones entre peatones como "fuerzas sociales" que los impulsan a ajustar velocidad y dirección en función de otros individuos y obstáculos del entorno. Este enfoque permite reproducir fenómenos emergentes como la formación de "carriles" de personas, la autoorganización de flujos opuestos y las oscilaciones en cuellos de botella (Helbing & Molnár, 1995; Helbing, Farkas, & Vicsek, 2000).

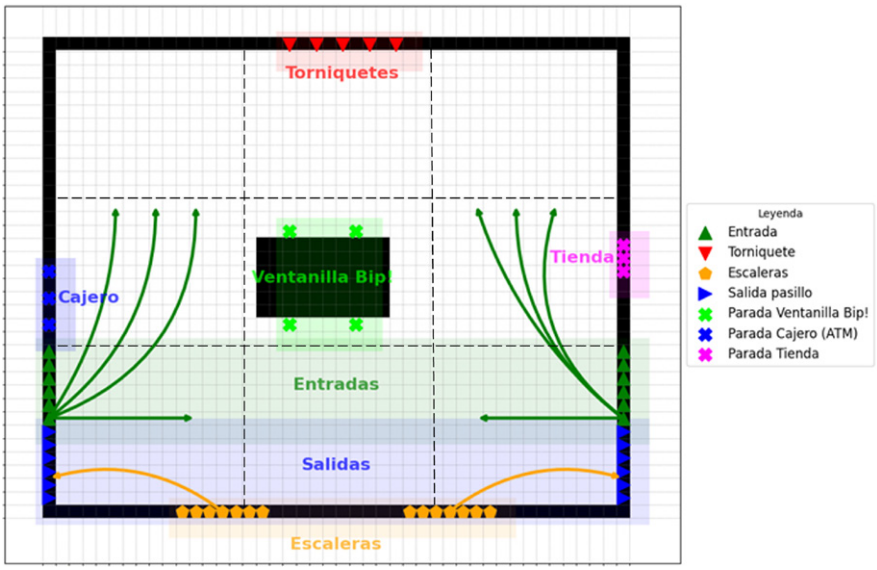
3. DESCRIPCIÓN DEL MODELO[1]

El modelo desarrollado se basa en la metodología de autómatas celulares, un enfoque discreto en espacio y tiempo que permite representar y modelar el comportamiento colectivo de pasajeros en espacios complejos como una estación de tren urbano. La elección de este enfoque se fundamenta en su capacidad para representar interacciones locales, flujos densos y patrones emergentes a partir de reglas simples de movimiento. Cada pasajero se comporta como una entidad autónoma que toma decisiones basadas en el estado de las celdas vecinas, sus objetivos asignados y las condiciones del entorno. En este modelo, el espacio físico se discretiza en una grilla bidimensional compuesta por celdas de 0.5 x 0.5 metros que ocupa un solo pasajero en cada instante. De igual manera, el tiempo avanza en pasos discretos de un segundo, lo que permite sincronizar los eventos de generación, movimiento y salida de los pasajeros.

En la Figura 1 se muestra nuestro modelo de autómatas celulares representando la mesanina (entrepiso donde están las boleterías y torniquetes) de una estación de metro mediante una grilla de celdas. Se visualizan obstáculos, entradas, salidas y puntos de detención, torniquetes y escaleras, así como la dirección de los flujos de entrada y salida. Las líneas segmentadas delimitan zonas para el cálculo de densidades de pasajeros en cada una y son numeradas secuencialmente de izquierda a derecha en cada fila.

1 Para mayor especificación del modelo ver Covarrubias (2025), disponible según demanda.

Figura 1: Representación de la mesanina con dirección de los flujos de pasajeros

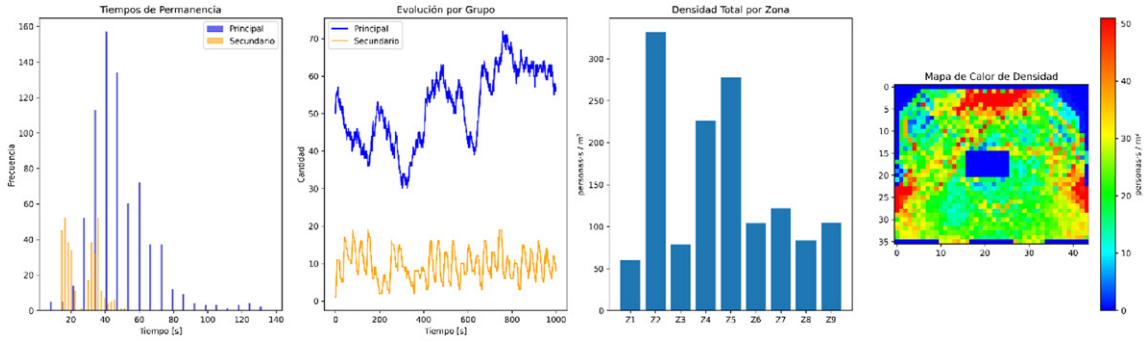


A través de su estructura jerárquica, se definen los siguientes parámetros del entorno y los pasajeros, permitiendo flexibilidad en la simulación:
- Dimensiones de la grilla.
- Ubicación de entradas y salidas.
- Posiciones de obstáculos, torniquetes, comercio y puntos intermedios.
- Velocidades por tipo de pasajero.
- Probabilidades de realizar paradas y sus tiempos de permanencias.
- Rutas principales y secundarias.

Cada pasajero generado recibe inicialmente una ruta específica hacia uno de los torniquetes o salidas disponibles, pudiendo optar por realizar paradas intermedias según las probabilidades asignadas. El sistema calcula las trayectorias óptimas mediante el algoritmo A*, considerando penalizaciones por congestión y obstáculos.

Los resultados de la simulación se presentan gráficos como los de la Figura 2. donde se puede ver el conjunto de visualizaciones generadas automáticamente que, de izquierda a derecha, son:
a) Histograma de tiempos de permanencia.
b) Evolución temporal del número de pasajeros.
c) Densidad acumulada por zona.
d) Mapa de calor espacial de ocupación en pasajeros por metro cuadrado.

Figura 2: Presentación gráfica de los resultados



El esquema del ciclo de simulación ejecutado en cada segundo es el siguiente:
i. Evaluación del estado de cada pasajero.
ii. Cálculo de posibles movimientos según reglas de prioridad.
iii. Resolución de conflictos de ocupación de celdas.
iv. Avance o espera de pasajeros según condiciones.
v. Actualización de estadísticas globales y locales.
vi. Verificación de condición de término.

La validación del modelo se realizó aplicando pruebas estadísticas y análisis comparativos entre los resultados de las simulaciones y datos recolectados en terreno. Los principales indicadores evaluados fueron los siguientes:
- Tiempos promedio de permanencia. Los valores simulados mostraron una correspondencia con los tiempos observados en la estación, ubicándose dentro de los márgenes esperados para sistemas peatonales (Daamen & Hoogendoorn, 2003; Helbing & Molnár, 1995).
- Porcentaje de egresos y remanentes. Se comprobó que la proporción de pasajeros que logró salir del sistema durante el tiempo de simulación es coherente con los valores reportados en estudios sobre dinámica peatonal y evacuación en estaciones de metro (Helbing, Farkas & Vicsek, 2000; Kirchner et al. ,2003)
- Distribución espacial de la ocupación. Los mapas de calor generados por el modelo fueron comparados con registros fotográficos y conteos manuales, revelando coincidencias con zonas de congestión y trayectorias observadas.
Además, se llevaron a cabo análisis de dispersión y correlación entre variables, como la relación entre la velocidad promedio y el tiempo de permanencia, los cuales confirmaron la existencia de relaciones causa-efecto consistentes y estadísticamente significativas.

4. CASO DE APLICACIÓN

El escenario experimental escogido para esta investigación corresponde a la mesanina de la estación Alcántara de la Línea 1 del Metro de Santiago. La mesanina tiene 18 metros de ancho por 22 metros de largo, con dos escaleras desde el andén, dos pasillos de entrada y salida al exterior y zonas diferenciadas por función, incluyendo áreas comerciales, puntos de recarga de tarjetas de viaje, cajeros automáticos, boletería y torniquetes de entrada a los andenes.

El objetivo del experimento de simulación fue analizar el comportamiento de los pasajeros, examinando cómo diferentes variables afectan las condiciones dentro de la mesanina. El enfoque metodológico se basó en realizar múltiples simulaciones en distintos escenarios diferenciados por la variación de los parámetros mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1: Rangos de parámetros de simulación

Parámetro	Valor	Descripción
Velocidad de los pasajeros	1,0 – 1,5 – 2,0 m/s	Velocidades asignadas aleatoriamente a cada pasajero
Velocidad de los pasajeros	15%	Porcentaje de pasajeros que hace una parada intermedia
Tiempo ocupado en paradas intermedias	20 – 45 s	Tiempo asignado a cada pasajero en una parada intermedia en la mesanina

Para evaluar escenarios se definieron cuatro variantes, las que se muestran en la Tabla 2. Esto permitió un examen *ceteris paribus* del impacto de cada una sobre el comportamiento global del sistema. Los factores modificados fueron:
a) Velocidad individual de los pasajeros.
b) Flujo de ingreso por diferentes accesos.
c) Tiempo de permanencia en zonas de servicio.
d) Disposición espacial de entradas y salidas.
e) Introducción de eventos de alta demanda.

Tabla 2: Escenarios de simulación

Variable	Valor	Objetivo
Velocidad de los pasajeros	2,0 m/s	Evaluar el impacto en la descongestión
Tiempo en paradas intermedias	35 s	Evaluar el efecto de tiempos de atención más rápidos
Cantidad de pasajeros en el sistema	Duplica la llegada de pasajeros	Simular una congestión por arribo masivo de pasajeros
Posición de las entradas y salidas	Cambia la ubicación de accesos y egresos	Evaluar distribución espacial en la congestión localizada

5. RESULTADOS

Uno de los aspectos para evaluar la eficiencia de un espacio del transporte público es la distribución del uso del lugar y los niveles de congestión en distintas áreas. Para ello, se implementaron mapas de calor que registran la ocupación de cada celda de la grilla a lo largo del tiempo de simulación. Este enfoque permite identificar visualmente las zonas de mayor flujo, los puntos de congestión recurrente y la efectividad del diseño espacial en la circulación de pasajeros. Por concisión se presentan solo los resultados correspondientes dos escenarios: el escenario base y el escenario en el cual todos los pasajeros marchan a 2,0 m/s.

En el escenario base (Figura 3), se observa alta densidad de pasajeros en la zona de torniquetes y en ambas entradas a la mesanina. En el resto del área, los pasajeros están más dispersos, con tendencia a formar una fila a la izquierda de la mesanina. El rectángulo azul son las boleterías.

Al aumentar la velocidad de los pasajeros a 2 m/s, se aprecia que en los torniquetes los pasajeros están más agrupados y aparece un interesante comportamiento emergente, consistente en la formación de dos flujos similares esquivando zona de la boletería. La zona inferior de la mesanina y de las entradas está menos densa, producto de que los pasajeros, al caminar más rápido, la desocupan antes (Figura 4).

Figura 3: Mapa de calor en el escenario base

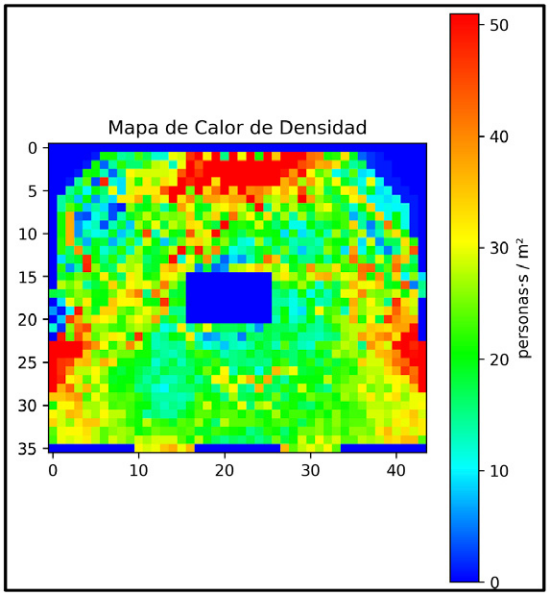
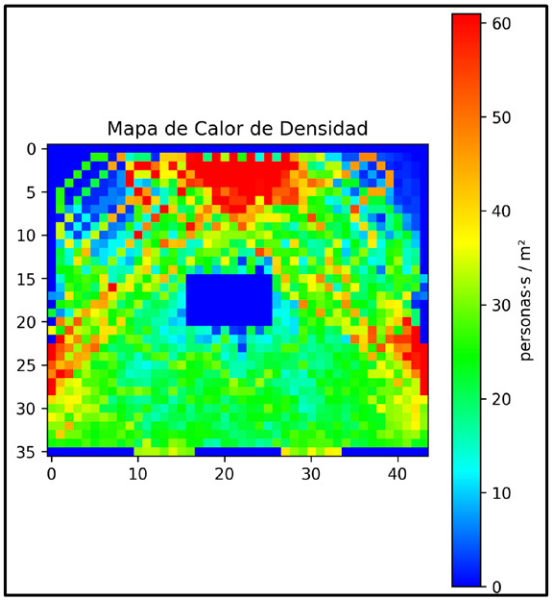


Figura 4: Mapa de calor para una velocidad de caminata 2 m/s



El análisis comparativo de las Figuras 3 y 4 permite concluir que el aumento de la velocidad de caminata de los pasajeros tiene un efecto positivo en la reducción de la congestión localizada. En otros escenarios, también se notó como algo positivo la redistribución de entradas y salidas (Covarrubias, 2025).

6. CONCLUSIONES

A partir del desarrollo del simulador y de su validación empírica se concluye que nuestro objetivo fue alcanzado. Se logró construir un modelo adaptable y funcional, que permite representar el flujo de pasajeros en espacios reales y que también puede ser ajustado para analizar otros escenarios. Además, como era nuestro propósito, no es una solución cerrada, sino una plataforma de modelación. Aunque el modelo fue desarrollado utilizando como base una estación del Metro de Santiago, su diseño permite la aplicación en una otros entornos, sin necesidad de alterar la estructura del código fuente.

Gracias a su arquitectura basada en autómatas celulares y su configuración externa mediante archivos .JSON, el modelo puede adaptarse a diferentes distribuciones espaciales, condiciones de operación y lógicas de ingreso y salida de pasajeros. Esto significa que, a partir de un nuevo levantamiento geométrico, es posible representar distintos espacios sin necesidad de recodificar el modelo. Así, por ejemplo, podría simularse con el mismo motor computacional el flujo en una estación intermodal, un andén de trenes, un terminal de buses o una sección de aeropuerto.

Los resultados obtenidos confirman que la microsimulación constituye una herramienta eficaz para el estudio y diseño de sistemas de transporte público. A diferencia de los enfoques macroscópicos, permite capturar fenómenos locales y dinámicos, así como comportamientos emergentes que enriquecen la comprensión del sistema.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al profesor Carlos Cartes, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Sebastián (Chile), por su colaboración en el desarrollo conceptual de esta investigación.

REFERENCIAS

Blue, V. J., & Adler, J. L. (1998). Emergent fundamental pedestrian flows from cellular automata microsimulation. *Transportation Research Record*, 1644(1), 29–36. https://doi.org/10.3141/1644-04

Burghout, W., Koutsopoulos, H. N., & Andréasson, I. (2006). A discrete-event simulation model for coupled traffic and public transport systems. *Transportation Research Record*, 2003(1), 82–91.

Covarrubias, V. (2025). *Microsimulación de pasajeros en ambientes del transporte público*. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil en Obras Civiles, Universidad de los Andes, Santiago, Chile.

Daamen, W., & Hoogendoorn, S. P. (2003). Experimental research of pedestrian walking behavior. *Transportation Research Record*, 1828(1), 20–30.

Gipps, P. G., & Marksjö, B. (1985). A micro-simulation model for pedestrian flows. *Mathematics and Computers in Simulation*, 27(2–3), 95–105. https://doi.org/10.1016/0378-4754(85)90027-8

Helbing, D., & Molnár, P. (1995). Social force model for pedestrian dynamics. *Physical Review E*, 51(5), 4282–4286. https://doi.org/10.1103/PhysRevE.51.4282

Helbing, D., Farkas, I. J., & Vicsek, T. (2000). Simulating dynamical features of escape panic. *Nature*, 407(6803), 487–490. https://doi.org/10.1038/35035023

Kirchner, A., Klüpfel, H., Nishinari, K., Schadschneider, A., & Schreckenberg, M. (2003). Simulation of competitive egress behavior: Comparison with aircraft evacuation data. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 324(3–4), 689–697. https://doi.org/10.1016/S0378-4371(02)01957-8

Kretz, T. (2007). *Pedestrian traffic: Simulation and experiments* [Doctoral dissertation, University of Duisburg-Essen]. https://doi.org/10.5281/zenodo.35392

Kretz, T., Grünebohm, A., & Schreckenberg, M. (2006). Experimental study of pedestrian flow through a bottleneck. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2006(10), P10014. https://doi.org/10.1088/1742-5468/2006/10/P10014

Kretz, T., Grünebohm, A., Kaufman, M., Mazur, F., & Schreckenberg, M. (2006). Experimental study of pedestrian counterflow in a corridor. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2006(10), P10001. https://doi.org/10.1088/1742-5468/2006/10/P10001

Okazaki, S., & Matsushita, S. (1979). A study of simulation model for pedestrian movement with evacuation and wandering behaviors. *Japan Architectural Review*, 44(2), 283–294.

Pelechano, N., Allbeck, J. M., & Badler, N. I. (2007). Controlling individual agents in high-density crowd simulation. In *Proceedings of the 2007 ACM SIGGRAPH/Eurographics Symposium on Computer Animation*.

Schadschneider, A. (2001). *Cellular automaton approach to pedestrian dynamics – Theory*. In M. Schreckenberg & S. D. Sharma (Eds.), Pedestrian and evacuation dynamics (pp. 75–86). Springer.

Teknomo, K. (2002). *Microscopic pedestrian flow characteristics: Development of an image processing data collection and simulation model* [Doctoral dissertation, University of Tokyo].

Zhang, J., Klingsch, W., Schadschneider, A., & Seyfried, A. (2012). Transitions in pedestrian fundamental diagrams of straight corridors and T-junctions. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2012(02), P02002.

SINISTROS NA ZONA LESTE DE MANAUS (AM), BRASIL: MAPEAMENTO E PADRÕES ESPAÇO-TEMPORAIS

Kattylinne de Melo Barbosa
Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil, kdbarbosa@uea.edu.br

Valdete Santos de Araújo
Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil, vsaraujo@uea.edu.br

Felipe Ferreira da Silva
Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil, ffds.eng19@uea.edu.br

RESUMO

A Zona Leste de Manaus,AM-Brasil, permanece entre as áreas mais críticas da cidade em sinistros de trânsito em 2025, destacando-se as avenidas Cosme Ferreira, Autaz Mirim e Itaúba como pontos de alta incidência de acidentes e vítimas fatais. O estudo analisou dados de instituições como IMMU, DETRAN-AM e SAMU, mapeando sinistros de janeiro a julho de 2025. Técnicas como geocodificação, Kernel Density e análise de hotspots em QGIS identificaram maior risco em trechos com alta mistura modal, iluminação insuficiente e ausência de refúgios para pedestres, evidenciando a concentração de colisões e atropelamentos, especialmente no período noturno. Em 2025, a Avenida Cosme Ferreira, respondeu por oito mortes confirmadas, configurando-se entre as vias mais perigosas para motociclistas e pedestres. A frota de motocicletas superior a 330 mil unidades reforça o vínculo entre expansão do modal e gravidade dos sinistros. Entre as medidas propostas para mitigação estão redução de velocidade, melhorias na sinalização, instalação de travessias elevadas, faixas de retenção avançada e iluminação dirigida em pontos críticos. O estudo reforça a necessidade de políticas de segurança viária territorializadas e pautadas em evidências, visando reduzir fatalidades e promover um ambiente urbano mais seguro.

1. INTRODUÇÃO

A segurança viária constitui um dos maiores desafios urbanos contemporâneos, sobretudo em cidades de rápido crescimento e com infraestrutura viária desigual, como é o caso de Manaus, capital do estado do Amazonas no Brasil. O município possui uma frota superior a 1,01 milhão de veículos, dos quais aproximadamente 339 mil são motocicletas, representando 33% do total registrado em 2025 (IMMU, 2025). Essa expansão motorizada, aliada à ocupação urbana desordenada e à limitação de políticas efetivas de moderação de tráfego, tem refletido diretamente no aumento da frequência e da gravidade dos sinistros de trânsito, especialmente na Zona Leste, área com elevada densidade populacional e carência de infraestrutura segura para pedestres e motociclistas.

De acordo com o Anuário Estatístico 2024 do Departamento Estadual de Trânsito do Amazonas (DETRAN-AM, 2025), o estado registrou 460 vítimas fatais no trânsito, sendo 325 na capital. As avenidas Cosme Ferreira, Autaz Mirim e Itaúba figuraram entre as vias com maior número de ocorrências letais. No primeiro semestre de 2025, a Prefeitura de Manaus contabilizou 142 mortes no trânsito, redução de 17% em relação ao mesmo período de 2024, mas ainda com 67 óbitos de motociclistas – 47% do total (PMM, 2025). O Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) relatou 7.846 atendimentos relacionados a sinistros, dos quais 71% envolveram motocicletas, confirmando a vulnerabilidade desse modal (SAMU, 2025).

A Zona Leste apresenta uma dinâmica viária peculiar, caracterizada por corredores arteriais intensos, uso misto do solo e tráfego simultâneo de veículos leves, coletivos, motocicletas e pedestres. A configuração urbana, associada à ausência de travessias elevadas e de sinalização horizontal eficaz, favorece a ocorrência de colisões e atropelamentos noturnos, frequentemente agravados por condições de baixa visibilidade e deficiência na drenagem superficial, que comprometem a aderência dos pavimentos. Esses fatores são coerentes com padrões identificados em estudos sobre pontos críticos de sinistros em cidades de porte médio (Vasconcelos, 2019; Silva & Araújo, 2021), onde a concentração de acidentes tende a ocorrer em áreas de confluência modal e fluxo intenso.

No contexto nacional, o Brasil figura entre os países com maiores taxas de mortalidade no trânsito, com 18,3 mortes por 100 mil habitantes (OMS, 2023). A Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Ministério dos Transportes têm enfatizado a necessidade de adoção do paradigma “Visão Zero”, que reconhece o erro humano como inevitável, mas inaceitável quando resulta em fatalidades. No caso de Manaus, essa perspectiva ainda é incipiente, embora haja iniciativas municipais em curso, como a expansão da fiscalização eletrônica e o Programa Vida no Trânsito, implementado com apoio do Ministério da Saúde e da OPAS desde 2011 (MS/OPAS, 2024).

Além dos fatores físicos e operacionais, é importante destacar que os sinistros de trânsito na Zona Leste possuem também características sociais e comportamentais marcantes. Grande parte da população residente depende do transporte individual motorizado, principalmente motocicletas, para deslocamentos diários até áreas centrais de emprego e estudo. A precariedade do transporte público coletivo, a ausência de infraestrutura

cicloviária e a limitada oferta de travessias seguras estimulam práticas de risco, como o avanço de sinal e o tráfego em velocidade acima do limite permitido (IMMU, 2025). Tais condições criam um ambiente urbano vulnerável, no qual a mobilidade se torna um fator de exclusão e risco, em vez de promover acessibilidade e segurança. Essa realidade reforça a necessidade de políticas públicas que integrem planejamento de transportes, fiscalização e educação viária, considerando as especificidades territoriais da cidade.

Nesse sentido, o uso de técnicas de geoprocessamento e análise espacial surge como uma ferramenta fundamental para compreender os padrões espaço-temporais dos sinistros e subsidiar intervenções baseadas em evidências. A aplicação de métodos como geocodificação de endereços, estimativa de densidade Kernel e identificação de hotspots permite visualizar a distribuição dos eventos e identificar os trechos com maior concentração de ocorrências (DETRAN-AM, 2025). Essa abordagem possibilita uma gestão orientada por dados, essencial para o cumprimento das metas da Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2021–2030, proposta pela ONU, que visa reduzir pela metade as mortes e lesões no trânsito até 2030 (ONU, 2023). Em Manaus, essa metodologia já começa a ser incorporada em iniciativas locais, oferecendo base técnica para decisões de engenharia, operação e fiscalização com foco na redução da letalidade e no fortalecimento da governança viária.

Diante desse cenário, a presente pesquisa tem como objetivo mapear os padrões espaço-temporais dos sinistros de trânsito na Zona Leste de Manaus, utilizando ferramentas de geoprocessamento e análise estatística. Busca-se identificar hotspots de risco, caracterizar os tipos de acidentes predominantes e propor estratégias de mitigação de baixo custo e alto impacto, com foco em proteção de usuários vulneráveis. Além de fornecer evidências empíricas à gestão pública, o estudo contribui para o avanço da Engenharia de Tráfego regional, ao integrar dados administrativos, registros de emergência e observações de campo em um modelo replicável de diagnóstico territorial.

2. METODOLOGIA

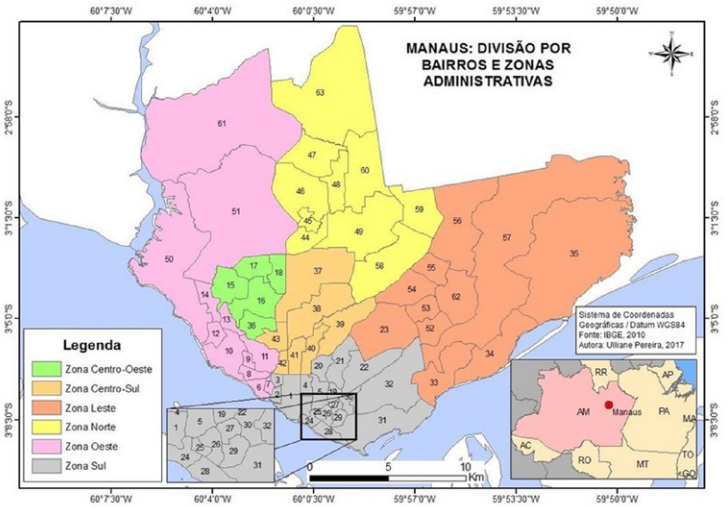
A metodologia adotada neste estudo fundamenta-se em uma abordagem quantitativa, descritiva e espacial, voltada à identificação de padrões espaço-temporais de sinistros de trânsito na Zona Leste de Manaus, compreendendo as avenidas Cosme Ferreira, Autaz Mirim e Itaúba como eixos prioritários de análise. O objetivo central foi transformar dados administrativos dispersos em evidências cartográficas capazes de orientar intervenções de engenharia e políticas públicas de segurança viária.

2.1 Área de estudo

A Zona Leste de Manaus é uma das regiões mais populosas da capital, com aproximadamente 480 mil habitantes (Figura 1), distribuídos em bairros de alta densidade, como Zumbi, São José, Jorge Teixeira e Tancredo Neves (PMM, 2025). O crescimento urbano acelerado nas últimas décadas, aliado à presença de vias arteriais de ligação com a Zona Sul e Centro, resulta em grande volume de tráfego motorizado, especialmente de motocicletas e ônibus urbanos. O uso do solo é predominantemente

residencial e comercial de baixa verticalização, com elevada interação entre pedestres e veículos, condição que amplia a vulnerabilidade dos usuários nas travessias.

Figura 1 – Mapa com a localização das zonas da cidade de Manaus



Fonte: Org. de Pereira, 2017.

2.2 Fontes de dados

Foram utilizadas três bases primárias de dados:

(a) Boletins de ocorrência e registros do Departamento Estadual de Trânsito do Amazonas (DETRAN-AM) referentes ao período de janeiro a julho de 2025, contendo informações sobre tipo de acidente, vítimas, data, hora e logradouro;

(b) Banco de ocorrências do Instituto Municipal de Mobilidade Urbana (IMMU), incluindo sinistros com vítimas fatais e não fatais, registrados pelo sistema de monitoramento viário municipal; e

(c) Relatórios do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU), que forneceram dados sobre o atendimento pré-hospitalar e o perfil das vítimas.

Complementarmente, foram consultadas notícias jornalísticas georreferenciadas de portais locais, para validação de casos de alta gravidade e atualização de registros subnotificados — uma prática recomendada por Vasconcelos (2019) e Maciel & Oliveira (2022) em análises de segurança viária urbana.

2.3 Processamento e tratamento dos dados

Os dados coletados foram inicialmente consolidados em planilhas do tipo CSV, com padronização textual dos endereços por meio da concatenação “logradouro + número + bairro + Manaus-AM + Brasil”. Essa padronização permitiu a execução do processo

de geocodificação automática no *software* QGIS 3.30, utilizando serviços gratuitos de geocodificação (*Google e Nominatim/OpenStreetMap*). Foram eliminadas duplicidades e inconsistências de endereços, adotando-se tolerância posicional média de 30 a 50 metros, conforme parâmetros do DENATRAN (2023) para estudos de malha urbana.

Após a validação posicional, procedeu-se à criação de um banco geográfico de pontos de sinistros, associado a atributos descritivos (data, tipo de acidente, número de vítimas, horário, condição climática, tipo de via e envolvimento modal). Em seguida, aplicou-se a Estimativa de Densidade Kernel com bandas de 150 a 300 metros, visando identificar áreas de concentração de sinistros e delimitar hotspots de alta severidade, conforme metodologia de Pereira *et al.* (2021). Foram também realizados recortes temporais (dia/noite e períodos seco/chuvoso) para detecção de variações sazonais.

2.4 Etapas analíticas

O processo analítico foi estruturado em cinco etapas:

1) Coleta e compilação de dados oficiais e jornalísticos;

2) Padronização e limpeza dos registros em planilha única;

3) Geocodificação e validação espacial dos pontos;

4) Análise espacial por densidade Kernel e clusterização temporal;

5) Interpretação dos resultados à luz de indicadores de exposição e severidade.

A análise de *cluster* temporal permitiu distinguir as janelas críticas de ocorrência — notadamente o período noturno/madrugada (22h às 5h) e os meses de maior pluviosidade (março a maio), quando há aumento expressivo de colisões e atropelamentos, corroborando o padrão descrito pelo DETRAN-AM (2025). Para cada hotspot identificado, foram levantadas informações complementares de campo e registros fotográficos, com o objetivo de caracterizar as condições locais de iluminação, drenagem, sinalização e visibilidade.

2.5 Limitações e controle de qualidade

Reconhecem-se limitações inerentes ao uso de bases administrativas, como subnotificação, heterogeneidade nos boletins e erros de geocodificação. Tais limitações foram mitigadas por meio de validação amostral (5% dos pontos) e auditorias de campo nos trechos críticos, especialmente nos cruzamentos da Cosme Ferreira com Grande Circular e Itaúba com Nathan Xavier de Albuquerque. Essa verificação reforçou a confiabilidade espacial dos resultados e permitiu ajustes pontuais na posição dos sinistros.

Em síntese, a metodologia combina análise estatística e espacial com foco na operacionalidade e replicabilidade, oferecendo uma ferramenta de apoio à decisão para órgãos municipais e estaduais. Ao utilizar recursos de código aberto, o método

proposto mantém baixo custo de implementação e alta aplicabilidade técnica para monitoramento contínuo da segurança viária.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

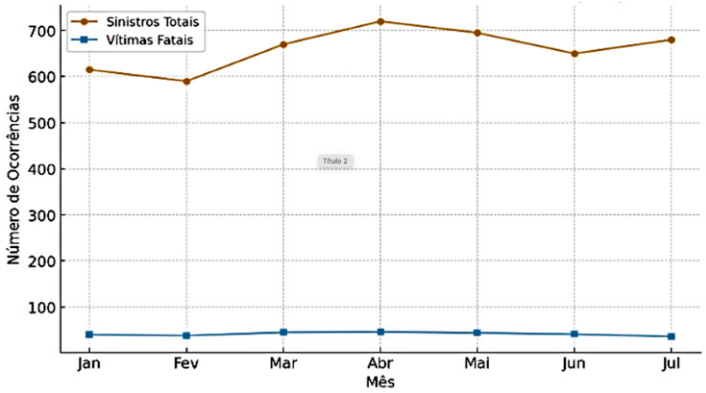
3.1 Evolução mensal dos sinistros

A Figura 2 apresenta a variação mensal dos sinistros e vítimas fatais na Zona Leste de Manaus durante os sete primeiros meses de 2025. Observa-se aumento progressivo entre fevereiro e abril, quando os sinistros atingem o pico de 720 ocorrências, coincidindo com o início do período mais chuvoso na capital.

A partir de maio, há discreta redução até julho, indicando provável efeito das ações de fiscalização intensificadas pelo IMMU nesse período.

A média mensal de sinistros foi de 660 registros, totalizando cerca de 4.620 ocorrências no semestre, valor compatível com o padrão histórico para a região. A letalidade média manteve-se em 6,4%, ligeiramente inferior à observada em 2023 e 2024, o que sugere avanços pontuais nas estratégias de fiscalização e sinalização, mas ainda sem impacto estrutural na redução das fatalidades.

Figura 2 – Sinistros e vítimas fatais na Zona Leste de Manaus (Jan–Jul/2025)

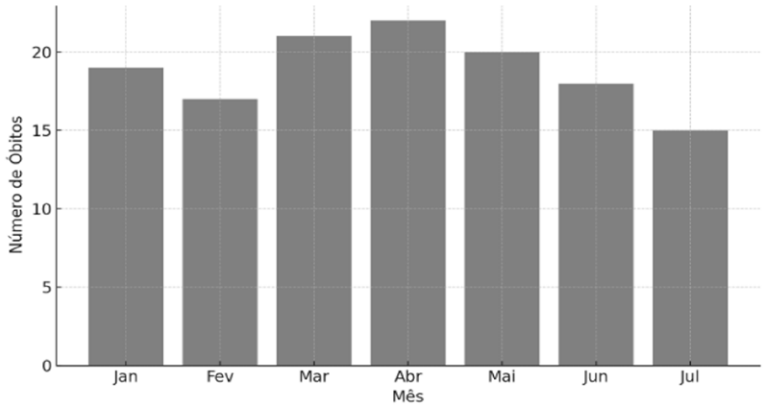


Fonte: IMMU, DETRAN-AM, 2025; elaboração própria.

3.2 Perfil das vítimas

A Figura 3 mostra a distribuição dos óbitos de motociclistas no período, totalizando 132 mortes entre janeiro e julho. Março e abril destacam-se como meses críticos, somando 43 óbitos (33% do total). O comportamento reflete o aumento da atividade de entregas por aplicativo nesses meses, intensificando a exposição de motociclistas em condições de pavimento molhado e visibilidade reduzida (IMMU, 2025).

Figura 3 – Óbitos de motociclistas na Zona Leste (Jan–Jul/2025)



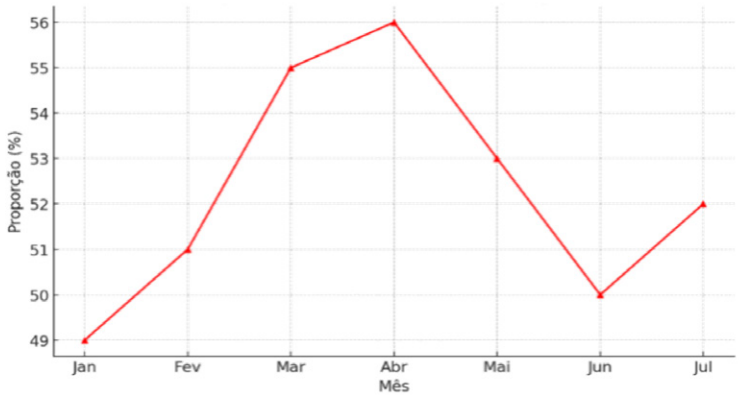
Fonte: IMMU e SAMU, 2025; elaboração própria.

Os registros confirmam que os motociclistas continuam sendo o grupo mais vulnerável, representando 46% das mortes. A predominância de colisões laterais e quedas reforça a necessidade de faixas de retenção avançada, melhoria da sinalização horizontal e requalificação da drenagem superficial nas avenidas Cosme Ferreira e Itaúba, onde se concentram os pontos de maior gravidade.

3.3 Padrão temporal dos sinistros noturnos

A Figura 4 mostra que a proporção de sinistros noturnos manteve-se acima de 50% durante a maior parte do semestre, alcançando pico de 56% em abril. Os meses de março a maio, período de maior pluviosidade, coincidem com a maior concentração de ocorrências fatais. Esses resultados reforçam o papel crítico da iluminação pública deficiente e do menor controle de velocidade em horários de baixo fluxo, especialmente nas interseções não semaforizadas e retornos improvisados.

Figura 4 – Proporção de sinistros no período noturno (Jan–Jul/2025)



Fonte: DETRAN-AM e IMMU, 2025; elaboração própria.

3.4 Síntese dos indicadores

A análise do semestre (Tabela 1), demonstra padrão recorrente de risco concentrado em abril e maio, meses em que coincidem maior volume de tráfego e condições meteorológicas adversas. Apesar da redução global da letalidade em relação a anos anteriores, o cenário confirma a urgência da implantação de medidas de moderação de tráfego e da ampliação do controle eletrônico de velocidade nas principais vias da Zona Leste.

Tabela 1 – Indicadores mensais de sinistros e letalidade (Jan–Jul/2025)

Mês	Sinistros Totais	Vítimas Fatais	Óbitos de Motociclistas	Proporção Noturna	Letalidade (%)
Jan	615	40	19	49%	6,50
Fev	590	38	17	51%	6,44
Mar	670	45	21	55%	6,72
Abr	720	46	22	56%	6,39
Mai	695	44	20	53%	6,33
Jun	650	41	18	50%	6,31
Jul	680	36	15	52%	5,29

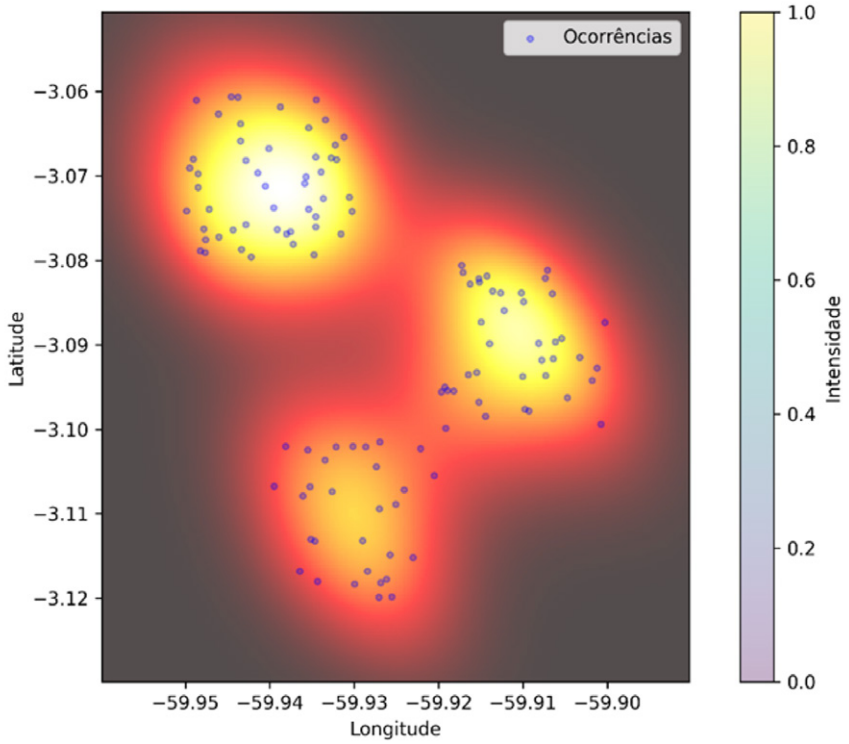
(Fonte: IMMU e DETRAN-AM, 2025; elaboração própria.)

3.5 Distribuição espacial e densidade Kernel

A aplicação da estimativa de densidade Kernel (EDK) foi recalibrada a partir do limite geográfico da Zona Leste de Manaus, delimitado pelos bairros Zumbi dos Palmares, São José Operário, Jorge Teixeira, Tancredo Neves e Armando Mendes, utilizando como base cartográfica o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas -SIRGAS 2000. A análise foi conduzida em ambiente QGIS 3.30, com largura de banda adaptativa de 300 metros, ideal para capturar as concentrações de sinistros sem sobreposição indevida entre os eixos viários principais.

A Figura 5 apresenta o mapa de densidade Kernel, no qual é possível identificar a formação de *hotspots* de elevada intensidade ao longo das avenidas Cosme Ferreira, Autaz Mirim e Itaúba, que configuram os três corredores arteriais predominantes da Zona Leste. A mancha de calor mais intensa foi registrada no trecho médio da Avenida Cosme Ferreira, entre as interseções com a Avenida Grande Circular e a Rua do Comércio, área caracterizada por alta concentração de comércios e grande volume de pedestres. Nessa região, observou-se densidade estimada de 28 sinistros/km^2, com prevalência de colisões e atropelamentos noturnos.

Figura 5 – Densidade Kernel dos sinistros na Zona Leste de Manaus (jan–jul/2025)



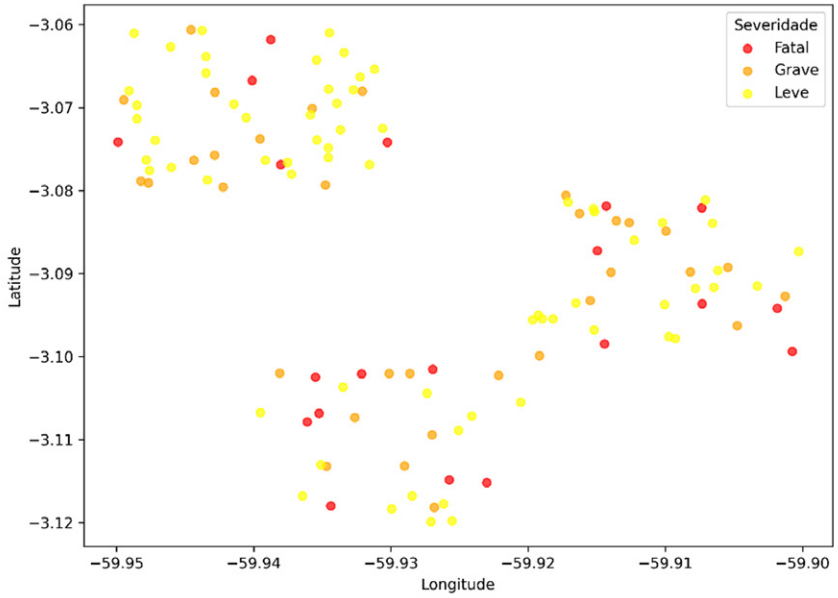
Fonte: QGIS 3.30, IMMU e DETRAN-AM, 2025; elaboração própria.

Outro ponto de destaque é o corredor Autaz Mirim, nas proximidades do bairro Jorge Teixeira. A área apresentou densidade média de 24 sinistros/km², predominando abalroamentos laterais e quedas de motociclistas. Esse padrão está relacionado ao tráfego intenso, ao acúmulo de água pluvial e à deficiente drenagem superficial, fatores que reduzem a aderência e ampliam a gravidade dos impactos.

Na Avenida Itaúba, observou-se menor densidade geral, porém com *clusters* localizados próximos à Escola Estadual Augusto Carneiro dos Santos, no bairro Tancredo Neves, onde a circulação de pedestres é significativa e há ausência de travessias elevadas. O resultado reforça a necessidade de implantação de refúgios centrais e sinalização de travessia escolar, sobretudo em trechos de maior fluxo transversal.

A Figura 6 apresenta o mapa de distribuição georreferenciada dos sinistros, com a sobreposição dos pontos de ocorrência à malha viária principal. Cada ponto corresponde a uma ocorrência registrada entre janeiro e julho de 2025, classificada por severidade (vermelho = fatal, laranja = grave, amarelo = leve).

Figura 6 – Distribuição georreferenciada dos sinistros de trânsito na Zona Leste (jan–jul/2025)



Fonte: IMMU, DETRAN-AM e OpenStreetMap, 2025; elaboração própria.

A visualização espacial confirma que cerca de 61% dos sinistros fatais ocorreram a menos de 100 metros de interseções semaforizadas ou retornos improvisados, e 72% das vítimas fatais foram motociclistas. Esse resultado indica que os *hotspots* não são aleatórios, mas sim associados a elementos geométricos e operacionais das vias — notadamente à falta de moderação de velocidade, geometria de cruzamentos inadequada e iluminação insuficiente.

Os dados consolidados reforçam que a Cosme Ferreira e a Autaz Mirim concentram mais da metade das ocorrências graves registradas em 2025, configurando-se como corredores prioritários para intervenção imediata. Recomenda-se, portanto, a implantação de travessias elevadas, iluminação direcionada, faixas exclusivas para motociclistas e expansão da fiscalização eletrônica nas aproximações críticas. A adoção de um plano de gestão contínua baseada em dados espaciais permitirá atualizar periodicamente os mapas de risco e otimizar a alocação de recursos em segurança viária.

4. CONCLUSÃO

A análise dos sinistros de trânsito ocorridos entre janeiro e julho de 2025 na Zona Leste de Manaus permitiu evidenciar um panorama crítico de segurança viária, caracterizado pela alta concentração de ocorrências fatais em corredores arteriais estratégicos e pela persistente vulnerabilidade dos motociclistas. Os resultados obtidos por meio da estimativa de densidade Kernel (EDK) e da distribuição georreferenciada dos pontos de sinistro revelaram três eixos prioritários — as avenidas Cosme Ferreira, Autaz Mirim e Itaúba — responsáveis pela maior parte dos acidentes graves e fatais registrados no período analisado.

O estudo constatou que a Cosme Ferreira apresenta o trecho de maior criticidade, sobretudo entre a Grande Circular e a Rua do Comércio, área com densidade estimada de 28 sinistros/km² e predominância de colisões com pedestres e motociclistas. Já a Autaz Mirim, nas proximidades do bairro Jorge Teixeira, exibiu padrão de 24 sinistros/ km², destacando-se pelos abalroamentos laterais e pelas quedas de motociclistas em condições de pavimento escorregadio e drenagem deficiente. A Avenida Itaúba apresentou clusters pontuais associados à travessia de pedestres em áreas escolares, evidenciando a ausência de medidas de moderação de tráfego.

Os resultados espaciais mostraram que 61% dos sinistros fatais ocorreram a menos de 100 metros de interseções semaforizadas ou retornos improvisados, o que demonstra a influência direta da geometria viária e da falta de controle de velocidade sobre a severidade dos acidentes. Além disso, 72% das vítimas fatais foram motociclistas, confirmando a tendência crescente de vulnerabilidade desse grupo e a necessidade de políticas públicas voltadas à segregação modal e proteção operacional.

Essas evidências apontam para a urgência de um plano integrado de segurança viária na Zona Leste de Manaus, com base em princípios de Visão Zero e Gestão de Segurança Viária por Evidências Espaciais. As recomendações técnicas incluem:

• Implantação de travessias elevadas e refúgios centrais em áreas de fluxo intenso de pedestres;

• Requalificação da drenagem superficial e pavimentação nas avenidas Cosme Ferreira e Autaz Mirim;

• Instalação de fiscalização eletrônica setorializada em pontos de maior densidade de sinistros;

• Criação de faixas exclusivas para motociclistas e melhoria da iluminação dirigida em interseções críticas.

Conclui-se que a combinação entre análise espacial (Kernel e georreferenciamento) e indicadores operacionais constitui ferramenta essencial para orientar a tomada de decisão em segurança viária urbana. A continuidade desse monitoramento permitirá ao poder público direcionar intervenções com maior precisão e efetividade, contribuindo para a redução progressiva das fatalidades e para a promoção de um ambiente de mobilidade mais seguro, inclusivo e sustentável em Manaus.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DO AMAZONAS – DETRAN-AM. Relatório Estatístico de Acidentes de Trânsito no Município de Manaus – 2025. Manaus: DETRAN-AM, 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO – DENATRAN. *Boletim Anual de Acidentes de Trânsito e Indicadores de Segurança Viária – 2023*. Brasília: Ministério dos Transportes, 2023.

INSTITUTO MUNICIPAL DE MOBILIDADE URBANA – IMMU. Atlas de Mobilidade Urbana de Manaus. Manaus: Prefeitura de Manaus, 2024.

INSTITUTO MUNICIPAL DE MOBILIDADE URBANA – IMMU. Boletim Estatístico de Sinistros de Trânsito: Janeiro a Julho de 2025. Manaus: IMMU, 2025.

MACIEL, C. F.; OLIVEIRA, R. G. Fatores comportamentais e estruturais associados aos sinistros urbanos no Brasil: uma abordagem de análise espacial. Revista Transportes, v. 30, n. 2, p. 85–102, 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE; ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE – MS/OPAS. Relatório sobre Mortalidade no Trânsito e Fatores de Risco no Brasil – 2024. Brasília: OPAS, 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2021–2030: metas globais e estratégias de implementação. Nova Iorque: ONU, 2023.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE – OMS. Global Status Report on Road Safety 2023. Geneva: OMS, 2023.

PREFEITURA DE MANAUS – PMM. Plano Diretor Urbano e Ambiental de Manaus. Manaus: SEMINF/ SEMULSP, 2023.

PREFEITURA DE MANAUS – PMM. Relatório Técnico de Fiscalização Eletrônica e Intervenções Viárias da Zona Leste. Manaus: Secretaria Municipal de Infraestrutura – SEMINF, 2025.

SERVIÇO DE ATENDIMENTO MÓVEL DE URGÊNCIA – SAMU. Relatório de Ocorrências e Atendimento a Vítimas de Sinistros de Trânsito: Manaus – Janeiro a Julho de 2025. Manaus: SAMU, 2025.

SILVA, R. O.; ARAÚJO, L. M. Análise espacial da sinistralidade viária em ambientes urbanos: estudo de caso em capitais da Região Norte. Revista Brasileira de Engenharia de Transportes, v. 25, n. 3, p. 55–72, 2021.

VASCONCELOS, E. A. Segurança no trânsito: o que os dados revelam. São Paulo: Ed. Senac, 2019.

ALATPU

Tecnológico de Monterrey

Ponencias

Seguridad vial e Ingeniería de tránsito

ABRANGÊNCIA DA LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO BRASILEIRA EM RELAÇÃO AOS FATORES DE RISCO NA CONDUÇÃO DE VEÍCULOS: REVISÃO 1998 A 2024

Luiz Otávio Maciel Miranda
Departamento de Trânsito do Estado do Pará – DETRAN/PA, Brasil. luiz@detran.pa.gov.br

Roberto Victor Pavarino Filho
Organização Pan-Americana da Saúde – OPAS/Brasil. pavarinor@paho.org

Marcos Oliveira Silva
Secretaria de Estado de Saúde Pública do Estado do Pará – SESPA, Brasil. marcos.silva@sespa.pa.gov.br

RESUMO

A Organização das Nações Unidas, por meio das Resoluções A/RES/74/299/2020 e A/RES/76/294/2022, da Assembleia Geral, recomenda que os Estados-Membros aprovem e implementem legislação de trânsito abrangente sobre os principais fatores de risco para a ocorrência de sinistros de trânsito, destacando: condução sob efeito de álcool e drogas; velocidade; não uso do cinto de segurança, capacete e dispositivos de retenção para o transporte de crianças; e uso do telefone celular. O Global Status Report on Road Safety (GSRSS) 2023, da Organização Mundial da Saúde (OMS), considera como abrangente a legislação de trânsito que possui os seguintes parâmetros para 5 fatores de risco: a) álcool: Concentração de Álcool no Sangue (CAS)≤5dg/l para condutores em geral e CAS≤2dg/l para condutores iniciantes; b) velocidade: 50km/h como limite máximo para as vias urbanas, com as autoridades podendo alterar esse limite; c) cinto de segurança: obrigatório para condutores e passageiros; d) capacete: obrigatório para condutores e passageiros de motocicletas e similares; deve ser fixado na cabeça com cinta jugular e atender a padrões de fabricação; e) transporte de crianças: crianças com idade até 10 anos ou até 1,35m de altura, devem ser transportadas no banco traseiro em um sistema de retenção infantil que atenda a padrões de fabricação. O GSRRS 2023 não identificou parâmetros para o fator de risco conduzir veículo sob efeitos de drogas e para o uso do telefone celular. No Brasil, o Código de Trânsito Brasileiro (CTB), em vigor em 22 de janeiro de 1998, e com as alterações processadas até 31 de dezembro de 2024, atende aos parâmetros de abrangência propostos pela OMS, para 4 fatores de risco: condução sob efeito de álcool, não uso de cinto de segurança, capacete e dispositivos de retenção para o transporte de crianças.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Global Status Report on Road Safety (GSRRS) 2023, da Organização Mundial da Saúde (OMS), os sinistros de trânsito resultam em 1,19 milhão de mortes por ano. Desse total, 92% ocorre nos países de baixa e média renda. Além de ser a principal causa de morte na faixa etária de 5 a 29 anos, pedestres, ciclistas e motociclistas representam 54% desses óbitos em nível global (WHO, 2023).

No Brasil, dados preliminares do Ministério da Saúde, do ano de 2024, indicam o registro de 36.403 óbitos por sinistros de trânsito. Esse número representa um aumento de 11,2% em relação a 2020 (32.716 óbitos) (BRASIL, 2024a), ano base da Década de Ação para a Segurança Viária 2021-2030 (UNITED NATIONS, 2020). Em 2024, foram registradas 251.684 internações por sinistros de trânsito, representando 34,0% de aumento em relação a 2020 (187.888 internações). O custo total dessas internações, no período de 2020 a 2024, foi de R$ 1.745.379.081,48 (BRASIL, 2024b).

Reconhecendo a dimensão da problemática, a Assembleia Geral das Nações Unidas propõe que os Estados-Membros aprovem e implementem legislação de trânsito abrangente sobre os principais fatores de risco para a ocorrência de sinistros de trânsito, destacando: condução sob efeito de álcool e drogas; velocidade; não uso de cinto de segurança, capacete e dispositivos de retenção para o transporte de crianças; e uso do telefone celular (UNITED NATIONS, 2020)

2. OBJETIVO

Este estudo tem por objetivo realizar levantamento e análise da abrangência da legislação de trânsito brasileira no período de 1998 a 2024, em relação aos principais fatores de risco para ocorrência de sinistros de trânsito, com base na revisão e análise de instrumentos jurídicos nacionais, instrumentos normativos emitidos pelo Governo Federal, e publicações nacionais e internacionais selecionadas.

3. LEGISLAÇÃO DE TRÂNSITO ABRANGENTE SOBRE FATORES DE RISCO

O GSRRS 2023 considera como abrangente a legislação de trânsito que possui os seguintes parâmetros de boas práticas para 5 fatores de risco:

a) Condução sob efeito de álcool: Concentração de Álcool no Sangue (CAS)≤5dg/l para condutores em geral e CAS≤2dg/l para condutores iniciantes;

b) Velocidade: 50km/h como limite máximo para as vias urbanas, com as autoridades podendo alterar este limite;

c) Cinto de segurança: obrigatório para condutores e passageiros;

d) Capacete: obrigatório para condutores e passageiros de motocicletas e similares; deve ser fixado na cabeça com cinta jugular e atender a padrões de fabricação;

e) Transporte de crianças: crianças com idade até 10 anos ou até 1,35m de altura, devem ser transportadas no banco traseiro em um sistema de retenção infantil que atenda a padrões de fabricação (WHO, 2023).

O GSRRS 2023 não identificou parâmetros ou critérios de boas práticas para o fator de risco conduzir veículo sob efeitos de drogas e outras substâncias psicoativas. Para o uso do telefone celular, os países que possuem legislação que proíbe o uso do equipamento na condução de veículos, informaram à OMS, que validou esses registros.

4. CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO

O Código de Trânsito Brasileiro (CTB), instituído pela Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, entrou em vigor no dia 21 de janeiro de 1998 (BRASIL, 1997). A estrutura do CTB é composta de 22 Capítulos, 390 artigos e 2 anexos. A regulamentação de dispositivos contidos no CTB é realizada pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN), por meio de Resoluções, que têm força de lei (BRASIL, 1997).

No período de 1998 a 2024 foram processadas 48 alterações no texto do CTB. Essas alterações promoveram mudanças estruturantes especialmente no fator de risco condução sob efeito de álcool, bem como aperfeiçoou os dispositivos do texto de 1998 referentes à velocidade, uso do capacete, transporte de crianças e uso do telefone celular. Com relação ao uso do cinto de segurança, o texto do CTB não foi alterado.

4.1 Condução sob efeito de álcool

Em 1998, de acordo com o art. 165 do CTB, dirigir sob influência de álcool, com CAS>6dg/l era infração de natureza gravíssima, com penalidade de multa (valor multiplicado por 5) e 7 pontos, enquanto que para tipificar o crime de trânsito, previsto no art. 306, além da condução sob a influência de álcool, era necessário a comprovação da conduta de exposição a dano potencial a segurança de outra pessoa (BRASIL, 1997).

A comprovação da CAS>6dg/l, com o uso de medidores da alcoolemia, foi regulamentada pela Resolução CONTRAN nº 52, de 21 de maio de 1998 (revogada pela Resolução CONTRAN nº 81, de 19 de novembro de 1998), (BRASIL, 1998a).

Com a Lei nº 11.275, de 7 de fevereiro de 2006, o art. 165 do CTB foi alterado para "dirigir sob a influência de álcool", excluindo a CAS da redação de 1998, e mantendo a penalidade e pontos (BRASIL, 2006a). Porém, essa conduta foi regulamentada pela Resolução CONTRAN nº 206, de 20 de outubro de 2006, que ratificou a CAS>6dg/l (BRASIL, 2006b) por força do disposto no art. 276 do CTB (BRASIL, 1997).

A Lei nº 11.705, de 19 de junho 2008, alterou o art. 276 do CTB, resultando em CAS>0 dg/l a conduta prevista no art. 165. A referida lei também alterou o art. 306, tipificando como crime de trânsito, conduzir veículo estando com a CAS≥6 dg/l (BRASIL, 2008).

Em 2012, nova alteração no art. 165 do CTB consolidou a CAS>0dg/l, aumentando o valor da multa correspondente, e incluiu a CAS≥0,3mg/l no art. 306 (BRASIL, 2012).

Esses dispositivos foram regulamentados pela Resolução CONTRAN nº 432, de 23 de janeiro de 2013 (BRASIL, 2013). A Tabela 1 resume as alterações processadas nos art. 165 e 306 do CTB.

Tabela 1: Alterações nos art. 165 e 306 do CTB, 1998 a 2012

Artigo	Conduta	Penalidades	Ano
165	Dirigir com CAS>6dg/l	Multa (x5) e suspensão da PPD[1]/CNH[2]	1998
165	Dirigir sob influência de álcool	Multa (x5) e suspensão da PPD/CNH	2006
165	Dirigir sob influência de álcool	Multa (x5) e suspensão da PPD/CNH por 12 meses	2008
165	Dirigir sob influência de álcool	Multa (x10) e suspensão da PPD/CNH por 12 meses[3]	2012
306	Dirigir sob influência de álcool	Detenção, de 6 meses a 3 anos, multa e suspensão ou proibição de se obter a PPD ou CNH	1998
306	Dirigir com CAS≥6dg/l	Detenção, de 6 meses a 3 anos, multa e suspensão ou proibição de se obter a PPD ou CNH	2008
306	Dirigir com CAS≥6dg/l ou CAS≥0,3mg/l	Detenção, de 6 meses a 3 anos, multa e suspensão ou proibição de se obter a PPD ou CNH	2012

Fonte: Elaboração própria (2025)
Notas:
1. PPD = Permissão para Dirigir.
2. CNH = Carteira Nacional de Habilitação.
3. Nos casos de reincidência em 12 meses, a multa será aplicada em dobro.

A Lei nº 13.281, de 4 de maio de 2016, incluiu o art. 165-A no CTB, qualificando a recusa ao teste de etilômetro como infração de natureza gravíssima, multa (multiplicada por 10), 7 pontos, e suspensão do direito de dirigir por 12 meses (BRASIL, 2016).

Em 2017, o álcool tornou-se um fator agravante para o aumento da pena nos crimes de homicídio culposo e de lesão corporal culposa, previstos nos art. 302 e 303 do CTB, respectivamente, decorrentes da condução de veículo (BRASIL, 2017).

Em 2022, o Supremo Tribunal Federal considerou como constitucional a aplicação de penalidades ao condutor, por dirigir sob o efeito de álcool, e pela recusa ao teste de etilômetro (BRASIL, 2022a).

4.2 Velocidade

Com relação à velocidade, o CTB não estabelece 50km/h como limite máximo para vias urbanas. Os limites atuais foram estabelecidos a partir de 1998, e estão previstos no art. 61, de acordo com o tipo da via (BRASIL, 1997). Para as rodovias pavimentadas (pista simples ou pista dupla), os limites foram estabelecidos a partir de 1998, de acordo com os tipos de veículos. Para as vias não pavimentadas, o limite é 60 km/h para todos os veículos. As autoridades locais podem regulamentar velocidades superiores ou inferiores aos limites previstos no CTB.

Em 2003, uma alteração no CTB mudou o limite máximo de velocidade para motocicletas em rodovias, de 80 km/h para 110 km/h (BRASIL, 2003). Em 2016, o limite de 110km/h foi mantido, para rodovia de pista dupla, e definido 100km/h para rodovia de pista simples (BRASIL, 2016). A Tabela 2 reúne as alterações processadas no art. 61.

Tabela 2: Classificação das vias e limites de velocidade (art. 61 do CTB)

Via	Tipo	Velocidade máxima
Urbana	Trânsito rápido	80km/h
	Coletora	60km/h
	Arterial	40km/h
	Local	30km/h
Rural	Rodovia de pista dupla	a) 110 km/h para automóveis, camionetas, caminhonetes e motocicletas; b) 90 km/h para os demais veículos.
	Rodovia de pista simples	a) 100 km/h para automóveis, camionetas, caminhonetes e motocicletas; b) 90 km/h para os demais veículos.
	Estrada (via não pavimentada)	60km/h

Fonte: Elaboração própria (2025)

Transitar com o veículo em velocidade acima dos limites estabelecidos para as vias, é infração de trânsito de natureza média, grave ou gravíssima, com consequentes penalidades e pontuações para os condutores, previstas no art. 218 do CTB (Tabela 3):

Tabela 3: Infrações de trânsito por excesso de velocidade (art. 218 do CTB)

Infração	Natureza	Pontos	Penalidade
Transitar em velocidade superior a máxima permitida em até 20% ($V_{máx} < V_t < 1{,}2\,V_{máx}$)[1]	Média	4	Multa
Transitar em velocidade superior a máxima permitida em mais de 20% até 50% ($1{,}2\,V_{máx} < V_t \leq 1{,}5\,V_{máx}$)	Grave	5	Multa
Transitar em velocidade superior a máxima permitida em mais de 50% ($V_t > 1{,}5\,V_{máx}$)	Gravíssima	7	Multa (x3) e suspensão do direito de dirigir

Fonte: Elaboração própria (2025)
Nota:
1. Vt = velocidade registrada no momento da infração, por equipamento eletrônico.

Outra tipificação infracional sobre velocidade, está inserida no art. 219 do CTB (transitar com o veículo em velocidade inferior à metade da velocidade máxima estabelecida para a via, retardando ou obstruindo o trânsito, a menos que as condições de tráfego e meteorológicas não o permitam, salvo se estiver na faixa da direita). Trata-se de infração de natureza média, 4 pontos, e penalidade de multa (BRASIL, 1997).

4.3 Cinto de segurança

O cinto de segurança é equipamento de uso obrigatório para condutores e passageiros, conforme previsão contida nos art. 65 e 103 do CTB. Essa obrigatoriedade, em vigor desde 21 de janeiro de 1998, prevê exceção do uso em veículos destinados ao transporte de passageiros em percursos em que seja permitido viajar em pé, remetendo ao CONTRAN a regulamentação dessas disposições (BRASIL, 1997).

No período de 1998 a 2024 não foram identificadas alterações legislativas referentes à obrigatoriedade do uso do cinto de segurança, nos termos dos art. 65 e 103, do CTB.

Com relação à instalação, procedimentos de ensaios e ancoragem do cinto de segurança, a primeira regulamentação foi estabelecida pela Resolução CONTRAN nº 48, de 21 de maior de 1998 (BRASIL, 1998b). Os requisitos de ancoragem, incluindo a resistência à tração, para os cintos de segurança, foram novamente atualizados por meio da Resolução CONTRAN nº 951, de 28 de março de 2022 (BRASIL, 2022c).

Para a comprovação do atendimento aos requisitos exigidos na Resolução CONTRAN nº 951, de 28 de março de 2022, são utilizados Regulamentos das Nações Unidas nº 14, 16, 17, e 44 (UNECE, 2025); Normas da Federal Motor Vehicle Safety Standards (FMVSS) nº 202, 207, 209, 210 e 225 (NHTSA, 2025); e a NBR 15283:2005, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2005).

Não usar o cinto de segurança é infração de natureza grave (para o condutor ou para os passageiros), 5 pontos, penalidade de multa e medida administrativa de retenção do veículo (BRASIL, 1997).

4.4 Capacete

De acordo com os art. 54 e 55, do CTB, os condutores e passageiros de motocicletas, motonetas, ciclomotores e triciclos motorizados, somente poderão circular nas vias usando capacete com viseira ou óculos de proteção. Essa obrigatoriedade está em vigor desde 21 de janeiro de 1998 (BRASIL, 1997). A Resolução CONTRAN nº 940, de 28 de março de 2022 incluiu a obrigatoriedade do uso do capacete para condutor e passageiro de quadriciclos motorizados (BRASIL, 2022d)

O capacete deve estar devidamente afixado à cabeça pelo conjunto formado pela cinta jugular e engate, por debaixo do maxilar inferior. O equipamento deve atender a padrões de segurança e de fabricação e estar certificado (BRASIL, 2022d). Os padrões de fabricação referidos, são o Regulamento das Nações Unidas nº 22 (UNECE, 2025) ou a norma da FMVSS nº 218 (NHTSA, 2025).

De acordo com o art. 244 do CTB, não usar o capacete ou transportar passageiro sem esse equipamento, é infração de natureza gravíssima, 7 pontos, penalidades de multa e suspensão do direito de dirigir. O veículo será retido até a regularização (BRASIL, 1997). Em 2020, o art. 244 foi alterado, caracterizando como infração de natureza média (4 pontos, multa e retenção do veículo), usar capacete sem viseira ou óculos de proteção, ou em desacordo com a regulamentação do CONTRAN (BRASIL, 2020).

4.5 Transporte de crianças

Em 1998, o art. 64 do CTB estabelecia que crianças com idade inferior a 10 anos deveriam ser transportadas nos bancos traseiros, salvo exceções regulamentadas pelo CONTRAN (BRASIL, 1997). A Resolução CONTRAN nº 15, de 6 de fevereiro de 1998, estabeleceu as exceções e a referência aos sistemas de retenção (BRASIL, 1998c).

Em 2008, o CONTRAN definiu os padrões e tipos de dispositivos para o transporte de crianças, com base na idade, peso e altura. Em 2020, o art. 64 do CTB foi alterado, definindo que crianças com idade inferior a 10 anos que não tenham 1,45m de altura, devem ser transportadas no banco traseiro, em dispositivo de retenção adequado à idade, peso e altura (BRASIL, 2020). O CONTRAN regulamentou esses dispositivos por meio da Resolução CONTRAN nº 819, de 17 de março de 2021 (BRASIL, 2021).

4.6 Uso do telefone celular

O art. 252 do CTB, estabelece que utilizar fones nos ouvidos conectados a telefone celular, é infração de natureza média, 4 pontos, e penalidade de multa. Esse dispositivo, contido, no texto original do CTB, permanece em vigor, sem alterações (BRASIL, 1997).

A Lei nº 13.281, de 4 de maio de 2016, alterou o CTB, e caracterizou como infração de natureza gravíssima, 7 pontos, e penalidade de multa, conduzir veículo segurando ou manuseando o telefone celular (BRASIL, 2016).

4.7 Condução sob efeito de drogas e outras substâncias psicoativas

Conduzir veículos sob efeito de drogas e outras substâncias psicoativas, está previsto no CTB desde 1998. Os art. 165 e 306 dispõem sobre essas condutas, e as penalidades são as mesmas para a condução sob efeito de álcool. O condutor deverá ser submetido a teste toxicológico realizado na via pública. A recusa ao teste implica nas penalidades previstas no art. 165-A do CTB (BRASIL, 2016).

Além dessa previsão, o CTB estabelece a obrigatoriedade de exame toxicológico com janela de detecção de 90 dias, para condutores profissionais, quando da obtenção, mudança ou renovação da CNH das categorias C, D, e E. Essa obrigação foi estabelecida pela Lei nº 13.103, de 2 de março de 2015 (BRASIL, 2015) e regulamentada pela Resolução CONTRAN nº 923, de 28 de março de 2022 (BRASIL, 2022b). O exame, que utiliza amostra de cabelo, também é obrigatório periodicamente a cada 2 anos e 6 meses. O resultado positivo no exame implica em suspensão da CNH por 3 meses (BRASIL, 2023c).

O CTB prevê multa por infração gravíssima (multiplicada por 5) e 7 pontos, nos casos de o condutor não realizar o exame, ou dirigir veículo com o resultado positivo no exame realizado (art. 165-B e art. 165-C) (BRASIL, 2023c). Em caso de reincidência, no período de até 12 meses, serão aplicadas as penalidades de multa por infração gravíssima (multiplicada por 10), 7 pontos, e suspensão do direito de dirigir. Além desses dispositivos, o art. 165-D do CTB estabelece que se o condutor não realizar o exame toxicológico periódico, após 30 dias de vencimento, será aplicada multa por infração gravíssima (multiplicada por 5) e 7 pontos (BRASIL, 2023c).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O CTB é abrangente em relação aos critérios previstos no GSRRS 2023, para 4 fatores de risco (condução de veículos sob efeito de álcool, não uso do cinto de segurança,

capacete e dispositivos de retenção para o transporte de crianças); proíbe o uso do telefone celular na condução de veículos; e, como critério inovador de boa prática, estabelece a obrigatoriedade do exame toxicológico para condutores das categorias C, D, e E.

Os formuladores de políticas, os governos e a sociedade civil devem concentrar seus esforços no aperfeiçoamento da legislação relacionada ao fator de risco velocidade, observando os critérios de boas práticas recomendados pela OMS, bem como adotar políticas e estratégias, com práticas baseadas em evidências, para abordar os fatores de risco e fortalecer a abrangência da legislação nacional e sua aplicação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) (1997). *ABNT NBR 15283: 2005. Veículos rodoviários automotores - Resistência dos bancos, suas ancoragens e apoio de cabeça.* Recuperado de https://www.abntcatalogo.com.br/grd.aspx, em 13 de outubro de 2025.

BRASIL (1997). *Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro*. Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9503Compilado.htm, em 12 de outubro de 2025.

BRASIL (1998a). *Resolução CONTRAN nº 52, de 21 de maio de 1998. Disciplina o uso de medidores da alcoolemia e a pesquisa de substâncias entorpecentes no organismo humano e dá outras providências.* Recuperado de https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/resolucoes-contran, em 12 de outubro de 2025.

BRASIL (1998b). *Resolução CONTRAN nº 48, de 21 de maio de 1998. Estabelece requisitos de instalação e procedimentos para ensaios de cintos de segurança.* Recuperado de https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/resolucoes-contran, em 13 de outubro de 2025.

BRASIL (1998c). *Resolução CONTRAN nº 15 de 6 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre o transporte de menores de dez anos e dá outras providências*. Recuperado de https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/resolucoes-contran, em 13 de outubro de 2025.

BRASIL (2003). *Lei nº 10.830, de 23 dezembro de 2003. Altera os arts. 61, 105 e 338 da Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro, para dispor sobre especificidades dos veículos de duas e de três rodas.* Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.830.htm#art1, em 13 de outubro de 2025.

BRASIL (2006a). *Lei nº 11.275, de 7 de fevereiro de 2006. Altera a redação dos arts. 165, 277 e 302 da Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro.* Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11275.htm, em 12 de outubro de 2025.

BRASIL (2006b). *Resolução CONTRAN nº 206, de 20 de outubro de 2006. Dispõe sobre os requisitos necessários para constatar o consumo de álcool, substância entorpecente, tóxica ou de efeito análogo no organismo humano, estabelecendo os procedimentos a serem adotados pelas autoridades de trânsito e seus agentes.* Recuperado de https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/resolucoes-contran, em 12 de outubro de 2025.

BRASIL (2008). *Lei nº 11.705, de 19 de junho de 2008. Altera a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro, e a Lei nº 9.294, de 15 de julho de 1996, que dispõe sobre as restrições ao uso e à propaganda de produtos fumígeros, bebidas alcoólicas, medicamentos, terapias e defensivos agrícolas, nos termos do § 4º do art. 220 da Constituição Federal, para inibir o consumo de bebida alcoólica por condutor de veículo automotor, e dá outras providências.* Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11705.htm#art5, em 13 de outubro de 2025.

BRASIL (2012). *Lei nº 12.760, de 20 de dezembro de 2012. Altera a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro.* Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12760.htm#art1, em 13 de outubro de 2025.

BRASIL (2013). *Resolução CONTRAN nº 432, de 23 de janeiro de 2013. Dispõe sobre os procedimentos a serem adotados pelas autoridades de trânsito e seus agentes na fiscalização do consumo de álcool ou de outra substância psicoativa que determine dependência, para aplicação do disposto nos arts. 165, 276, 277 e 306 da Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 – Código de Trânsito Brasileiro (CTB)*. Recuperado de https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/resolucoes-contran, em 13 de outubro de 2025.

BRASIL (2015). *Lei nº 13.103, de 2 de março de 2015. Dispõe sobre o exercício da profissão de motorista; altera a Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e as Leis nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 - Código de Trânsito Brasileiro, e 11.442, de 5 de janeiro de 2007 (empresas e transportadores autônomos de carga), para disciplinar a jornada de trabalho e o tempo de direção do motorista profissional; altera a Lei nº 7.408, de 25 de novembro de 1985; revoga dispositivos da Lei nº 12.619, de 30 de abril de 2012; e dá outras providências*. Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13103.htm#art7, em 15 de outubro de 2025.

BRASIL (2016). *Lei nº 13.281, de 4 de maio de 2016. Altera a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 (Código de Trânsito Brasileiro), e a Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015*. Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Lei/L13281.htm#art1, em 13 de outubro de 2025.

BRASIL (2017). *Lei nº 13.546, de 19 de dezembro de 2017. Altera dispositivos da Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 (Código de Trânsito Brasileiro), para dispor sobre crimes cometidos na direção de veículos automotores.* Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13546.htm#art3, em 13 de outubro de 2025.

BRASIL (2020). *Lei nº 14.071, de 13 de outubro de 2020. Altera a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 (Código de Trânsito Brasileiro), para modificar a composição do Conselho Nacional de Trânsito e ampliar o prazo de validade das habilitações; e dá outras providências.* Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14071.htm#art6, em 14 de outubro de 2025.

BRASIL (2021). *Resolução CONTRAN nº 819, de 17 de março de 2021. Dispõe sobre o transporte de crianças com idade inferior a dez anos que não tenham atingido 1,45 m (um metro e quarenta e cinco centímetros) de altura no dispositivo de retenção adequado*. Recuperado de https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/resolucoes-contran, em 13 de outubro de 2025.

BRASIL (2022a). *Ações Diretas de Inconstitucionalidade ADI 4017 e ADI 4103 e Recurso Extraordinário RE 1224374.* Recuperado de https://portal.stf.jus.br/processos/downloadPeca.asp?id=15353715315&ext=.pdf, em 12 de outubro de 2025.

BRASIL (2022b). *Resolução CONTRAN nº 923, de 28 de março de 2022. Dispõe sobre o exame toxicológico de larga janela de detecção, em amostra queratínica, para a habilitação, renovação ou mudança para as categorias C, D e E, decorrente da Lei nº 13.103, de 02 de março de 2015.* Recuperado de https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/resolucoes-contran, em 15 de outubro de 2025.

BRASIL (2022c). *Resolução CONTRAN nº 951, de 28 de março de 2022. Estabelece os requisitos de instalação e os procedimentos de ensaios de cintos de segurança, ancoragem e apoios de cabeça dos veículos automotores.* Recuperado de https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/resolucoes-contran, em 13 de outubro de 2025.

BRASIL (2022d). *Resolução CONTRAN nº 940, de 28 de março de 2022. Disciplina o uso de capacete para condutor e passageiro de motocicletas, motonetas, ciclomotores, triciclos motorizados e quadriciclos motorizados.* Recuperado de https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/resolucoes-contran, em 13 de outubro de 2025.

BRASIL (2023c). *Lei nº 14.599, de 19 de junho de 2023. Posterga a exigência do exame toxicológico periódico para obtenção e renovação da Carteira Nacional de Habilitação; e altera a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 (Código de Trânsito Brasileiro), a Lei nº 11.442, de 5 de janeiro de 2007, para dispor sobre seguro de cargas, e a Lei nº 11.539, de 8 de novembro de 2007, para dispor sobre a carreira de Analista de Infraestrutura e o cargo isolado de Especialista em Infraestrutura Sênior.* Recuperado de https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2023-2026/2023/Lei/L14599.htm#art7p, em 13 de outubro de 2025.

BRASIL (2024a). *Ministério da Saúde. Mortalidade – desde 1996 pela CID-10*. Recuperado de https://datasus.saude.gov.br/mortalidade-desde-1996-pela-cid-10, em 16 de outubro de 2025.

BRASIL (2024b). *Ministério da Saúde. Morbidade Hospitalar do SUS (SIH/SUS)*. Recuperado de https://datasus.saude.gov.br/acesso-a-informacao/morbidade-hospitalar-do-sus-sih-sus/, em 16 de outubro de 2025.

NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION (NHTSA) (2025). *Federal Motor Vehicle Safety Standards (FMVSS)*. Recuperado de https://www.nhtsa.gov/laws-regulations, em 12 de outubro de 2025.

UNITED NATIONS (2020). *A/RES/74/299. Improving Global Road Safety. Resolution adopted by the General Assembly on 31 August 2020.* Recuperado de https://docs.un.org/A/RES/74/299, em 12 de outubro de 2025.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (UNECE) (2025). *UN Regulations (Addenda to the 1958 Agreement)*. Recuperado de https://unece.org/un-regulations-addenda-1958-agreement, em 12 de outubro de 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) (2023). *Global Status Report on Road Safety 2023*. Recuperado de https://www.who.int/teams/social-determinants-of-health/safety-and-mobility/global-status-report-on-road-safety-2023, em 12 de outubro de 2025.

ALIANZA DE VELOCIDADES SEGURAS: UN MODELO DE GOBERNANZA MULTINIVEL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS DE SEGURIDAD VIAL A NIVEL LOCAL

Bocarejo, Juan Pablo
Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia, jbocarej@uniandes.edu.co

Romero Santamaría, Laura
Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia, l.romero10@uniandes.edu.co

Villescas, Tomás
Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia, t.villescas@uniandes.edu.co

RESUMEN

La Ley Julián Esteban 2251 de 2022 en Colombia, estableció un límite de velocidad de 50 km/h para todas las zonas urbanas de país (30 km/h para zonas residenciales y escolares) y exigió a las autoridades locales de Transporte la elaboración de planes de gestión de la velocidad PGV. Sin embargo, las capacidades heterogéneas locales en materia de análisis de datos, personal técnico, y financiación generaron brechas en la elaboración de estos documentos. Es así como la Alianza de Velocidades Seguras (AVS), surge como una red nacional voluntaria que conecta a la agencia Nacional de Seguridad Vial, la academia y más de 150 gobiernos locales que comparten su experiencia, conocimiento y recursos en la elaboración de PGVs y el diseño de intervenciones de seguridad vial. Este documento sitúa a la AVS, en la teoría de la gobernanza multinivel y el *resource-pooling*, dando cuenta de cómo el aprendizaje horizontal entre pares y la orientación vertical configuran la definición de agendas, el desarrollo de opciones y alternativas de ejecución de las autoridades. Utilizamos pruebas documentales y registros de programas (seminarios y mentorías), para examinar (i) como la AVS reduce la asimetría de capacidades, (ii) mejora la coherencia de la combinación de políticas en todos los niveles, y (iii) que riesgos de gobernanza surgen y como se mitigan. Proponemos un marco conceptual de transferencia de conocimiento y un diseño y evaluación de capacidades institucionales con lección que permitan crear este tipo de plataformas en la región.

1. INTRODUCCIÓN

La siniestralidad vial es una de las principales causas de muerte prematura y discapacidad a nivel mundial, representando un desafío crítico para la salud pública. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de 1.25 millones de personas mueren anualmente en las vías, y el 90% de estas muertes ocurren en países de ingresos bajos y medios (OMS, 2018). En este panorama, la política internacional de seguridad vial ha convergido hacia el enfoque de Sistema Seguro, un paradigma que acepta el error humano pero busca diseñar entornos viales que eviten que dichos errores resulten en muertes o lesiones graves (OECD/ITF, 2022). Un pilar central de este enfoque es la gestión de la velocidad, ya que es el factor de riesgo más influyente tanto en la probabilidad como en la severidad de los siniestros (OMS, 2023). La energía cinética liberada en una colisión aumenta cuadráticamente con la velocidad, lo que explica por qué la supervivencia de un peatón a 50 km/h es inferior al 30%, mientras que a 30 km/h supera el 90% (Hussain et al., 2019).

Colombia enfrenta este desafío de manera aguda. Entre 2009 y 2022, cerca de 90,000 personas perdieron la vida en siniestros viales, con un promedio superior a las 7,000 muertes anuales, convirtiéndose en la segunda causa de muerte violenta en el país (ANSV, 2023). En 2022, se registraron 8,405 fatalidades, y los usuarios vulnerables (motociclistas, peatones y ciclistas) representaron el 87% de las víctimas. En respuesta, Colombia adoptó recomendaciones internacionales clave a través de la Ley 2251 de 2022 (Ley Julián Esteban), que estableció límites de velocidad urbanos de 50 km/h y 30 km/h en zonas residenciales y escolares. Además, la ley ordenó a todos los municipios con autoridad de tránsito la formulación de Planes de Gestión de Velocidad (PGV) en un plazo de dos años.

Sin embargo, la implementación de los PGV enfrenta un reto fundamental: la marcada heterogeneidad de capacidades institucionales y técnicas en el país. Mientras ciudades principales como Bogotá y Medellín cuentan con experiencia y recursos para implementar políticas de gestión de la velocidad, los municipios más pequeños a menudo carecen de personal técnico, datos y financiamiento. En este contexto nace la Alianza de Velocidades Seguras (AVS) como una plataforma cooperativa de gobernanza multinivel. Impulsada por la academia y apoyada por la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) y los gobiernos locales, la AVS busca cerrar estas brechas institucionales mediante el aprendizaje entre pares, la puesta en común de recursos y la implementación coordinada de los PGV.

2. CONTEXTO INSTITUCIONAL Y DE POLÍTICA PÚBLICA

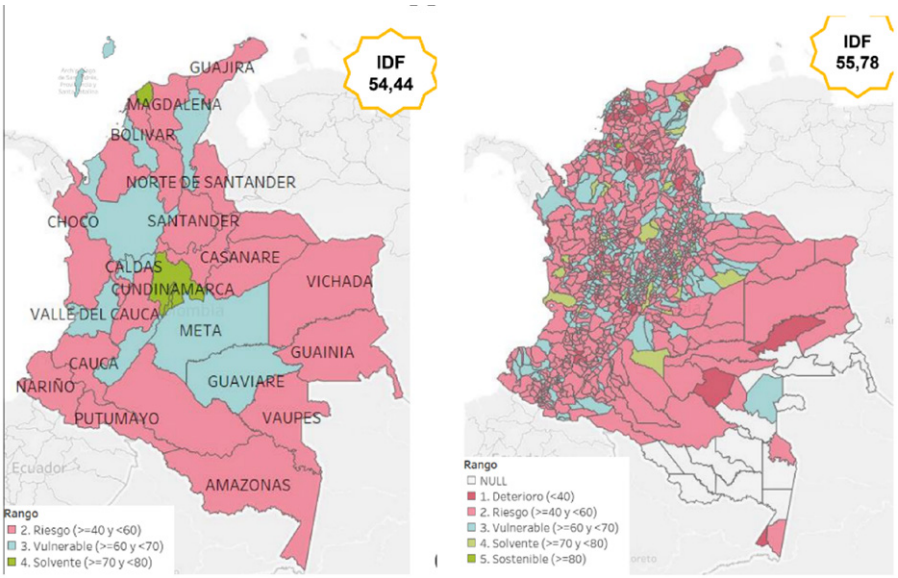
El marco normativo de Colombia para la gestión de la velocidad es una arquitectura legal de múltiples capas. Se fundamenta en el Código Nacional de Tránsito (Ley 769/2002) y se ha fortalecido con leyes como la Ley 1843/2017 (SAST) y, de forma más significativa, la Ley 2251/2022 (Ley Julián Esteban). Esta última adopta el enfoque de Sistema Seguro, establece límites de velocidad nacionales (50/30 km/h) y ordena la formulación de Planes de Gestión de la Velocidad (PGV), instrumentos de política local que, según directrices de la ANSV, deben integrar velocidades seguras con el

uso del suelo, control y educación. El marco se complementa con el Plan Nacional de Seguridad Vial y resoluciones ministeriales que detallan la metodología de los PGV y de los límites de velocidad.

Esta arquitectura define una clara división de roles. A nivel nacional, el Ministerio de Transporte y la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) establecen la política y los lineamientos técnicos. A nivel local, los organismos de tránsito son responsables de la implementación, incluyendo el diseño de calles, la señalización y la fiscalización. Este diseño institucional es vertical y jerárquico. Adicionalmente, la jurisprudencia ha jugado un papel clave, con decisiones de la Corte Constitucional (C-038/2020) y del Consejo de Estado que han reforzado la necesidad de una rigurosidad técnica, señalización adecuada y el respeto al debido proceso en la fiscalización, consolidando su naturaleza preventiva más que punitiva.

A pesar de este robusto marco normativo, la implementación es desigual debido a una profunda heterogeneidad en las capacidades locales. Existe un desajuste entre la capacidad y las finanzas: los municipios pequeños y medianos deben ejecutar acciones complejas de gestión de la velocidad con equipos técnicos limitados y presupuestos volátiles. Los informes del Departamento Nacional de Planeación (DNP) muestran una alta dependencia de las transferencias intergubernamentales, lo que limita el espacio fiscal para la inversión en seguridad vial (DNP, 2023). Esta disparidad fiscal es evidente a nivel territorial, como se muestra en la Figura 1. La coordinación horizontal entre municipios es a menudo débil, limitando el intercambio de buenas prácticas y la estandarización de procedimientos.

Figura 1. Índice de Desempeño Fiscal para (a) Departamentos y (b) Municipios (DNP, 2023)



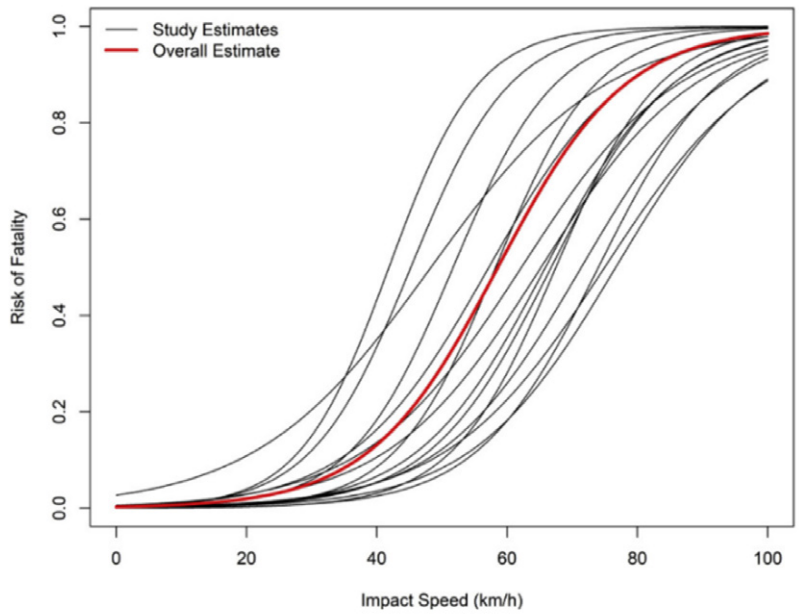
En este contexto, la Alianza de Velocidades Seguras (AVS) surge como un mecanismo de gobernanza multinivel que complementa la estructura jerárquica existente. La AVS opera como una red horizontal y cooperativa que conecta a la academia, las agencias nacionales y las autoridades locales para estandarizar el conocimiento, agrupar recursos

y reducir los costos de transacción para que los municipios cumplan con los mandatos de los PGV. Sin embargo, la naturaleza voluntaria de la participación en la red presenta riesgos como la dependencia de la asistencia centralizada y la adopción simbólica sin una implementación real, lo que subraya la necesidad de coproducir capacidades a nivel local e integrar los PGV en los ciclos de planificación y presupuestación rutinarios.

3. MARCO TEÓRICO

El enfoque de Sistema Seguro parte de dos premisas no negociables: la falibilidad humana y los límites de la tolerancia del cuerpo a la energía de un impacto. En este paradigma, la velocidad es la variable de control más crítica, ya que vincula directamente el error humano con la energía cinética, las distancias de frenado y las fuerzas de impacto a las que el ser humano puede sobrevivir. La evidencia empírica es contundente: la energía liberada en una colisión aumenta con el cuadrado de la velocidad, lo que resulta en una relación sigmoidea y pronunciada entre la velocidad de impacto y el riesgo de fatalidad para los peatones (Hussain et al., 2019).

Figura 2. Riesgo de fatalidad peatonal vs. velocidad de impacto (Curva S).
Fuente: Hussain et al. (2019).



Estos condicionantes físicos y biomecánicos explican por qué la práctica internacional del Sistema Seguro calibra los límites de velocidad a la tolerancia humana: típicamente 30 km/h en calles con usuarios vulnerables y 50 km/h en arterias urbanas (OECD/ITF, 2018). La dinámica conductual, como la homeostasis del riesgo —donde las ganancias de seguridad percibidas pueden ser compensadas por velocidades más altas—, refuerza la necesidad de anclar las velocidades de operación al entorno seguro mediante el diseño y la fiscalización (Wilde, 1998). En este sentido, la gestión de la velocidad no es una medida punitiva, sino una necesidad de ingeniería de sistemas para gestionar la energía en redes de tráfico mixto.

La gobernanza multinivel (GMN) se teoriza como un sistema dinámico de resolución de problemas donde la autoridad se reasigna vertical y horizontalmente para abordar políticas complejas (Maggetti y Trein, 2019). El marco colombiano de seguridad vial representa una estructura de GMN jerárquica (Tipo I), donde el gobierno nacional delega responsabilidades de implementación a los municipios. La red AVS, en cambio, constituye una superposición horizontal y no jerárquica (Tipo II), que facilita la agrupación voluntaria de conocimiento y recursos entre pares.

El beneficio de esta estructura híbrida es la transferencia acelerada de conocimiento para estandarizar la formulación de los PGV. Sin embargo, esto genera riesgos anticipados por la teoría: la agrupación voluntaria sin sanciones robustas puede llevar a una "adopción ceremonial", donde las autoridades locales obtienen legitimidad de la red sin comprometerse con la implementación. Asimismo, puede fomentar *dependency traps* (trampas de dependencia) de los recursos técnicos de la Alianza en lugar de construir capacidades endógenas.

La investigación sobre gobernanza climática urbana muestra cómo los compromisos en red no vinculantes pueden impulsar la innovación local (Bulkeley y Betsill, 2005). En Colombia, el marco nacional de límites de velocidad y los PGV crean un *soft-law backbone* (una estructura de ley blanda). La AVS operacionaliza este marco a través de mecanismos reputacionales y epistémicos, no coercitivos. Al facilitar el aprendizaje entre pares y proveer artefactos técnicos (guías, indicadores), la Alianza reduce los riesgos políticos y técnicos para los municipios pioneros, actuando como un sustituto funcional de la fiscalización jerárquica.

La teoría de alianzas interorganizacionales, en particular la *Resource-Based View* (RBV), postula que las asociaciones se forman para cerrar brechas de recursos y capacidades estratégicas (Das y Teng, 2000). En el sector público, las alianzas intermunicipales permiten agrupar y potenciar recursos escasos para alcanzar niveles de servicio que un solo municipio no podría lograr (Scholl y AlAwadhi, 2015). La AVS ejemplifica estas condiciones: ciudades con más experiencia aportan metodologías maduras, mientras que las jurisdicciones más pequeñas ofrecen contextos de implementación. La Alianza cura y codifica estas prácticas en artefactos accesibles, creando un bien común de recursos para la gestión de la velocidad.

Este enfoque se alinea con una concepción de la capacidad del sector público no como un stock estático de recursos, sino como el producto de procesos adaptativos: normas, prácticas de gestión y comunidades profesionales (Grindle y Hilderbrand, 1995). Las actividades de la AVS (seminarios, clínicas técnicas) no son eventos de capacitación aislados, sino los componentes básicos para una comunidad de práctica (*community of practice*). Este enfoque busca codificar estándares y normalizar la revisión por pares y la resolución colaborativa de problemas, traduciendo el conocimiento experto en artefactos estandarizados y localmente adaptables.

La transición hacia una movilidad urbana sostenible depende de la coherencia del paquete de políticas (*policy mix*) entre niveles de gobierno (Liu, Dijk, & Colombo, 2024). La AVS actúa como un intermediario crucial que permite una retroalimentación estructurada desde lo local hacia lo nacional, cerrando un ciclo que a menudo falta en los sistemas de GMN.

Sintetizando estos hilos teóricos, modelamos la AVS como un bien común de capacidades (*capability commons*) de GMN.

• Entradas: Normas y metas nacionales, mandatos políticos locales y capacidades municipales heterogéneas.

• Mecanismos: Agrupación de recursos (lógica RBV), incentivos reputacionales (lógica GMN urbana) y desarrollo de capacidades a través de una comunidad de práctica.

• Salidas: Mayor capacidad de absorción local para el diseño de PGV, mejor coherencia de políticas entre niveles y difusión acelerada de intervenciones basadas en evidencia.

• Riesgos y Salvaguardas: Las espirales generadoras de problemas (dependencia, sobrecarga de coordinación) se mitigan mediante compromisos por niveles, estandarización de artefactos y la integración vertical del aprendizaje horizontal.

4. METODOLOGÍA

Este estudio adopta un diseño de método mixto de caso de estudio único incrustado (Yin, 2018), utilizando la Alianza de Velocidades Seguras (AVS) en Colombia como un caso de estudio crítico. Se examina cómo las plataformas de gobernanza multinivel pueden acelerar la formulación e implementación temprana de los Planes de Gestión de la Velocidad (PGV) en un contexto de capacidades locales heterogéneas. La AVS fue seleccionada por tres razones: (i) opera a nivel nacional convocando a autoridades de tránsito municipales, departamentales y agencias nacionales; (ii) estructura explícitamente el aprendizaje entre pares y la agrupación de capacidades en torno al proceso legalmente exigido de los PGV; y (iii) ha generado un corpus rastreable de registros del programa que permiten la triangulación de sus actividades, participación y resultados tempranos.

El modelo operativo de la AVS, la intervención analizada, combina eventos de establecimiento de agenda (lanzamientos nacionales, encuentros regionales), programación técnica alineada con las directrices de la ANSV, paneles de intercambio entre pares, clínicas temáticas y mecanismos de reconocimiento (ej. "Guardianes de la Vía"). Las fuentes de datos para el análisis incluyen registros de participación y contacto, documentos de planificación interna, y artefactos de política pública como declaraciones y notas de prensa. La triangulación de estas fuentes se utilizó para mitigar sesgos y validar la información.

El alcance del estudio abarca las actividades de la AVS realizadas entre 2024 y 2025 que cumplen con tres criterios de inclusión: (1) coorganización con al menos una contraparte nacional (ANSV o Ministerio de Transporte); (2) contenido explícito sobre PGV o el enfoque de Sistema Seguro; y (3) registros públicos de sus programas o participantes. Las actividades clave analizadas se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1: Actividades de la Alianza de Velocidades Seguras (2024-2025) incluidas en el estudio

Actividad	Temática principal
Encuentros regionales (Caribe, Eje Cafetero, Pacífico)	Foros de pares, clínicas técnicas de PGV y premiaciones
Lanzamiento nacional (Bogotá)	Marco de política nacional y metodología de PGV
Serie de *Webinars* "Ruta PGV" (6 módulos)	Gestión de velocidad, datos, urbanismo táctico, fiscalización y participación
Foros de política pública regionales	Licencia por puntos y su vínculo con los PGV
Foro de seguridad de motocicletas	Comunicación de velocidades seguras para usuarios vulnerables

El enfoque analítico trata los módulos de la AVS (clínicas, plantillas, paneles) como mecanismos que buscan reducir los costos de transacción para que las autoridades locales puedan diagnosticar, formular e implementar los PGV. Se realiza un análisis de contribución a los resultados tempranos, tales como: (1) un mayor involucramiento subnacional, (2) la estandarización del contenido de los PGV, (3) una mayor credibilidad de la narrativa de la fiscalización, y (4) señales de reconocimiento entre pares. Se operacionalizaron cuatro familias de medidas: (A) participación y alcance; (B) mecanismos de gobernanza y capacidad; (C) interfaz de políticas; y (D) productos tempranos hacia los PGV. Este enfoque permite evaluar la influencia de la Alianza sin pretender establecer un impacto causal directo sobre las fatalidades, dado el corto horizonte temporal del estudio.

5. RESULTADOS

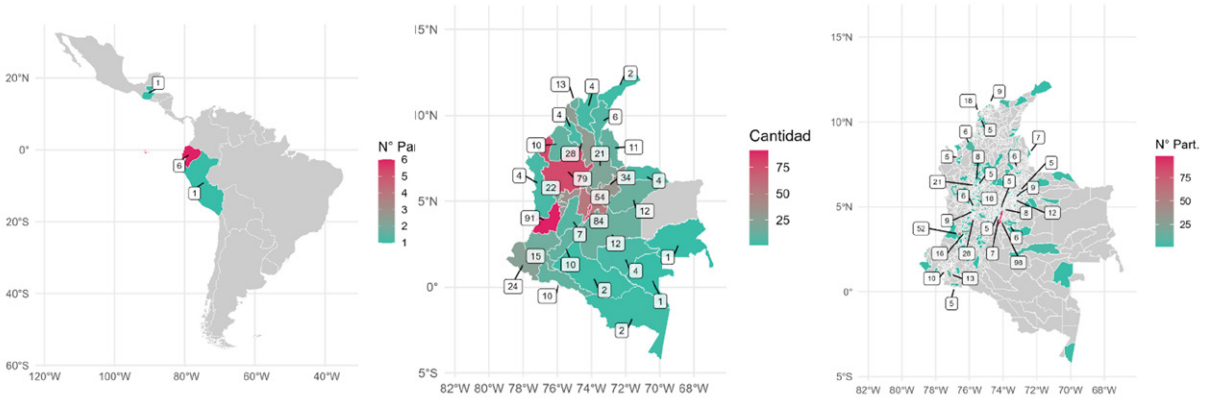
Empíricamente, la Alianza de Velocidades Seguras (AVS) opera como un dispositivo híbrido de gobernanza multinivel (GMN). Este modelo superpone una estructura horizontal (Tipo II) de colaboración entre pares —municipios, academia, sociedad civil— sobre la estructura vertical jerárquica (Tipo I) de la política nacional dictada por el Ministerio de Transporte y la ANSV. Este diseño de "red-sobre-jerarquía" reduce los costos de transacción para que las autoridades más pequeñas adopten metodologías estandarizadas a nivel nacional, preservando al mismo tiempo la discrecionalidad local para adaptar las intervenciones a sus contextos específicos. En la práctica, el modelo de producción de la AVS combina encuentros regionales presenciales, una serie de seminarios web nacionales ("Ruta PGV") y una infraestructura de comunicación continua, instrumentos que materializan la agrupación de capacidades y la transferencia de políticas (Bulkeley & Betsill, 2005; Maggetti & Trein, 2019).

El alcance de la AVS es nacional, con proyección internacional. La serie de seis seminarios web "Ruta PGV" (2024-2025) registró 817 participantes únicos de 30 de los 32 departamentos de Colombia, además de asistentes de Ecuador, Guatemala y Perú.

Estos grupos incluyeron a más de 500 funcionarios de autoridades de tránsito locales. La base de datos de contactos de la red supera los 2,500 correos electrónicos únicos, lo que demuestra una amplia representación de autoridades locales, agencias nacionales, concesiones viales, academia y sociedad civil. Esta difusión horizontal es un mecanismo central en la teoría de cambio de la AVS, como se visualiza en la Figura 3.

Figura 3. Participación en la "Ruta del PGV": (a) América Latina; (b) Departamental; (c) Municipal

a. b. c.



Los eventos presenciales, coorganizados con contrapartes nacionales, han sido fundamentales para la difusión de conocimiento. Estos combinan paneles académicos, sesiones informativas sobre regulación, foros de pares entre secretarios de movilidad y talleres técnicos guiados por las directrices de la ANSV. La Tabla 2 resume los principales eventos y sus módulos centrales.

Tabla 2: Eventos y módulos clave de la AVS (2024–2025)

Evento	Asistencia	Módulos
Encuentros Regionales (Cartagena, Manizales, Cali)	25 - 90	Foros de pares, clínicas de diagnóstico PGV, paneles de concesiones.
Lanzamiento Nacional (Bogotá)	105	Marco de política nacional, metodología PGV, sesión con medios.
Encuentro con Premios "Guardianes de la vía" (Valledupar)	80	Premios a la reducción de siniestralidad, módulos de fiscalización.
Serie de *Webinars* "Ruta PGV" (6 módulos)	70 - 110 c/u	Sistema Seguro, riesgo, datos, fiscalización, urbanismo táctico.
Foros de política pública (Varias ciudades)	350	Vínculos entre PGV, licenciamiento por puntos y fiscalización.

La AVS habilita la implementación de políticas a través de cuatro mecanismos principales:

1. Aprendizaje horizontal y transferencia de políticas: Los paneles de pares exponen a las jurisdicciones de baja capacidad a ejemplos de pares cercanos, generando impulso a través de incentivos reputacionales como los premios "Guardianes de la Vía".

2. Agrupación de recursos y estandarización: Los currículos comunes, plantillas y clínicas en vivo reducen la duplicación de esfuerzos y elevan el piso de la práctica institucional (Scholl & AlAwadhi, 2015). La metodología estandarizada del PGV crea un lenguaje compartido que facilita la mentoría interjurisdiccional.

3. Alineación vertical y coherencia del *policy-mix*: La participación activa de personal de la ANSV y del Ministerio en las clínicas traduce la guía nacional en decisiones operativas locales, mitigando las fricciones típicas en las transiciones de políticas multinivel (Liu, Dijk, & Colombo, 2024).

4. Coproducción con medios y sociedad civil: Los talleres para periodistas difunden el marco del Sistema Seguro y un lenguaje que cambia la narrativa de "accidentes" a "siniestros viales prevenibles".

Los resultados institucionales intermedios son tangibles:

• Escala y alcance: Más de 150 autoridades municipales y departamentales han participado en al menos un instrumento de la AVS.

• Ganancias de capacidad: La retroalimentación cualitativa indica que las autoridades se apropian de las plantillas y adoptan conjuntos de indicadores comunes (Grindle & Hilderbrand, 1995).

• Alineación del *policy-mix*: Los participantes reportan una mejor comprensión de cómo se refuerzan mutuamente la fiscalización (SAST), la infraestructura y las comunicaciones.

Sin embargo, persisten riesgos inherentes a las redes voluntarias, como la dependencia del apoyo central (*free-riding*), la creciente complejidad administrativa y las asimetrías de capacidad que dificultan la adopción de planes en municipios con recursos mínimos.

6. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

La AVS demuestra que un diseño que integre en su jerarquía un eje vertical del que haga parte la/las autoridades nacionales y coordine de manera horizontal la participación entre autoridades locales, acelera la adopción del sistema seguro y su inclusión en los PGVs. Los eventos regionales, seminarios y talleres crean un espacio común con lenguaje y productos técnicos que mantienen la seguridad vial en la agenda de las autoridades locales. Los resultados intermedios de la implementación de la red dan cuenta del éxito de estas iniciativas al contar con amplias participaciones, mentorías interjurisdiccionales y la estandarización de la estructura de los PGVs que incluye:

diagnostico, definición de metas y objetivos y paquetes de implementación de políticas, monitoreo y evaluación.

Experiencia de la cual emergen lineamientos claros de implementación para que las jurisdicciones avancen con mayor velocidad. Estas incluyen (i) trabajo con currículos y herramientas estandarizadas co-produciodas y alienadas con las guías nacionales, (ii) La implementación de mentiras y planes padrino entre autoridades con capacidades asimétricas, (iii) la definición de espacios de talleres y aclaraciones para resolver ambigüedades legales, y (iv) La implementación de incentivos blandos como reconocimientos, que aceleran la convergencia de buenas prácticas.

La institucionalización y el escalamiento de la Alianza debe considerar ajustes de gobernanza que incluyen (i) la definición de plantillas estandarizadas y públicos definidos, (ii) negociación de objetivos de implementación de las acciones de los PGV con las autoridades que permitan el acceso a financiación externa, (iii) la creación de un repositorio nacional en el cual se encuentre material para la elaboración de PGVs y se pueda hacer la consulta de este tipo de documentos ya publicados, (iv) formalización del seguimiento de los medios a las acciones de gestión de la velocidad, para aumentar la legitimad de las intervenciones y el control.

La evidencia de cobertura respalda la escalabilidad de la Alianza, dentro de la estrategia de la Ruta del PGV se contó con más de 800 registros, de más de 30 departamentos y países de la región con más de 500 funcionarios de autoridades locales, paralelamente los encuentros en ciudades a lo largo del país concentraron grupos números y diversos de cada región. Esto permite recomendar la institucionalización de una estrategia para cada región con talleres recurrentes y que agrupen la idiosincrasia y características de cada territorio.

7. DISCUSIÓN

El principal reto que plante la AVS es la clásica tensión de las redes voluntarias: asimetrías de capacidad, riesgos de parasitismo y obstáculos políticos en torno a la aplicación de políticas de control. Las autoridades con equipos reducidos o presupuestos inestables tendrán dificultades para convertir la capacitación en PGV publicados o intervenciones ejecutadas; la polarización sostenida de los medios de comunicación puede deprimir la voluntad política; y las incertidumbres legales y operativas pueden frenar el despliegue de cámaras o el rediseño de los límites de velocidad. Para mitigar estas fricciones, el AVS debería potenciar las mentorías, adoptar resultados mínimos viables y ofrecer paquetes legales y operativos tipo que reduzcan el tiempo entre la planificación y la acción.

Por el contrario, las oportunidades de maduración son considerables la AVS puede evolucionar hasta convertirse en un producto de gobernanza replicable para la seguridad vial, ampliando su coalición, estructurando la microfinanciación para proyectos piloto de urbanismo táctico y desplegando tarjetas de puntuación anuales para normalizar el diálogo sobre el rendimiento. El siguiente horizonte de la plataforma es la fidelidad en la implementación: vincular la capacitación, la mentoría, las comunicaciones y la aplicación de la ley a un proceso transparente de PGV con hitos fechados, reglas de

monitoreo simples e informes públicos. Si estas características se codifican y se dotan de recursos, AVS puede convertirse en el mecanismo escalable de Colombia para la gobernanza de la velocidad, tendiendo un puente entre la orientación nacional y la ejecución local, al tiempo que ofrece un modelo transferible para otros ámbitos de la movilidad y para sus pares en toda América Latina.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV). (2023). *Anuario Nacional de Siniestralidad Vial - Edición 2022*. Bogotá, D.C.: Observatorio Nacional de Seguridad Vial.

Bogotá, D.C.: Diario Oficial.Congreso de la República de Colombia. (2017). *Ley 1843 de 2017: Sistemas automáticos, semiautomáticos y otros medios tecnológicos para la detección de infracciones*. Bogotá, D.C.: Diario Oficial.

Bulkeley, H., & Betsill, M. M. (2005). Rethinking sustainable cities: Multilevel governance and the "urban" politics of climate change. *Environmental Politics, 14*(1), 42–63.

Congreso de la República de Colombia. (2002). *Ley 769 de 2002: Código Nacional de Tránsito Terrestre.*

Congreso de la República de Colombia. (2022). *Ley 2251 de 2022 (Ley Julián Esteban): Política de seguridad vial con enfoque de Sistema Seguro*. Bogotá, D.C.: Diario Oficial.

Corte Constitucional de Colombia. (2020). *Sentencia C-038 de 2020 (responsabilidad solidaria en fotodetección; debido proceso)*. Bogotá, D.C.: Relatoría de la Corte Constitucional.

Das, T. K., & Teng, B. S. (2000). A resource-based theory of strategic alliances. *Journal of Management, 26*(1), 31–61.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2023). *Resultados del IDF 2022 (boletín de prensa, 27-nov-2023)*. Bogotá, D.C.: DNP.

Grindle, M. S., & Hilderbrand, M. E. (1995). Building sustainable capacity in the public sector: What can be done? *Public Administration and Development*, 15(5), 441–463.

Hussain, Q., Feng, H., Grzebieta, R., Brijs, T., & Olivier, J. (2019). The relationship between impact speed and the probability of pedestrian fatality during a vehicle–pedestrian crash: A systematic review and meta-analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 123, 195–205.

Liu, X., Dijk, M., & Colombo, C. (2024). Improving multilevel policy mixes for sustainable urban mobility transition. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 50, 100808.

Maggetti, M., & Trein, P. (2019). Multilevel governance and problem-solving: Towards a dynamic theory of multilevel policy-making? *Public Administration, 97*(2), 355–369.

Ministerio de Transporte. (2022). *Decreto 1430 de 2022: Se aprueba el Plan Nacional de Seguridad Vial 2022–2031*. Bogotá, D.C.: Diario Oficial.

Ministerio de Transporte. (2023a). *Resolución 20233040025895 de 2023: Reglamenta la implementación de los Planes de Gestión de la Velocidad*. Bogotá, D.C.: Ministerio de Transporte / ANSV.

Ministerio de Transporte. (2023b). *Resolución 20233040025995 de 2023: Adopta la metodología para establecer la velocidad límite en vías colombianas*. Bogotá, D.C.: Ministerio de Transporte / ANSV.

OECD/ITF. (2018). *Speed and crash risk*. Paris: OECD Publishing/International Transport Forum.

OECD/ITF. (2022). *Road Safety Annual Report 2022*. Paris: OECD Publishing/International Transport Forum.

Scholl, H. J., & AlAwadhi, S. (2015). Pooling and leveraging scarce resources: The smart eCity gov alliance. In *2015 48th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)* (pp. 2355–2365). IEEE.

Wilde, G. J. S. (1998). Risk homeostasis theory: An overview. *Injury Prevention*, 4(2), 89–91.

World Health Organization (WHO). (2018). *Global status report on road safety 2018*. Geneva: WHO.

World Health Organization (WHO). (2023). *Global status report on road safety 2023*. Geneva: WHO.

Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6th ed.). SAGE.

CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO EN CARRETERAS DE DOS CARRILES POR SENTIDO, ¿APLICA EL HCM PARA MÉXICO?

Oscar Sánchez-Flores
Departamento de Posgrado
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México
oscar.sanchezflores@correo.buap.mx

Bryan Arellano Hernández
Facultad de Ingeniería. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
b.arrellano@correo.buap.mx

RESUMEN

En la práctica de la planeación, diseño, mantenimiento y monitoreo de la red nacional de carreteras es común utilizar como base de análisis el Manual de Capacidad de Estados Unidos en sus diferentes versiones. Sus metodologías y parámetros se han tomado como válidos sin mayor análisis, verificación y comprobación, aun cuando las características geométricas, el diseño, las normas y el comportamiento de los conductores es distinta entre ambas naciones. En este artículo se analizan sus implicaciones. Se demuestra que existen diferencias notables entre los valores de capacidad y velocidad de operación en carreteras de 4 carriles por lo que se estaría sobreestimando las condiciones de circulación con las que operan diversos tramos carreteros y con ello los costos sociales asociados estarían subestimados.

Para tal efecto, se analiza la relación entre las variables macroscópicas del tránsito ante diversas solicitaciones de carga vehicular o niveles de saturación, para determinar, a través de la teoría macroscópica del flujo vehicular y métodos de estimación paramétricos y no paramétricos, la capacidad de un tramo de la red nacional de carreteras de 4 carriles. Se analizan datos empíricos de una carretera federal de dos carriles a flujo continuo. La particularidad de los tramos de esta carretera es el alto nivel de congestión que presenta durante el día, reflejando las condiciones de circulación flujo saturado, por lo que es factible estimar la capacidad de la carretera.

1. INTRODUCCIÓN

La red carretera de un país es una infraestructura que permite el traslado de personas y bienes al mismo tiempo facilitando la realización de diversas actividades económicas, sociales y culturales. La funcionalidad y eficiencia de esta red, respecto a los requerimientos de movilidad de los actores económicos (personas, empresas, gobierno), incide en el buen desempeño de un sistema de transporte y la competitividad nacional. Para alcanzar este objetivo, es necesario una adecuada planeación, diseño, monitoreo y mantenimiento de la Red Nacional de Carreteras (RNC). Los indicadores de desempeño facilitan su evaluación ya que califican la relación entre las características de la red y las necesidades de movilidad. En efecto, una red carretera poco eficiente genera baja competitividad y costos sociales elevados como son: tiempos de viaje largos, gran cantidad de accidentes, consumo de combustible y emisión de contaminantes altos. Se estima, por ejemplo, que tan solo los costos logísticos del movimiento de mercancías representan actualmente más del 12% del PIB cuando en otros países son del orden del 7-8% del PIB (CMIC, 2024). Por otra parte, tan solo los tiempos de cruce por las autopistas de cobro (Martínez, 2020), traídos a valor presente, corresponde a la totalidad de los costos anuales de mantenimiento de la RCN en 2023.

Se ha referido que uno de los costos sociales más importantes de la circulación en la RNC son los accidentes. México ocupa actualmente en nada honroso séptimo lugar a nivel mundial en cantidad de accidentes y el tercero en la región de América Latina (e.g. García et al, 2024; INSP, 2018). Sin embargo, más dramático es la tendencia que se observa en el período 2018-2021 en el que los accidentes mortales se han duplicado en tanto que la cantidad de muertos y heridos en las carreteras nacionales se ha mantenido constante. El cuadro 1 presenta tres índices de accidentes en la RNC expresados en cantidad de accidentes mortales, decesos y heridos anuales por unidad de exposición al riesgo, en este caso por millón de kilómetros que recorre el conjunto de vehículos que circula en dicha red. Esta información es contundente en el sentido de atender este problema multidimensional no solo mejorando el estado de las carreteras, su geometría, trazo sino también reforzar la regulación y reglamentación para la circulación, promover la cultura de la seguridad vial, fortalecer todos los procesos relacionados con el otorgamiento de licencias de conducción, responsabilidad y habilidades de los conductores.

Tabla 1. Índices nacionales de accidentes en la RNC 2018-2021

Año	**Accidentes mortales/** millón de veh-km	**Decesos/** millón de veh-km	**Heridos/** millón de veh-km
2018	0.01	0.02	0.05
2019	0.01	0.02	0.05
2020	0.02	0.02	0.05
2021	0.02	0.02	0.05

Fuente IMT, 2022.

Uno de los factores que incide de negativamente en la mejora de la RNC así como en sus distintas etapas de puesta a punto (cf. supra) es la carencia de instrumentos y herramientas para la evaluación del desempeño que correspondan a las carreteras nacionales lo que genera un proceso de planeación inadecuada. Para subsanar

esta carencia, en la práctica, se ha tomado como válidos los métodos y parámetros establecidos en las diferentes actualizaciones del manual de capacidad de Estados Unidos (HCM por Highway Capacity Manual) sin mayor análisis, verificación y comprobación, aun cuando las características geométricas, el diseño, las normas y el comportamiento de los conductores es distinta entre ambas naciones. Por ello, es indispensable la verificación y análisis de las implicaciones de esta transposición de procedimientos en la planeación y monitoreo de la RNC.

En este artículo se aportar información sobre la deficiencia técnica señalada en el sentido de analizar la relación entre las variables macroscópicas del tránsito (flujo, velocidad y concentración), ante diversas solicitaciones de carga vehicular o niveles de saturación, para determinar la capacidad en carreteras mexicanas de dos carriles. Para tal efecto, se analizan datos empíricos obtenidos en campo en una carretera federal de dos carriles a flujo continuo. La particularidad de los tramos de esta carretera es el alto nivel de congestión que presenta durante el día, reflejando las condiciones de circulación flujo saturado, por lo que es factible estimar la capacidad de la carretera.

Para estimar la capacidad, se emplea la teoría macroscópica del flujo vehicular (e.g. May, 1990) así como métodos de estimación de capacidad paramétricos y no paramétricos. Dado que la caracterización de comportamiento entre las variables macroscópicas se ha modificado a lo largo del tiempo, se realiza un análisis comparativo entre los valores de capacidad resultantes los manuales de capacidad de Estados Unidos de 1985, 2000 y 2010 respecto a los valores obtenidos del análisis con datos empíricos.

2. METODOLOGÍA

El objetivo de la investigación consiste en analizar, a partir de datos empíricos, el comportamiento de las variables macroscópicas del tránsito en una carretera de dos carriles por sentido a flujo continuo en condiciones de saturación para estimar la capacidad y su relación con los niveles de servicio con una doble finalidad: a) identificar las diferencias tanto de comportamiento de las relaciones macroscópicas como de valores capacidad entre los resultados empíricos de las carreteras nacionales respecto a los parámetros teóricos de los instrumentos de planeación utilizados en México (HCM en específico); b) describir las consecuencias de transferir, a los procesos de planeación de carreteras, parámetros de capacidad distintos a los de las carreteras nacionales. La metodología empleada para tal efecto se resume a la ejecución de las siguientes actividades (ver Arellano, 2024):

Establecer el marco de referencia. Proporciona la base teórico - conceptual necesaria para facilitar la comprensión del análisis realizado.

Seleccionar el tramo de estudio. Se selecciona un tramo carretero con flujo continuo que presente características de saturación recurrente para colectar información durante un período de 7 días x 24 horas.

Integración y validación de bases de datos. La información existente de aforos con registros individuales en carreteras de dos carriles será integrada en bases de datos para facilitar el análisis. Se diseñará la base de datos y se validarán los registros discriminando valores aberrantes.

Caracterización de las condiciones de circulación prevaleciente en la carretera de estudio.

Se describen las características geométricas del tramo carretero aforado incluyendo los elementos que pudieran afectar la circulación: estado de la superficie de rodamiento, entradas y salidas, bases de taxis, paraderos de autobuses, maniobras de operación en el tramo, señalamiento vertical y horizontal, visibilidad, obstrucciones visuales entre otras. Se describirá de forma general la composición vehicular y la operación de modos de transporte no convencionales: motocicletas, mototaxis, entre otros.
Análisis de los diagramas de las variables macroscópicas. A partir de las bases de datos de aforos, se obtendrán las variables macroscópico del tránsito (flujo, velocidad y concentración) a diferentes niveles de agregación temporal y se elaborará: a) un análisis de los factores exógenos que inciden en el comportamiento de las variables macroscópicas (nocturnidad, condiciones climáticas, visibilidad), b) un análisis comparativo respecto a los diagramas teóricos y los empleados en el HCM, 2010 con a la finalidad de poner en evidencia las diferencias para el caso mexicano.
Obtención de la capacidad. Se utilizan diversos métodos paramétricos y no paramétricos para la estimación de la capacidad vehicular a partir de los datos empíricos colectados de las variables macroscópicas del tránsito.
Obtención de los niveles de servicio. Se estima el nivel de servicio en el que se encuentra operando la carretera de estudio y se caracterizará el nivel de servicio en carreteras similares.
Análisis comparativo. Se visibilizan las relaciones e inconsistencias entre las metodologías empleadas para la evaluación de la capacidad de carreteras, incluyendo las del HCM, y los resultados obtenidos del caso de estudio.

3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Los datos empíricos empleados en este análisis corresponden, conforme a la teoría macroscópica del flujo vehicular (e.g. Hall, 1990), a un tramo carretero uniforme a flujo continuo (sin interrupciones, semáforos y entradas o salidas) con características geométricas homogéneas en cuanto a la cantidad, ancho de carriles, estado del pavimento y acotamientos. Este tramo analizado tiene una longitud de un kilómetro extendiéndose desde la desincorporación de la avenida Cuauhtémoc en el margen izquierdo en sentido norte. Sur hasta la desincorporación hacia la autopista México-Puebla /Circuito exterior mexiquense e Ixtapaluca. Dicho tramo es parte de la carretera federal Santa Barbara - Izúcar de Matamoros, ruta: MEX-115-160 y clave: 00451 de acuerdo con datos viales de la SICT (SICT, 2023).

En el tramo de estudio se identificaron las siguientes particularidades en la circulación que podrían tener algún efecto en los registros de las variables de tránsito que son colectadas:
Cruces peatonales. En el tramo de estudio se ubicaba un paso peatonal elevado por lo que los cruces peatonales a nivel están desautorizados.
Retorno operativo. En el momento de colecta de información, operaba un retorno con un carril de desaceleración y almacenamiento el cual, en el caso de formación de filas, podría incidir sobre el flujo continuo afectando las velocidades de circulación e induciendo cambios de carril dado que la señalización vertical y horizontal del retorno es bastante limitada.
Maniobras de áreas comerciales hacia la carretera. Se tiene registro de maniobras de

entrada y salida de vehículos en las zonas de estacionamiento en las áreas comerciales ubicadas a lo largo de la zona de estudio. Estas operaciones carecen de un correcto control y señalamiento. En este caso, se trata del uso del derecho de vía a lo largo del trazo. Las incorporaciones y salidas de la vía tendrían un efecto marginal sobre la circulación, aunque si afectan por ciertos instantes el flujo continuo.
Formación de filas en hora pico. La plaza de cobro de Ixtapaluca se ubica 500 metros al norte de la terminación del tramo de estudio. Su operación representa una reducción de la capacidad aguas abajo de la sección analizada por lo que en períodos pico se forman filas de espera que reducen la velocidad de circulación en el tramo. Es por ello, que los datos deben interpretarse con atención por este efecto sobre la velocidad en los períodos críticos del día.
Obras de construcción del trolebús Santa Marta – Chalco. Durante el levantamiento de la información se iniciaron los trabajos de preparación del carril reservado para el trolebús. Aunque el inicio de obras era incipiente, se tenía señalización vertical y avances de construcción en la avenida Cuauhtémoc. La señalización posiblemente haya incidido en la reducción de la velocidad de los conductores sobre todo del margen izquierdo del tramo de estudio en dirección Chalco-Cuautla.
Fuente de información. El periodo de levantamiento de información en campo se realizó entre los días 29 de agosto al 05 de septiembre del 2022. En este periodo se colectaron las características geométricas del tramo de estudio y se registraron las condiciones de circulación. Para tal efecto, se instaló una estación de aforos vehiculares con tubos neumáticos en el kilómetro 4+000 de la carretera federal Santa Barbara - Izúcar de Matamoros. Se obtuvieron datos de aforos individuales (por vehículo) con clasificación vehicular con un total de 603,641 registros de 7 días durante 24 horas en el tramo carretero de dos carriles por sentido. Con los registros del equipo de aforo, se integró una base de datos y se establecieron diferentes niveles de agregación temporal para la aplicación de los supuestos de la teoría macroscópica del flujo vehicular. Posteriormente, se analiza la relación oferta-demanda del entorno carretero y se identificaron los efectos potenciales sobre la circulación. Por último, se analizan los diagramas bidimensionales de las variables macroscópicas del tránsito (flujo, velocidad y concentración), se estima la capacidad y el nivel de servicio.

4. RESULTADOS

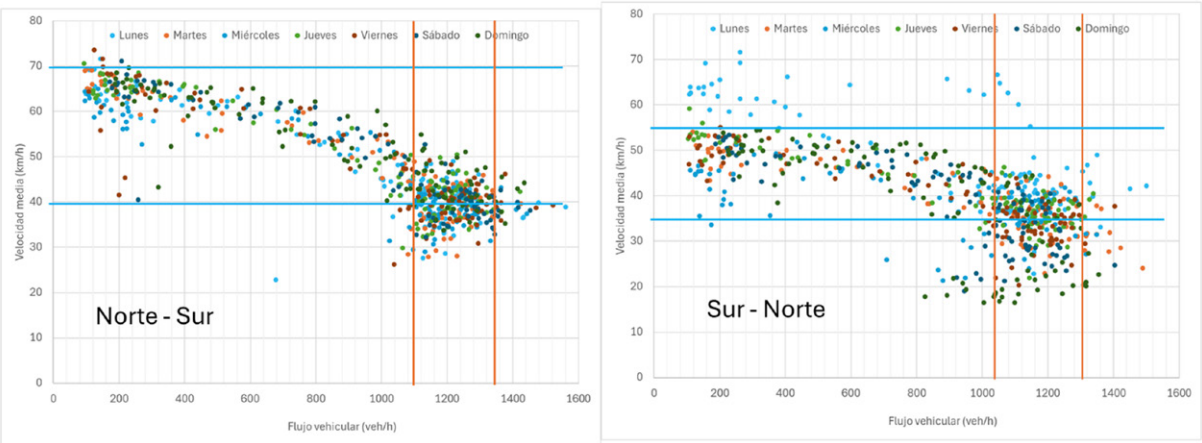
4.1 Análisis de la relación flujo-velocidad y niveles de servicio

La revisión del comportamiento de las variables macroscópicas se resume a través de la descripción de la relación flujo-velocidad. En la **Figura 1** podrá notarse el contraste en el comportamiento de ambas variables por sentido de circulación. Mientras que en el sentido sur-norte (de Ixtapaluca hacia Chalco) la variación entre la velocidad a flujo libre, uf, (a la que los vehículos circulan libremente) y la velocidad óptima, uo, (a la que se alcanza la velocidad) va de 70 a 40 km/h en el sentido opuesto (de Chalco hacia Ixtapaluca) se extiende de 55 a 35 km/h respectivamente. En tanto que, los rangos de capacidad varían de 1050 a 1300 vevp/h/carril y 1100 a 1350 vevp/h/carril para el sentido sur-norte y norte sur respectivamente. Estas diferencias implican que existen asimetrías en las condiciones de circulación derivadas de varios factores que afectan, en mayor magnitud, al sentido sur-norte tanto en capacidad como en velocidad; como

son: la divergencia (sur-norte) y convergencia (norte-sur) de los flujos vehiculares en el tramo de estudio; la caseta de cobro de Ixtapaluca (sur-norte), la desincorporación a la autopista México-Puebla (sur-norte); el retorno hacia Chalco desde la dirección sur-norte, las operaciones de entradas y salidas a los comercios localizados en las laterales de la carretera.

Estos resultados permiten confirmar que, en régimen a flujo libre, se tiene una tendencia de reducción de la velocidad media, del orden del 50% respecto a la velocidad libre, conforme el flujo aumenta y una región en la que el volumen máximo puede variar en un casi 20% respecto a la capacidad mínima observada. Dado estos órdenes de variación, se trata de analizar un problema no solo de valores medios (tendencia central) sino también de dispersión; lo que lleva a considerar que es necesario visualizar una banda de variación que, a fin de cuentas, podría ser representado por una familia de curvas que sea sensible a factores que afectan de forma específica a los valores de capacidad y velocidad. De ahí que el enfoque más adecuado para abordar el tema de capacidad y nivel de servicio sea a través de una banda de variación para las relaciones macroscópicas quedando por determinar el efecto de cada factor sobre esta variación.

Figura 1. Relación flujo-velocidad del tramo de estudio



Fuente: Elaboración propia

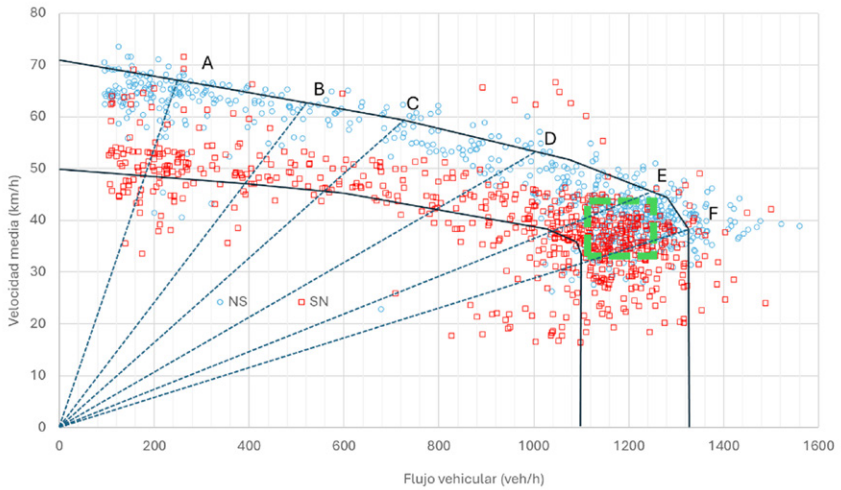
En la **Figura 2** se distinguen las envolventes o límite superior e inferior de la banda de variación mencionada la cual correspondería al comportamiento de una carretera de dos carriles en el que el límite inferior presenta un efecto más importante de factores respecto al límite superior. Considerando que la capacidad es la máxima cantidad de vehículo que puede pasar en una sección transversal de manera sostenida se puede observar una zona menos dispersa que ronda los 1100-1350 veap/hora/carril y que en todo caso se podría tomar como el rango más probable de capacidad para una carretera de dos carriles. En la figura referida esta zona está remarcada en cuadro punteado verde. Los métodos que se describirán más adelante permiten confirmar este resultado. Finalmente, es importante señalar que la tendencia de variación de la nube de pares u – q, en la proximidad de la capacidad en cada día de la semana, tiene un comportamiento elástico que difiere del fenómeno de histéresis (e.g. Guzmán, 2016; Sánchez, 2000) implicando que el efecto de las filas de espera aguas arriba, de cada

sentido de circulación, es poco importante. La ausencia de "boucles" o trayectorias en espiral en la cercanía de la capacidad así lo muestra.

Con esta banda de variación de la relación flujo-velocidad se muestra que existen diferencias notables con los nomogramas del HCM en todas sus versiones (1965, 1985, 2000, 2010 y 2016) tanto en la tendencia como en el orden de magnitud de la capacidad. El HCM de 1985 se aproxima ya que tiene una amplitud de velocidad de flujo libre y optima similar del orden del 50% aunque los valores absolutos de velocidad son muy distintos. En cuanto a la capacidad el diferencial es del orden del 100% respecto al rango inferior obtenido en el estudio de caso (1050 vevp/h/carril) y el HCM, 1985 y de 70% para el rango superior.

Este análisis corresponde a un tramo de la red nacional de carreteras con 4 carriles (2 por sentido de circulación) y por ello. Por ello, se requiere realizar un estudio con una muestra más amplia de tramos. Sin embargo, aún con esta limitación, las diferencias encontradas tanto en los rangos de capacidad como en los niveles de servicio son bastante importantes y las implicaciones para el monitoreo y la planeación de la RCN son profundas. En efecto, lo anterior implicaría, tan solo en el monitoreo, una subestimación de las condiciones reales de operación de las carreteras y con ello un efecto doble de sobreestimación de la calidad de la circulación. En primer lugar, los niveles de servicio que se estiman con base en el HCM serían muy distintos a los reportados en fuentes oficiales. En segundo lugar, los límites (las líneas punteadas con pendiente en la **Figura 2**) respecto al nivel de servicio permisible (D-E) cambiarían por valores de densidad entre 15-30% menores que el HCM, 2010 por citar un ejemplo.

Figura 2. Relación flujo-velocidad del tramo de estudio



Fuente: Elaboración propia

4.2 Estimaciones de capacidad

Para estimar la capacidad de la carretera se emplearon cuatro métodos: HCM, Método de Van Aerde (Van Aerde, 1995) VAM, el método límite de producto basado en Kaplan y Meier, 1985 (PLM) y el método del índice de flujo sostenible (Shojaat et al., 2017) SFI.

Los resultados se consignan en el **Cuadro 3** al cual se le han agregado los rangos superior e inferior de la curva flujo-velocidad del análisis empírico. En el caso de la metodología del HCM se ha considerado que la versión de1985 refleja de mejor manera, que el HCM 2000 y el HCM 2010, el comportamiento entre las variables macroscópicas de tránsito respecto al análisis empírico reportado y en particular al diagrama flujo-velocidad de la Figura 6 aunque los rangos de velocidad de operación y capacidad son muy distintos. Aun así, los valores de capacidad y velocidad para los límites superior e inferior son por mucho los más altos de todos los métodos. Esta diferencia es incluso superior al 50% de valor promedio de todos los otros métodos de estimación (promedio*) considerando los valores de capacidad tanto para el límite superior como inferior. En cuanto a los demás métodos se observa una dispersión baja del valor de capacidad con un coeficiente de variación del orden del 5%-8% para el límite superior e interior respectivamente. Estos resultados muestran que son consistentes por lo que es más probable que la capacidad de una carretera de 4 carriles se encuentre entre 1200 y 1350 vevp/hora/carril en tanto que las velocidades promedio óptimas del flujo vehicular, que permiten alcanzar dicha capacidad, se encuentran entre 36-41 km/h. El método de estimación SFI es el que aporta las capacidades más bajas en tanto que por PLM se obtiene el valor más elevado. El diferencial es del orden del 10% respecto al valor más bajo de ambos. Por lo que respecta a las velocidades óptimas VAM entrega las estimaciones más altas y PLM las más bajas. El diferencial entre ambos varía de 10-20%.

Cuadro 3. Capacidad y velocidad óptima en carreteras de 4 carriles

Método	**Límite superior** (Sur-Norte)		**Límite inferior** ***(Sur-Norte)***	
	Capacidad (vevp/h/carril)	**Velocidad óptima** (km/h)	**Capacidad** (vevp/h/carril)	**Velocidad óptima** (km/h)
HCM, 1985	1900	50	1700	48
Diagrama q-u	1350	40	1100	35
VAM	1378	46	1298	38
PLM	1382	36	1306	34
SFI	1227	NA	1165	NA
Promedio	1472	44	1367	40
Promedio*	**1334**	**41**	**1217**	**36**
Desviación	73	5	101	2
Mediana*	1364	40	1232	35

Fuente: elaboración propia.

En lo que respecta a los niveles de servicio, se presenta una comparativa entre los valores de velocidad y densidad que corresponden a los límites de cada uno de ellos tomando como referencia el HCM, 1985 y los resultados de los datos empíricos. Se podrá notar que, para el límite inferior, los rangos de velocidad por nivel de servicio son muy similares. Sin embargo, las densidades límite son bastante distintas, del orden de 3 veces menores para los datos empíricos. Las relaciones macroscópicas velocidad-flujo del HCM, 1985 tenían una pendiente más pronunciada hacia el límite de la capacidad es por ello que estas densidades son más altas si se comparan con el HCM, 2000 y HCM, 2010. En esta última edición, por ejemplo, los límites son 7, 12, 18, 24 y 30 vevp/h/carril para los niveles B-F respectivamente. Si bien estos valores se asemejan más a los

del estudio empírico la variación de la velocidad respecto al flujo es muy distinta. En el caso del límite superior, las diferencias son notables tanto en velocidad de operación y densidad. Las diferencias por nivel de servicio pueden ser de hasta 75% con respecto a los valores empíricos de velocidad y casi del 100% respecto a la densidad.

Cuadro 4. Comparativa de límites de densidad en los niveles de servicio

Fuente	Nivel de servicio	Límite inferior		Límite superior	
		Velocidad (km/h)	**Densidad** (vevp/km/carril)	**Velocidad** (km/h)	**Densidad** (vevp/km/carril)
HCM, 1985	A	80	0	80	12
	B	>67	>12	<80	20
	C	>62	>20	67	30
	D	>56	>30	62	42
	E	45	>42	56	67
	F		>67	<45	
Datos empíricos	A	72	0	50	5
	B	**68**	**>5**	**48**	**9**
	C	63	>9	46	12
	D	59	>12	42	18
	E	53	>18	38	26
	F	<45	>26	<32	

Fuente: elaboración propia.

Considerando la tabla anterior para evaluar el nivel de servicio en el tramo de estudio, se tiene que, en el período más críticos del día, la hora pico, la densidad es de en el sentido sur-norte es de 33 vevp/h/carril con una velocidad de 34 km/h y en el sentido norte sur de 32 vevp/h/carril y 39 km/h respectivamente. El nivel de servicio resultante sería D conforme al HCM, 2010 y HCM, 1985 aunque en este último por velocidad se consideraría F. En tanto que por los resultados empíricos tanto en velocidad como en densidad el tramo se encontraría en nivel F lo cual es consistente con los resultados obtenidos en el que se demuestra claramente que la infraestructura ha llegado a su límite de capacidad por lo que definitivamente su nivel de servicio es F. Es decir, requiere una intervención urgente para mejorar las condiciones de circulación.

5. COMENTARIOS FINALES

A través de la teoría macroscópica del flujo vehicular aplicada a datos empíricos colectados en un tramo de carretera de 4 carriles a flujo continuo, en la carretera federal Santa Barbara - Izúcar de Matamoros, se ha demostrado que existen diferencias notables respecto a los manuales de capacidad que generalmente se emplean en México como base para realizar actividades de planeación, monitoreo y mantenimiento de la RNC. Los resultados muestran que existiría una sobreestimación de la capacidad y de los niveles de servicios que anualmente reporta la SICT lo que implica que las condiciones de circulación son peores por lo que habría muchos más tramos en condiciones críticas que requieren atención y sobre todo que están generando altos costos sociales

para la población (accidentes, congestión, emisión de contaminantes, etc.) y para la sustentabilidad en general. Estos resultados sugieren la urgente necesidad de llevar a cabo revisión técnico-metodológica de fondo en la práctica nacional para revertir las tendencias que están llevando a subestimar las condiciones en que se encuentra la RNC.

Por otra parte, desde el punto de vista metodológico, se requiere ampliar los análisis de este tipo para identificar los factores que inciden en las velocidades de operación y que llevan a que se tengan diferencias tan notables respecto a la velocidad de diseño. En el caso estudiado se verifica que una carretera diseñada para operar a 80 km/h opera realmente en un rango de 70-50 km/h en condiciones de flujo libre. En el mismo sentido, se requiere cuantificar el efecto que sobre estas velocidades y sobre la capacidad tienen cada uno de los factores que inciden en la operación. Por otra parte, también es relevante analizar la percepción de la calidad del servicio por parte del usuario. Si bien esta puede ser una medida subjetiva deberían vincularse con los conceptos técnicos que establecen los límites entre los niveles de calidad del servicio.

Finalmente, para un país es necesario desarrollar conocimiento propio que se adapte a las especificidades se su infraestructura, la movilidad y sus usuarios. Por ello, se requiere construir un cuerpo teórico-práctico que refleje estas condiciones ya que, como se ha mostrado, la trasposición de conocimientos sin un análisis riguroso lleva a un diagnóstico alejada de la realidad que muchos usuarios perciben.

6. REFERENCIAS

Arellano Hernández, B. (2024). Análisis empírico de la capacidad en carreteras mexicanas de 4 carriles. Facultad de Ingeniería BUAP. México.

Carreteras Federales 2011-2021. Recuperado de https://www.sct.gob.mx/transporte-y-medicina-preventiva/autotransporte-federal/estadistica-de-accidentes-en-carreteras-federales

CMIC, 2024. México con costos logístico más altos frente a socios comerciales. En cmic.org.mx. Consultado el 16/09/2024

Daganzo, C. F. (1997). Traffic flow theory. In Fundamentals of transportation and traffic operations (pp. 66-160). Emerald Group Publishing Limited.

García-Díaz, C. E., Morales-Rosales, L. A., Hurtado-Beltran, A., & Arreygue-Rocha, J. E. (2024). Análisis de accidentabilidad en autopistas de dos carriles de la red federal de cuota en México. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, (91).

Guzmán, C. (2016). Análisis del efecto de la histéresis del tránsito en un tramo de la autopista México-Orizaba. Tesis de maestría. BUAP.

Instituto Mexicano del Transporte. (2022). Anuarios Estadísticos de Accidentes en

Instituto Nacional de Salud Pública. (2018). México, séptimo lugar mundial en siniestros viales. Recuperado de https://www.insp.mx/avisos/4761-seguridad-vial-accidentes-transito.html#sup4.

Kaplan, E. L., & Meier, P. (1958). *Nonparametric estimation from incomplete observations. Journal of the American Statistical Association, 53* (282), 457–481. Leutzbach, W. (1988). Introduction to the theory of traffic flow (Vol. 47). Berlin: Springer-Verlag.

Martínez, M. Carlos (2020). El costo social de los tiempos de cruce en la red nacional autopista de cuota. Tesis de maestría. BUAP.

May, F. (1990). Traffic flow fundamental, Inglewood. Prentice Hall.

SEDATU-CONAPO (2020). Zonas metropolitanas de México 2020. SEDATU, México.

SICT (2023). Capacidad y Niveles de Servicio en la Red Carretera. Obtenido de https://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-serviciostecnicos/datos-viales/

Shojaat, S., Ardekani, S., & Hellinga, B. (2017). *Development of a sustainable flow index to estimate highway capacity using macroscopic traffic relationships. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2635*(1), 10–19.

Van Aerde, M. (1995). *Single regime speed-flow-density relationship for congested and uncongested highways* (Paper No. 950802). 74th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, D.C.

CRECIMIENTO DE LA ACCIDENTABILIDAD POR MOTO EN COSTA RICA

Ing. Olman Vargas Zeledón
Cámara de Consultores en Arquitectura e Ingeniería
San José, Costa Rica. ovargas@cfia.or.cr

RESUMEN

En Costa Rica, la accidentabilidad vial se había mantenido estable durante muchos años. Dicha situación varía en tiempos de pandemia (2020 – 2022); y a partir del año 2023, en período post pandemia, *sube significativamente el número de motocicletas como porcentaje de la flota total*, y con ese crecimiento, también el número de accidentes con motocicletas involucradas, y con un *impresionante aumento en el porcentaje de número de fallecidos en accidentes con motocicletas involucradas*.

En los *dos últimos años (2024 y 2025) la situación empeoró dramáticamente*, por lo que la presente ponencia trabaja entonces un análisis detallado, con base en data desde el 2023 hasta el año 2025, del *enorme crecimiento en la accidentabilidad vial, particularmente con motocicletas involucradas* que ha provocado dicha situación. La prácticamente nula regulación normativa al respecto, y al bajísimo de control de la policía de tránsito, ha tomado sin reacción inmediata a las autoridades del gobierno central; y la situación ha llegado en el último año a niveles muy importantes de gravedad; así como la afectación en el sector salud de tan grande número de accidentes, y también en los efectos de dichos accidentes en los niveles de congestión en el país, y otras consecuencias.

Se plantean entonces medidas de emergencia, y definir una política pública, con el fin de que las autoridades de gobierno puedan tratar de tomar el control en tan grave situación, para poder en el mediano plazo, cambiar drásticamente la situación actual.

“Crecimiento de la accidentabilidad por moto en Costa Rica”

En Costa Rica la flota de motocicletas se había mantenido relativamente estable durante muchos años, con un crecimiento moderado que no había significado un factor de desequilibrio en el total de la flota vehicular.

Dicha situación empieza a variar de manera significativa en tiempos de pandemia (2020 – 2022); cuando el número de motocicletas es el único vehículo automotor que aumenta en números reales; pero es a partir del año 2023, en período post pandemia, que sube significativamente el número de motocicletas como porcentaje de la flota total, y con ese crecimiento, también el número de accidentes con motocicletas involucradas, y con un *aumento significativo en el porcentaje de número de fallecidos en accidentes con motocicletas involucradas*.

Pero más aún, en los años de 2024 y 2025, los números negativos de accidentes y fallecidos por accidentes siguen aumentando, con una *proyección para el 2025 de más de 600 fallecidos en sitio*, que representa un crecimiento de 38% con respecto al 2021, o sea, en promedio, un crecimiento sostenido de 9,5% por año transcurrido.

En el presente documento, se analizan las causas de dicha situación, y se generan una serie de medias alternas que se deben tomar, con el fin de lograr, en un plazo perentorio, una reducción significativa en el número de accidentes con motociclistas incluidos, así como en el nivel de gravedad de dichos accidentes.

1. ANTECEDENTES:

La flota vehicular de Costa Rica se mantuvo durante muchos años con un porcentaje de motocicletas bastante estable, creciendo el número bajo una correlación similar al crecimiento del número de vehículos automotores. En la Tabla No. 1 se observa el porcentaje típico de motociclistas con respecto al total de la flota automotor.

Tabla No.1: Motocicletas respecto al total de la flota vehicular en Costa Rica 2023-2025 (1)

Flota	2023	2024	Crecimiento 2023-2024 (%)	2025	Crecimiento 2024-2025 (%)
Automóviles	1 161 468	927 259	**-25.2**	976 308	**5.2**
Motocicletas	583 239	821 347	**41.0**	903 482	**10.0**
Total	**1 744 707**	**1 748 606**		**1 879 790**	

(1) **Fuente: Elaboración propia con base en datos del Instituto Nacional de Seguros (2023, 2024).**

Tabla No.2: % de motocicletas con respecto al total de la flota vehicular en Costa Rica 2023-2025 (2)

Flota	***Automóviles***	***Motocicletas***	TOTAL	Porcentaje (%)
2023	1 161 468	583 239	**1 744 707**	**33.4**
2024	927 259	821 347	**1 748 606**	**53.0**
2025	976 308	903 482	**1 879 790**	**52.2**

(2) **Fuente: Elaboración propia con base en datos del Instituto Nacional de Seguros (2023, 2024, 2025).**

El aumento en el número de motocicletas y su peso en la totalidad da la flota había empezado a cambiar en los años anteriores a la pandemia, pero a partir de esta (2020-2022), se aumenta de una manera importante, como se deriva de la tabla No.2: el aumento en el porcentaje de las motocicletas con respecto al total de la flota aumenta de un 33.4% para el 2023, a un 53% en el año 2024, y prácticamente igual en el 2025 (52.2%)

Lo anterior, se estima se debió (y se mantiene) principalmente a 5 factores importantes:

1. El *crecimiento exponencial de los servicios conocidos como "delibery"*, principalmente con respecto a la compra de alimentación a domicilio, donde, inicialmente se genera una red de bicicletas para entrega de los productos, pero luego, en los años de pandemia, se produce un cambio paulatino pero sostenido de una flota de bicicletas a una flota de motociclistas, ya que esto genera una mayor velocidad en la entrega del producto, con una disminución significativa en el tiempo de entrega, y a la vez, un menor desgaste físico de los jóvenes que hacen entrega de dichos productos. El crecimiento de la flota de motociclistas fue significativo en este aspecto. Es importante indicar que, en Costa Rica, desaparecieron totalmente las bicicletas como parte del servicio de delibery.

2. Lo anterior se vio impulsado, por un *precio relativamente bajo de las motocicletas*, con respecto a otros vehículos automotores, y, sobre todo, por una *facilidad muy grande para poder financiar la compra de estas*. Los diferentes actores del sistema bancario nacional ofrecen crédito, a través de los comercios, para compra de una motocicleta que incluyen requisitos de capacidad financiera muy bajos, plazos amplios de pago, que favorecen la compra de éstas: porque, aunque tienen intereses de mercado muy altos, al ser un precio bajo y con amplio plazo para el pago, las cuotas mensuales son bajas y al alcance de prácticamente toda la población trabajadora

3. La tercera consideración para el aumento del número de motocicletas en las vías públicas terrestres, y que posiblemente es la más importante en el momento actual, es la *congestión vial generalizada* en nuestros principales centros urbanos, que han impulsado a que muchos dueños de vehículos automotores adquieran motocicletas adicionalmente al vehículo, para trasladarse en menor tiempo y con mayor facilidad dentro de los centros urbanos correspondientes. Este es un factor decisivo para lo que se analizará más adelante, por el manejo de situaciones de riesgo mucho más frecuente en los conductores de motocicletas, que en los conductores de vehículos automotores. Basta observar el funcionamiento de cualquier semáforo en un centro urbano, para ver la cantidad de motocicletas que se aglutinan ante el rojo del semáforo, y desordenan totalmente el funcionamiento de este, al ponerse el verde que da la vía correspondiente.

4. Es importante, al menos a nivel de fenómeno que empieza a manifestarse (aunque todavía no es posible tener datos que sustenten la observación planteada) el conocido como *micro movilidad*, y que básicamente consiste en el aumento significativo de bicicletas, scooters y patinetas como vehículos no motorizados para desplazarse en las vías públicas. A ellos se les suma las bicicletas a las que se adaptan algún tipo de motor, y que se conocen como bicimotos. En un aparte posterior se analiza con mayor detalle este tipo de movilidad, quienes la utilizan preferentemente, y las consecuencias que empieza a tener en la accidentabilidad vial.

5. Finalmente la *regulación en el país para las motocicletas*, a nivel de legislación, tienen una normativa menos estricta que otros vehículos automotores. Se muestra el articulado del artículo 117 de la *"Ley de tránsito por vías públicas terrestres y seguridad vial"*:

"CAPÍTULO IV
CONDUCCIÓN DE VEHÍCULOS TIPO BICIMOTOS,
MOTOCICLETAS, UTV (3)
ARTÍCULO 117.- Obligaciones de los conductores y sus pasajeros
Los conductores y pasajeros de los vehículos indicados en este capítulo deben acatar las siguientes disposiciones:
a) Llevar un casco de seguridad de acuerdo con los requisitos estipulados en el reglamento de esta ley.
b) Se les prohíbe llevar paquetes, bultos y objetos que limiten la libertad de movimiento al conducir el vehículo.
c) Abstenerse de sujetarse de otro vehículo en marcha en las vías públicas.
d) Utilizar prendas de vestir retrorreflectivas, tanto al estar el vehículo en movimiento como cuando se detengan a realizar alguna reparación en el espaldón o a la orilla de la carretera.
e) No podrán transportar menores de cinco años como pasajeros."
(3) Nota: UTV: Vehículo para tareas útiles

Como se observa, los requisitos para la circulación de motocicletas son mínimos (obligatoriedad del casco, no llevar bultos, no llevar niños menores); por lo que más adelante se analiza si se cumplen o no estas disposiciones.

En el momento actual existen dos proyectos de ley en la Asamblea Legislativa que pretenden exigir una legislación más fuerte para los motociclistas, pero se está ante una elección presidencial, cambio de autoridades de gobierno y diputados a partir de mayo del 2026, por lo que no parece posible que se vaya a poder aprobar ninguno de los proyectos indicados en el plazo de la fecha actual al mes de mayo de 2026.

Esta legislación, que en materia de control se puede considerar "moderada", es también un aliciente para que la comunidad considere la posibilidad de adquirir motocicletas. Es importante indicar, con respecto a la micro movilidad, que *no se tiene ningún tipo de regulación*, ni siquiera la anotada anteriormente para los motociclistas.

2. EL PROBLEMA:

El problema por analizar queda perfectamente identificado, con solo observar en detalle el número de accidentes de tránsito en el país, con motocicletas involucrados, que muestra un alto crecimiento, que supera el 30% de la totalidad de los accidentes, según se anota en las Tabla No. 3:

TABLA No. 3: Fallecidos, por año, en sitio, en accidentes de tránsito (4)

	2022	2023	Aumento (%)	2024	2025 (proyección)	Aumento (%)
Fallecidos	406	517	**27**	505	672	**33**

(4) **Fuente: Elaboración propia con base en datos del Consejo de Seguridad Vial. 2025 proyección con datos a julio.**

TABLA No. 4: Motociclistas fallecidos en sitio, por año. en accidentes de tránsito (5)

2022	2023	Aumento (%)	2024	2025 (proyección)	Aumento (%)
214	253	**18.2**	271	330	**22**

(5) **Fuente: Elaboración propia con base en datos del Consejo de Seguridad Vial. 2025 proyección con datos a junio**

Ya para el año 2024, se observa un porcentaje muy alto de accidentes de tránsito, con un crecimiento muy importante del número de fallecidos en sitio. Es importante indicar que el recuento de los fallecidos por accidentes de tránsito, con el dato único de fallecidos en sitio tiende a sesgar de manera importante la realidad, porque hay un porcentaje importante de accidentados que fallecen posteriormente en un hospital. El INS, institución estatal que genera las pólizas de los vehículos automotores, considera que si el seguimiento del accidentado que llega a centros hospitalarios se diera por al menos una semana (7 días), la cifra de fallecidos aumentaría en un 100%. Esto lleva a la necesidad absoluta, para Costa Rica de establecer un proceso formal, en la institucionalidad pública, de seguimiento de los accidentados en accidentes de tránsito hasta por una semana de tiempo. Es importante indicar que, al ser en Costa Rica la atención médica hospitalaria universal y obligatoria, a través de la Caja Costarricense del Seguro Social, existe la posibilidad real de articular la institucionalidad pública para llevar esta estadística de la manera correcta, que posibilite una toma de decisiones acertada y oportuna.

Para los fallecidos en sitio en accidentes de tránsito, ocupantes de motocicletas se tiene en el 2023, un crecimiento de un 18.2% y que *representa la mitad (51%) de todos los fallecidos en accidentes de tránsito con víctimas en sitio*.

Ese porcentaje *sube un 6.6% para el año 2024 y un 22% para el año 2025*. En el 2024 bajó el porcentaje sobre el total de fallecidos a un 46%, pero ya *para 2025 se tiene que volverá al 51%, igual que en el año 2023*.

Al tener un porcentaje tan alto de accidentes con víctimas con conductores de motocicletas involucradas, se hace necesario conocer cuál ha sido el efecto de las víctimas totales en este tipo de accidentes. En la tabla no. 5 se muestra adicionalmente, los fallecidos en accidentes de tránsito, en sitio, como pasajeros en motocicleta. Estos datos se deben adicionar a los anteriores indicados de los fallecidos como conductores:

TABLA No. 5: Víctimas por año, accidentes con motocicleta, conductores y pasajeros (6)

FALLECIDOS EN MOTOCICLETA	2022	2023	2024	2025
Conductores	214	253	271	330
Pasajeros	11		28	40
TOTAL	**225**		**299**	**370**

(6) **Fuente: Elaboración propia con base en datos del Consejo de Seguridad Vial. 2025 proyección con datos a junio**

Se tiene entonces que el número total de fallecidos en motocicleta, en los dos últimos años ha *aumentado en un 33% (2024) y en un 24% (2025)*, por lo que se hace necesario tomar medidas urgentes para detener esta situación.

Pero la cifra que más impacta y preocupa es la que se determina del número de muertes en accidentes con motocicletas involucradas, con respecto al total de muertes en el país por motivo de accidentes viales., para el período analizado. De las 406 personas fallecidas en el 2022, hemos pasado a 672 en el 2025, para un *crecimiento total de fallecidos por accidentes de tránsito en sitio de un 65% ¡en solo 3 años!* Y si lo llevamos al tema de motociclistas y sus pasajeros incluidos, fallecidos en accidentes de tránsito en sitio, llegamos a un crecimiento de 68% para el mismo período de 3 años. Si a lo anterior le sumamos lo indicado anteriormente, de que se trabaja con un número disminuido de la realidad porque es únicamente para fallecidos en sitio, se tiene que la situación es de verdadera gravedad.

Se tiene entonces que éstas son cifras que obligan a las autoridades de Tránsito, y a la comunidad en general, en *tomar medidas en el menor plazo posible* con el fin de detener el aumento significativo de muertos y lesionados por accidentes de tránsito.

Los 517 muertos que se indican en la Tabla No. 3 como el total del año 2023, sobrepasaron por primera vez en la historia de Costa Rica, la cifra de 500 fallecidos por accidentes de tránsito, en sitio. Como se dijo anteriormente, si la manera de medir los fallecidos por accidente de tránsito se estima conservadora, ya que en muchos países en el mundo el parámetro se lleva hasta una consideración de fallecido por accidente de tránsito hasta 24 horas después del accidente, y el INS tiene estimado de un crecimiento del 100% si se diera seguimiento hasta una semana en centros hospitalarios, estamos en la presencia de una *crisis de accidentabilidad vial*, como no se había tenido antes en el país. Incluso la proyección de datos para el 2025 supera los 600 fallecidos en sitio, en el año.

Se trabaja con datos de 2023, 2024 y 2025 para establecer los cambios que se han dado, sobre todo porque los datos del período 2020-2022 son poco representativos, ya que los datos de esos años estuvieron ampliamente influenciados por la situación de la pandemia, que hizo que los volúmenes de tránsito disminuyeran significativamente, por toda la restricción de circulación que se dio en esos años, y que no posibilitaba a los dueños de vehículos automotores a desplazarse normalmente. Además, la recuperación de los flujos normales se da ya claramente en el año 2023, con la consideración de que, en algunos sectores viales, más bien crecieron los volúmenes con respecto a los flujos prepandemia.

Aun así, es importante indicar que el número de motocicletas nuevas registradas dentro de la flota vehicular fue el único que creció en el año 2020, a pesar de la pandemia, situación que se estima se dio por el crecimiento de los sistemas de delibery, como ya se explicó anteriormente. Para el año 2021, aunque al inicio se mantuvieron en los primeros meses algunas restricciones, ya se volvió de manera gradual a las condiciones naturales de flujo, lo cual queda demostrado al observar los datos de 2023.

Retomando el tema de la grave situación actual, se debe decir que a pesar de que el porcentaje es significativamente alto, y eso ha generado una gran preocupación en la comunidad, *dicha preocupación no se ha visto reflejada en las autoridades de tránsito*, que prácticamente no han reaccionado ante la situación presentada y claramente establecida según los datos analizados.

Se pasa entonces, a analizar y establecer posibles medidas correctivas, que puedan hacer cambiar la proyección tan negativa de accidentabilidad que, de mantenerse, llevaría a grandísimas consecuencias en la salud, las finanzas, la sociedad y la calidad de vida de todos los costarricenses, si no se toman las medidas adecuadas.

3. MEDIDAS A CONSIDERAR:

Para la consideración de medidas, es importante retomar las causas que se indicaron en el numeral 1: "Antecedentes"; con el fin de poder correlacionar dichas medidas con acciones preventivas que se deriven precisamente de dichas causas.

3.1 Legislación

Este es un aspecto crucial, ya que la legislación moderada que se tiene en el país en materia de conducción de motocicletas, con pocas restricciones, puede ser mejorada de manera significativa. En primer lugar, y según se ha establecido en otros países, debe valorarse la medida de poner de uso obligatorio, *un chaleco reflectivo para los conductores de las motocicletas*. El poder ubicar de manera inmediata a un motociclista, es un factor fundamental para poder evitar posibles colisiones. Esta medida, adicionalmente, en otros países del orbe se ha complementado con la colocación del número de registro o matrícula del conductor en la parte externa del chaleco, con el fin de que pueda servir para identificar rápidamente a la persona, básicamente por razones de seguridad, sobre todo en casos de sicariato o robo.

En segundo lugar, debe la legislación ser más estricta en la implementación de elementos de seguridad pasiva propiamente en las motocicletas, como lo son cintas reflexivas, tanto a los lados, como en el frente y parte posterior de la motocicleta.

En tercer lugar, la regulación de velocidad para los motociclistas es también un aspecto fundamental en la prevención de accidentes, sobre todo en áreas suburbanas.

En cuarto lugar, debe regularse, aunque no desestimular la micro movilidad. Es importante indicar que dicha micro movilidad es utilizada particularmente por gente muy joven, que todavía no tienen una experiencia como usuarios de las vías públicas, y

se hace necesario una capacitación técnica y preventiva, para las personas que la utilizan. Para lo anterior puede utilizarse el sistema de educación formal y obligatoria que tiene Costa rica, pues es la mejor manera de llegar a los jóvenes de manera inmediata, y como parte de un proceso educativo y formativo. Además, debe analizarse la manera de registrar este transporte, porque en la actualidad, cuando se dan accidentes, es directamente contra las personas (como si fueran peatones, sin serlo), porque los elementos (bicicletas, scooters, patinetas,) no tienen ningún tipo de registro. Es un tema a pensar y definir, porque cada día crece más este tipo de movilidad.

3.2 Educación

Otros tipos de vehículos automotores tienen una mayor cantidad de normativas a cumplir, lo que incide en que el conductor de motocicleta "perciba" que la normativa que le aplica es relativamente "suave", y eso lo induce, en muchas oportunidades, a utilizar su criterio al transitar por las vías. Ejemplo claro de esto es la típica maniobra de los motociclistas que, al circular por un carril, y encontrar una fila de vehículos en el mismo, inician desplazamiento sobre el margen izquierdo de ese carril, superando a los vehículos por su izquierda, pero transitando exactamente sobre la línea de demarcación horizontal separadora, muchas veces incluso saliéndose de ella e invadiendo también en sentido contrario.

Otra maniobra inconveniente que realizan los motociclistas es cuando, ante una misma situación, o sea encontrarse con una serie de vehículos en fila, deciden superar a los vehículos por su derecha, invadiendo la línea de marcación horizontal lateral, e incluso invadiendo el espacio ocupado por el espaldón, generándose colisiones cuando un vehículo hace una maniobra hacia su derecha, o un ocupante del vehículo abre una puerta, sin percatarse que por ese espacio circula un motociclista.

Ante este tipo de situaciones se hace absolutamente necesaria *una política pública dentro del ámbito de la seguridad vial*, con el fin de educar a los motociclistas en el cumplimiento de la normativa vial, y no abusar de las facilidades de movimiento que da un vehículo relativamente pequeño como es una motocicleta.

Dicha política de enseñanza debe darse en el momento de dar los cursos de seguridad vial que se deben llevar antes de obtener una licencia, los cuales deben ser reforzados continuamente con campañas públicas de concientización, por medios de comunicación, especialmente por redes sociales. El recordar, de manera constante y sostenida, la necesidad de *respeto a la normativa vial* es de fundamental importancia para asegurarse un comportamiento adecuado de parte del conductor de motocicleta.

3.3 Seguridad pasiva de las motocicletas

Es común escuchar en los conductores de vehículos, luego de colisionar con una motocicleta, la frase de *"yo no lo vi"*. Lo anterior normalmente se justifica en dos posibles causas: una colocación inadecuada de los espejos retrovisores, que posibilitan los "puntos muertos" en la visual hacia atrás; y también el mal cálculo de la posible velocidad del motociclista, sobre todo cuando se hace a través del espejo retrovisor

central. Esa información se hace más sensible cuando el conductor debe transitar por un punto de alto nivel de tráfico.

Según lo dispone en la ley de tránsito, actualmente el motociclista debe portar cintas reflectoras en su vestimenta, pero se hace necesario, como ya se indicó, las cintas en la carrocería de la motocicleta, como parte de la seguridad pasiva de la misma. La motocicleta debe tener cintas reflectivas en varias de sus partes, para facilitar la visibilidad de esta, sobre todo en horas de la noche.

Además, como parte de la seguridad pasiva se tiene la obligatoriedad del uso del casco para el motociclista y los ocupantes de la motocicleta, que si bien, no va a evitar el paso de un accidente, pero si puede servir para bajar el nivel de gravedad de este. En ese sentido, los cascos deben de cumplir con una serie de condiciones de seguridad, y deben de estar sujetos al control de la policía de tránsito cuando corresponda.

3.4 Campañas de sensibilización a conductores de vehículos con respecto a compartir el espacio vial con los motociclistas

Con base en el crecimiento significativo de los accidentes de tránsito con motocicletas involucradas, es importante mencionar la mala conducción que se observa, tanto por conductores de vehículos como de motocicletas, con respecto al especio vial que les está predefinido. Estas dimensiones que se establecen en la Ley de Tránsito en su artículo No. 117, se ven afectadas por cuanto, en situaciones de congestión, se da un mal uso del espacio vial entre conductores de vehículos y motociclistas. El motociclista tiende a pensar que el espacio vial es sólo de él, y no respeta la normativa de acomodo del vehículo automotor. A su vez, el vehículo automotor se siente con "derecho" sobre el motociclista, y muchas veces decide no ceder sitio al motociclista. Por lo anterior, deben mantenerse siempre campañas de sensibilización del manejo a la defensiva, y bajo control de velocidad

4. RECOMENDACIONES

Como parte integral de políticas públicas, deben mantenerse las políticas integrales para disminuir los niveles de congestión, sobre todo en las áreas urbanas, y que tenderán a estimular el buen uso de los sistemas de transporte público.

• Además, debe valorarse la política fiscal en materia de impuestos con respecto al precio de las motocicletas, para no llegar a una sobresaturación de estas, con los problemas que ya se han anotado que se dan cuando eso sucede.

• Se puede estimular, mediante una política de beneficios, el uso de otro tipo de movilidad, como por ejemplo las bicicletas en los servicios de "delibery", en atención a la alta accidentalidad que se tiene en materia de uso de motocicletas para dicho servicio.

• Se deben mejorar las lecciones de Educación Vial en centros educativos de nivel intermedio (secundaria), con el fin de educar a los jóvenes sobre deberes,

y responsabilidades en el uso de las vías públicas, a través de elementos de micro movilidad.

• Es clara la ventaja que la motocicleta da al usuario en condiciones de congestión. Por ello, se deben de mantener a futuro políticas públicas que posibiliten un control adecuado y sistemático de motocicletas y de vehículos de micro movilidad.

BIBLIOGRAFIA:

Consejo de Seguridad Vial (2023): *"Anuario estadístico de Accidentes de Tránsito con víctimas en Costa Rica, 2023"*, COSEVI, San José, Costa Rica

Consejo de Seguridad Vial (2024): *"Avance del anuario estadístico de Accidentes de Tránsito con víctimas en Costa Rica, 2024"*; COSEVI, San José, Costa Rica

Consejo de Seguridad Vial: *"Estadísticas muertes en sitio – provisionales"*, COSEVI, agosto 2025, San José Costa Rica

Diario La Nación (2023): *"INS alerta sobre aumento en accidentes de trânsito"*. Recuperado en: https:// www.nacion.com, 23 octubre 2023

El Observador CR, (2023): *"2023 registró la cifra más alta por accidentes de trânsito"*. Recuperado en: https://observador.cr, 9 de enero 2024

Instituto Nacional de Seguros: *"Marchamos puestos al cobro"* INS, noviembre 2022, 2023. 2024. San José Costa Rica

ESTUDO DE MEDIDAS DE GESTÃO DE VELOCIDADES A PARTIR DE DADOS NA-TURALÍSTICOS DE DIREÇÃO

Hellen de Souza Fracaro
hellenfracaro@ufpr.br
Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil

Bruno Kalyton Lourenço de Negreiro
bruno.negreiro@onsv.org.br
Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil / Observatório Nacional de Segurança Viária- São José dos Campos, Brasil

Jorge Tiago Bastos
jtbastos@ufpr.br
Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, Brasil / Observatório Nacional de Segurança Viária- São José dos Campos, Brasil

RESUMO

A gestão da velocidade é essencial para a segurança viária, impactando diretamente o risco e a severidade dos sinistros de trânsito. Este estudo teve como objetivo compilar e indicar a aplicação prática de resultados de pesquisas sobre velocidade baseadas em dados do primeiro Estudo Naturalístico de Direção Brasileiro. A metodologia envolveu a seleção e compilação de estudos que se utilizaram dos dados de velocidade praticada coletados para diferentes tipos de investigação, categorizando seus achados por tema. Os resultados revelaram medidas eficazes para a gestão da velocidade, como a fiscalização eletrônica de velocidade e intervenções no desenho viário. Conclui-se que pesquisas com dados naturalísticos de direção apresentam grande potencial na produção de evidências sobre o comportamento de velocidade praticada dos condutores frente à intervenções no ambiente viário.

Palavras-chave: Excesso de velocidade; Gestão de Velocidades; Estudo Naturalístico de Direção.

1. INTRODUÇÃO

A gestão de velocidades é reconhecida como um dos pilares centrais da segurança viária e da abordagem dos Sistemas Seguros, dada sua relação direta com o risco e a severidade dos sinistros de trânsito. Em resposta a essa problemática de alcance inter-nacional, a Organização das Nações Unidas (ONU) instituiu as Décadas de Ação pela Segurança no Trânsito 2011-2020 e 2021-2030, promovendo ações estratégicas co-mo aprimoramento de infraestruturas e gestão eficaz de velocidades (ONU, 2011; OMS, 2021). No Brasil, essas diretrizes se alinham ao Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (Brasil, 2018). Em contextos urbanos, onde os conflitos entre usuários vulneráveis e usuários motorizados são mais frequentes, velocidades inseguras contribuem significativamente para o aumento da sinistralidade viária e, consequentemente, dos custos sociais e econômicos decorrentes de sinistros.

As investigações sobre o fator de risco da velocidade enfrentam desafios principal-mente relacionados aos dados sobre velocidade praticada. As abordagens tradicionais de monitoramento da velocidade, como equipamentos de fiscalização eletrônica de velocidade, fornecem dados pontuais no próprio local fiscalizado (portanto, sujeito a algum viés) e possuem acesso frequentemente restrito, limitando estudos sobre o comportamento de condução. Nesse sentido, os Estudos Naturalísticos de Direção (NDR) emergem como uma metodologia robusta, permitindo a coleta contínua e deta-lhada de dados sobre velocidade, localização e padrões de condução, por meio de dispositivos instalados nos veículos de uma amostra de condutores participantes. Essa capacidade de monitorar o comportamento real dos condutores é particularmente útil para o desenvolvimento de pesquisas que busquem contribuir para a formulação de estratégias para o práticas no âmbito da gestão de velocidade baseadas em evidências.

Este estudo teve como objetivo compilar e indicar a aplicação prática de resultados de pesquisas sobre velocidade baseadas em dados do primeiro Estudo Naturalístico de Direção Brasileiro. A compilação e análise dos estudos sobre velocidade desenvolvi-dos a partir do Estudo Naturalístico de Direção Brasileiro (NDS-BR) – parceria entre a Universidade Federal do Paraná (UFPR) e o Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV) – permite a reunião dos achados em um único documento. Isso facilita a consulta, a comparação e a disseminação dos resultados, direcionando futuras pes-quisas e potencializando a aplicação prática dos resultados.

2. MÉTODO

Este estudo revisou a literatura existente do NDS-BR para identificar fatores associados à velocidade praticada por condutores. Foram selecionadas 10 publicações recentes do NDS-BR, publicados entre 2022 e 2024, que abordam diretamente o tema da velo-cidade praticada. Os critérios de seleção foram: (i) abordar o tema da velocidade prati-cada; e (ii) serem estudos recentes, que utilizaram uma base ampliada de dados do NDS-BR. As publicações selecionadas foram: (i) Santos (2022) - The impact of built environment on speeding behavior in Curitiba – Brazil; Szeliga (2022) - Velocidade praticada em curvas horizontais em meio urbano: uma análise baseada em dados na-turalísticos; (ii) Fuhrmann *et al.* (2023) - Excesso de velocidade na Área Calma de Curi-

tiba (PR): Análise dos fatores determinantes e estimativa da economia de tempo; (iii) Amancio *et al.* (2023) - *Impact of Speed Bumps and Raises Crosswalks on passenger vehicles speed based on naturalistic data*; (iv) Monteiro e Bastos (2024) - Análise da prática do excesso de velocidade em vias de trânsito rápido a partir de dados naturalísticos de direção; (v) Fuhrmann *et al.* (2024) - *Estimation of time savings during speeding*; (vi) Amancio *et al.* (2024) - *Impact of Speed Limit Enforcement Cameras on Speed Behavior Naturalistic Evidence from Brazil*; (vii) Santos e Bastos (2024) - Velocidades inseguras em Curitiba-PR; (viii) Santos *et al.* (2024) - Velocidades inseguras e nível de renda em áreas urbanas: o caso de Curitiba; Sayago *et al.* (2024) - Velocidade inseguras no entorno de unidades de saúde e escolas.

Os resultados estatisticamente significativos desses estudos foram identificados e categorizados em cinco temas principais, conforme listagem a seguir e conteúdo do Quadro 01: Ambiente Urbano: Características da localidade (uso e ocupação do solo, classificação das vias); Desenho Viário: Configuração física das vias (curvas, retas, faixas, lombadas, travessias elevadas); Fiscalização Eletrônica de Velocidade: Impacto de radares e equipamentos de fiscalização; Controle de Tráfego: Efeitos de equipamentos de organização de trânsito (ex: semáforos); e Tempo Economizado: Relação entre velocidades elevadas e economia de tempo.

Quadro 01 – Classificação das variáveis abordadas pelas pesquisas com dados do *NDS*-BR

Estudo	Ambiente Urbano	Desenho Viário	Fiscalização de velocidade	Controle de Tráfego	Tempo Economizado
Santos (2022)	■		■	■	
Szeliga (2022)		■		■	
Fuhrmann *et al.* (2023)	■	■		■	■
Amancio *et al.* (2023)		■			
Monteiro e Bastos(2024)			■	■	
Fuhrmann *et al.* (2024)	■				■
Amancio *et al.* (2024)			■		
Santos e Bastos (2024)	■				
Santos *et al.* (2024)	■			■	
Sayago *et al.* (2024)	■				

Fonte: os Autores (2026).

Após a identificação e compilação dos resultados, foi elaborado um quadro por tema, onde foi identificado o estudo em questão, os seus resultados e as possíveis medidas de gestão de velocidade às quais os resultados poderiam ser associados. Foi indicado também o prazo de tempo que a medida de gestão de velocidades correspondente poderia ser aplicada, definido a partir da complexidade de cada medida em três possi-bilidades:

• Curto Prazo (1 a 2 anos): medidas imediatas, de fácil implementação;

• Médio Prazo (3 a 5 anos): medidas mais estruturadas, exigindo planejamento detalhado; e

• Longo Prazo (5 a 10 anos): medidas mais complexas, exigindo reconfiguração de espaços da cidade.

3. RESULTADOS

3.1 AMBIENTE URBANO

As características do ambiente construído, incluindo hierarquia viária, uso do solo, e condições socioeconômicas, demonstraram influência na velocidade. Os resultados indicam a necessidade de gestão da velocidade adaptada às características regionais. O Quadro 02 detalha os principais achados e as medidas de gestão propostas.

Quadro 02– Resultados Relacionados com o Ambiente Urbano e Medidas de Gestão de Velocida-de

AMBIENTE URBANO			
Estudo	**Resultados**	**Medidas de Gestão da Velocidade**	**Prazo**
Santos (2022)	Onde há maior concentração de vias arteriais a velocidade praticada é menor. O inverso também acontece.	Implantar equipamentos, como os de fiscalização e de controle de tráfego, que auxiliem na redução de velocidade nas demais vias da hierarquia viária.	Curto
	Nas zonas centrais as velocidades praticadas são menores.	Investir na gestão da velocidade em todas as áreas do município assim como investe-se na área central.	Médio
	As zonas de menor renda apresentam a maior ocorrência de excesso de velocidade.	Investir na gestão da velocidade nas zonas de menor renda assim como investe-se nas zonas de maiores rendas	Médio
	As zonas com a menor presença de comércio e serviço tem maiores casos de excesso de velocidade.	Incentivar o uso diversificado do uso do solo e, quando não for possível devido a definições de zoneamento, investir em medidas de gestão de velocidade nas demais zonas.	Longo
	As quadras de extensão maior que 150 metros aumentam em 90% as chances de episódios de excesso de velocidade.	Dar preferência para implantar medidas de gestão de velocidade em quadras que possuem extensões maiores quando comparada com as demais.	Curto
Fuhrmann *et al.* (2024)	40% do total dos episódios de excesso de velocidade ocorreu nas vias locais.	Implantar equipamentos que auxiliem no controle de velocidade ao longo destas vias, visto que o Código de Trânsito Brasileiro define a velocidade máxima em 30 km/h para vias locais.	Curto
	Nos bairros centrais (Centro, Água Verde, Rebouças e Boqueirão) ocorreram o maior número de episódios de excesso de velocidade.	Implantar equipamentos, como os de fiscalização e de controle de tráfego, de gestão de velocidades nesses bairros, de modo que todos os bairros da região central, de modo que sejam contempladas as necessidades dessas localidades.	Médio
	Vias com menores velocidade regulamentadas (30 km/h) apresentaram maior número de episódios de excesso de velocidade (39,01%).	Implantar equipamentos para o monitoramento e gestão da velocidade nestas vias, buscando atender a velocidade máxima das vias determinadas pelo Código de Trânsito Brasileiro.	Curto

AMBIENTE URBANO			
Estudo	**Resultados**	**Medidas de Gestão da Velocidade**	**Prazo**
Santos e Bastos (2024)	As vias locais apresentaram V85 em todas as faixas entre 40 km/h e 120 km/h.	Implantar equipamentos que auxiliem no controle de velocidade ao longo destas vias, como os de fiscalização e de controle de tráfego, visto que o Código de Trânsito Brasileiro define a velocidade máxima em 30 km/h para vias locais.	Curto
	Classificações (dos hexágonos) *Low-Low* se apresentam mais concentradas na região central da cidade, ou seja, apresentam velocidades mais seguras	Investir na gestão da velocidade em todas as áreas do município assim como investe-se na área central.	Médio
	Classificações (dos hexágonos) *High-High* estão presentes nas áreas mais afastadas da região central, principalmente nas rodovias, sendo assim, maiores velocidades.	Investir na gestão da velocidade em todas as áreas do município, assim como investese na área central.	Médio
Santos *et al.* (2024)	A renda é proporcional a qualidade dos pavimentos e a densidade de semáforos e radares, ou seja, zonas com rendas maiores apresentam pavimentos de melhor qualidade, maior densidade de semáforos e radares.	Investir nas zonas de menor renda, assim como investe-se nas zonas de maiores rendas, de maneira que afetará as demais características citadas.	Médio
	Pavimentos em boas condições apresentam maiores velocidades.	Implantar equipamentos como os de fiscalização e de controle de tráfego, que auxiliem no controle da velocidade para que compensem o fator de um pavimento de qualidade.	Curto
Sayago *et al.* (2024)	Ao comparar a prática de excesso de velocidades inseguras, nota-se que ocorrem mais nas proximidades das unidades de saúde do que das escolas.	Implantar equipamentos, como os de fiscalização e de controle de tráfego, para gestão da velocidade em vias próximas as unidades de saúde e as escolas, priorizando medidas para os pedestres, visto que são locais geradores de viagens.	Curto

Fonte: Os autores (2025)

3.2 DESENHO VIÁRIO

As características físicas das vias, como geometria de curvas, número de faixas e a presença de elementos de moderação, impactam diretamente a velocidade. O Quadro 03 apresenta os resultados e as medidas propostas para o desenho viário.

Quadro 03 - Resultados Relacionados com o Desenho Viário e Medidas de Gestão de Velocidade

DESENHO VIÁRIO			
Estudo	**Resultados**	**Medidas de Gestão da Velocidade**	**Prazo**
Szeliga (2022)	Velocidades maiores estão presentes em deflexões menores (30º e 60º).	Evitar a implantação de novas deflexões com ângulos de 30° e 60°. Nas vias existentes, quando possível, alterar a sua geometria, já em outros casos instalar equipamentos, como radares e controladores de tráfego, para redução da velocidade.	Médio

DESENHO VIÁRIO			
Estudo	**Resultados**	**Medidas de Gestão da Velocidade**	**Prazo**
Szeliga (2022)	As curvas com raios maiores apresentam velocidades maiores.	Evitar a realização de projetos com curvas de grandes raios, principalmente em vias de menor hierarquia. Nas vias existentes, quando possível, alterar a sua geometria, já em outros casos instalar equipamentos, como radares, para redução da velocidade.	Médio
	Quando a velocidade praticada no trecho que antecede a curva é alta as velocidades na curva são mais altas do que nos demais casos.	Implantar medidas de gestão de velocidade, como equipamentos de fiscalização eletrônica e de controle de trá-fego, no trecho que antecede as cur-vas, para assim reduzir a velocidade durante a manobra.	Médio
Fuhrmann *et al.* (2023)	Vias com apenas uma faixa por sentido possuem 12 vezes menos chances de prática de excesso de velocidade quando comparadas as vias com mais de uma faixa.	Priorizar trechos das vias com mais de uma faixa para a implantação de medidas para redução da velocidade.	Curto
Amancio *et al.* (2023)	A redução de velocidade nas zonas que antecedem e na que há a presença de lombadas e travessias elevadas são semelhantes.	Definir qual dos dois equipamentos implantar conforme as características do local, priorizando a presença de travessias elevadas nos locais onde há maior circulação de pedestres.	Curto
	A velocidade média nas zonas em que há a presença de lombadas e travessias elevadas é semelhante.	Definir qual dos dois equipamentos implantar conforme as características do local, priorizando a presença de travessias elevadas nos locais onde há maior circulação de pedestres.	Curto

Fonte: Os autores (2025)

3.3 FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE

Referente a fiscalização eletrônica de velocidade, com base nos resultados, torna-se evidente a influências desses equipamentos nas velocidades praticadas, visto que onde há a presença deles, há redução da velocidade. O Quadro 04 apresenta a correspondência dos resultados dos estudos sobre fiscalização eletrônica de velocidade com as medidas para gestão de velocidades sugerida.

Quadro 04 - Resultados Relacionados com a Fiscalização Eletrônica de Velocidade e Medidas de Gestão de Velocidade

FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE			
Estudo	**Resultados**	**Medidas de Gestão da Velocidade**	**Prazo**
Santos (2022)	Os locais com maior concentração de radares apresentam menor número de casos de excesso de velocidade.	Ampliar o número de equipamentos instalados, atendendo os critérios para sua instalação e priorizando locais com pouca densidade de radares.	Médio
Monteiro e Bastos (2024	As quadras que possuem equipamentos de fiscalização eletrônica apresentam menores chances de ocorrer prática de excesso de velocidade ao comparar com quadras sem a fiscalização.	Implantar estes equipamentos em quadras que ainda não os possuem instalados, principalmente as quadras de maiores comprimentos, conforme resultado do estudo de Fuhrmann *et al.* (2023).	Curto

FISCALIZAÇÃO ELETRÔNICA DE VELOCIDADE			
Estudo	**Resultados**	**Medidas de Gestão da Velocidade**	**Prazo**
Amancio et al. (2024)	Com exceção de aclives, notase uma redução de velocidade média entre o trecho que antecede o radar e o trecho do próprio equipamento.	Priorizar a instalação de equipamentos de radares em declives.	Curto
	Com exceção de aclives, nota-se que a variação da taxa da velocidade média entre o trecho do radar e o trecho após o equipamento aumenta.	Priorizar a instalação de equipamentos de radares em declives.	Curto

Fonte: Os autores (2025)

3.4 CONTROLE DE TRÁFEGO

Os equipamentos considerados para o controle de tráfego foram os semáforos, visto que são utilizados para auxiliar na gestão do tráfego de veículos e, indiretamente, da velocidade praticada por eles.

O Quadro 05 apresenta a correspondência dos resultados dos estudos sobre controle de tráfego com as medidas para gestão de velocidades sugeridas.

Quadro 05 - Resultados Relacionados com Controle de Tráfego e Medidas de Gestão de Velocida-de

CONTROLE DE TRÁFEGO			
Estudo	**Resultados**	**Medidas de Gestão da Velocidade**	**Prazo**
Santos (2022)	Zonas com menores velocidades apresentaram maior concentração de semáforos.	Ampliar o número de equipamentos de semáforos implantados, atendendo os critérios para sua instalação.	Médio
Szeliga (2022)	Os cruzamentos semaforizados apresentam maiores velocidades.	Instalar, junto aos semáforos, equipamentos de fiscalização eletrônica, tanto para excesso de velocidade quanto para passagem no sinal vermelho.	Curto
Monteiro e Bastos (2024)	A presença de semáforos aumentou as chances de excesso. Resultado estatisticamente significativo para excesso de velocidade 10% acima do limite regulamentado.	Instalar, junto aos semáforos, equipamentos de fiscalização eletrônica, tanto para excesso de velocidade quanto para passagem no sinal vermelho.	Curto
	Semáforos com fiscalização eletrônica reduzem em 88% as chances de ocorrer excesso de velocidade.	Instalar, junto aos semáforos, equipamentos de fiscalização eletrônica, tanto para excesso de velocidade quanto para passagem no sinal vermelho.	Curto
Santos *et al.* (2024)	A presença de semáforos é inversamente proporcional a velocidade praticada, ou seja, quanto maior a densidade de semáforos menor a velocidade praticada.	Ampliar o número de equipamentos de semáforos implantados, atendendo os critérios para sua instalação.	Médio

Fonte: Os autores (2025)

3.5 TEMPO ECONOMIZADO

Os resultados presentes nesse tópico são relacionados ao tempo economizado com a prática de excesso de velocidade Quadro 06. Os resultados indicam que a economia de tempo com o excesso de velocidade é pequena ou pelo menos menor que a economia de tempo percebida pelos condutores.

Quadro 06 – Tempo Economizado e Medidas de Gestão de velocidade

TEMPO ECONOMIZADO			
Estudo	**Resultados**	**Medidas de Gestão da Velocidade**	**Prazo**
Fuhrmann *et al.* (2024)	Com a prática de excesso de velocidade, o tempo médio economizado é de 7,81 segundos por quilômetro.	Criar campanhas de trânsito para a conscientização dos motoristas sobre a ineficácia na prática de excesso de velocidade.	Curto
	Com a prática de excesso de velocidade, economiza-se 5,18% do tempo total de viagem.	Criar campanhas de trânsito para a conscientização dos motoristas sobre a ineficácia na prática de excesso de velocidade.	Curto

Fonte: Os autores (2025)

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados do Estudo Naturalístico de Direção Brasileiro (NDS-BR) foi possível sugerir diversas intervenções no sistema viário do município de Curitiba, visando a redução da prática de excesso de velocidade ou mesmo de velocidades inseguras.

Ao analisar os resultados deste trabalho, nota-se que a presença de equipamentos de fiscalização eletrônica de velocidade, deflexões horizontais e travessias elevadas são fatores que favorecem o cumprimento dos limites de velocidades e/ou a prática de velocidades seguras. Ainda, os resultados reforçam que a configuração das vias é um dos fatores que facilitam a prática de velocidades mais elevadas. Revisões de projeto que evitem interseções com ângulos de deflexão baixos e raios do meio-fio elevados podem contribuir para alterações do desenho urbano que favoreçam a segurança.

Já relacionado ao tempo economizado com a prática de velocidades maiores do que as regulamentadas nas vias, há a necessidade de realizar campanhas para a conscientização dos condutores sobre esses valores, visto que são mínimos frente aos riscos envolvidos, principalmente para os usuários mais vulneráveis das vias.

Quanto ao ambiente urbano, torna-se evidente a necessidade de investimentos mais bem distribuídos em todo o território da cidade tendo em vista as evidências de desigualdades na infraestrutura de controle de tráfego e de gestão de velocidades que, por sua vez, reflete-se em um maior risco a populações de áreas de renda mais baixa. Referente a classificação viária das vias, as vias arteriais apresentaram menos episódios de excesso de velocidade possivelmente por serem as vias com maior velocidade regulamentar. Por outro lado, nas vias locais devem ser priorizadas as medidas de gestão de velocidades relacionadas ao desenho viário.

Por fim, destaca-se a importância da continuidade das pesquisas sobre fatores determinantes para a velocidade praticada considerando tanto os limites de velocidade re-gulamentares, mas também considerando patamares de velocidades considerados seguros, independentemente do indicado na sinalização de regulamentação, tendo em vista que em muitos casos o próprio limite de velocidade pode ser, por si só, uma velocidade insegura para determinado usuários da via.

5. REFERÊNCIAS

AMANCIO, Eduardo Cesar et al. Impacto de lombadas e travessias elevadas na velocidade de veículos de passeio baseado em dados naturalísticos. *Transportes*, v. 31, n. 2, p. e2832, 2023. DOI: 10.58922/transportes.v31i2.2832. Disponível em: https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/2832. Acesso em: 29 jun. 2024.

AMANCIO, Eduardo Cesar et al. Impact of speed limit enforcement cameras on speed behavior: natu-ralistic evidence from Brazil. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2024. DOI: 10.1177/03611981241230548. Disponível em: https://doi.org/10.1177/03611981241230548. Acesso em: 29 jun. 2024.

BRASIL. Lei nº 13.614, de 11 de janeiro de 2018. Cria o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (Pnatrans) e acrescenta dispositivo à Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 (Código de Trânsito Brasileiro), para dispor sobre regime de metas de redução de índice de mortos no trânsito por grupos de habitantes e de índice de mortos no trânsito por grupos de veículos. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/L13614.htm. Acesso em: 30 jun. 2024.

FUHRMANN, Louise et al. Excesso de velocidade na Área Calma de Curitiba (PR): análise dos fatores determinantes e estimativas da economia de tempo. *Anais do 37º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, 2023, Santos. Campinas: Galoá, 2023. Disponível em: https://proceedings.science/anpet-2023/trabalhos/excesso-de-velocidade-na-area-calma-de-curitiba-pr-analise-dos-fatores-determina?lang=pt-br. Acesso em: 29 jun. 2024.

FUHRMANN, Louise et al. Estimation of time savings during speeding. *Anais do 38º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, 2024, Florianópolis, Santa Catarina.

MONTEIRO, Alexandre Schipitoski; BASTOS, Jorge Tiago. Análise da prática do excesso de velocidade em vias de trânsito rápido a partir de dados naturalísticos de direção. *Transportes*, v. 32, n. 1, 2024. DOI: 10.58922/transportes.v32i1.2910. Disponível em: https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/2910. Acesso em: 29 jun. 2024.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). *Plano global: Década de ação pela segurança no trânsi-to 2021–2030*. Disponível em: https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/health-topics/road-traffic-injuries/global-plan-for-the-doa-of-road-safety-2021-2030-pt.pdf?sfvrsn=65cf34c8_35&download=true. Acesso em: 30 jun. 2024.

SANTOS, Pedro Augusto Borges dos. *The impact of built environment on speeding behavior in Curitiba – Brazil*. Orientador: Jorge Tiago Bastos. 2022. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022. Disponível em: https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/78426. Acesso em: 29 jun. 2024.

SANTOS, Pedro Augusto Borges dos; BASTOS, Jorge Tiago. Velocidades inseguras em Curitiba–PR. *Anais do 38º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, 2024, Florianópolis, Santa Catarina.

SANTOS, Pedro Augusto dos et al. Velocidades inseguras e nível de renda em áreas urbanas: o caso de Curitiba. *Pluris – Cidades e Territórios em Transição*, 2024, Guimarães, Portugal.

SAYAGO, Omar David Ordoñez et al. Velocidades inseguras no entorno de unidades de saúde e esco-las. *Pluris – Cidades e Territórios em Transição*, 2024, Guimarães, Portugal.

SZELIGA, Rafael Alessandro. *Velocidade praticada em curvas horizontais em meio urbano: uma análise baseada em dados naturalísticos*. Orientador: Jorge Tiago Bastos. 2022. 122 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022. Disponível em: https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/79085. Acesso em: 29 jun. 2024.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE CÁMARAS DE FOTODETECCIÓN E INFRAESTRUCTURA DE PACIFICACIÓN DE TRÁFICO EN LA GESTIÓN DE LA VELOCIDAD PARA LA DISMINUCIÓN DE LA SINIESTRALIDAD EN BOGOTÁ

Andrés F. Muñoz R
af.munozr1@uniandes.edu.co
Grupo de estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Universidad de Los Andes. Bogotá, Colombia

Juan P. Bocarejo S
jbocarej@uniandes.edu.co
Grupo de estudios en Sostenibilidad Urbana y Regional, Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Universidad de Los Andes. Bogotá, Colombia

RESUMEN

La investigación analiza el impacto de cámaras de fotodetección y medidas físicas de pacificación del tráfico en Bogotá (2016-2023) sobre la velocidad y la siniestralidad vial, con métodos cuantitativos longitudinales y transversales. Encuentra que las cámaras reducen velocidades entre 3,91 % y 21,63 % y lesionados en 15,3 %, mientras que pasos pompeyanos y reducción de carriles disminuyen velocidades hasta en 11,9 km/h y 8,46 km/h. El cumplimiento normativo asociado aporta una reducción adicional del 13,7 %. Los resultados respaldan un enfoque integral que combine tecnología, infraestructura y regulación, con proyección a otras ciudades latinoamericanas.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio evalúa el impacto de dos estrategias de gestión de velocidad en Bogotá: cámaras de fotodetección y medidas físicas de pacificación del tráfico (pasos pompeyanos, reducción de carriles, cicloinfraestructura). En un contexto de alta siniestralidad, especialmente para motociclistas y peatones, se analiza con métodos cuantitativos y correlacionales cómo estas intervenciones inciden en las velocidades promedio y en la reducción de siniestros. Los resultados buscan aportar evidencia para la formulación de políticas públicas y orientar buenas prácticas en seguridad vial para ciudades latinoamericanas similares.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

El enfoque de sistema seguro, originado en Suecia, enfatiza límites de velocidad acordes con la tolerancia del cuerpo humano, reduciendo la probabilidad de lesiones graves y fatales(World Road Association, 2021a). a evidencia muestra que pequeñas reducciones en velocidad disminuyen de forma significativa frecuencia y severidad de siniestros (Al-Marafi y Hussain et al., 2019; Isler et al., 2024; Pilkington, 2000; Somasundaraswaran, 2024). Se recomienda una gestión integral basada en infraestructura, límites adecuados, control, educación y tecnología (OECD/ECMT, 2006).

2.1 Infraestructura para la pacificación del tráfico

Las intervenciones físicas como chicanas, plataformas elevadas y reductores reducen velocidad y siniestros, con efectos comprobados en ciudades como Ciudad de México y Bogotá (WRI & GRSF, 2021; ITF, 2022). Estudios en África y Europa muestran reducciones de 23 % a 59 % en fatalidades y lesiones graves y alta relación costo-beneficio (Global Alliance of NGOs for Road Safety, 2023; Job & Mbugua, 2020).

2.2 Control de velocidad automatizado

Las cámaras de fotodetección reducen velocidad y siniestros, con evidencias en Europa y Norteamérica (ITF, 2022; Chen et al., 2002). En Bogotá, se asocian con una reducción del 21 % en fatalidades por km y vidas salvadas anualmente (López-Valderrama et al., 2023). Su implementación presenta una relación costo-beneficio estimada de 14,5 (Job & Mbugua, 2020).

2.3 Factores sociales y normativos

Las normas sociales favorecen el exceso de velocidad y la imitación del flujo vehicular en contextos con baja gestión (World Road Association, 2021b; Biecheler & Peytavin, 1997; Dinh & Kubota, 2013). La efectividad del control depende de marcos normativos claros y sanciones ciertas (World Road Association, 2021a). En Colombia, leyes como Ley 2251 de 2022, Ley 1843 de 2017 y D.L. 2106 de 2019 fortalecen la gestión de velocidad, aunque persiste la percepción de las cámaras como mecanismo de recaudo (Concejo de Bogotá, 2024; Lizcano, 2024; Mazo González, 2024; W Radio, 2024).

2.4 Evolución de las medidas de gestión de la velocidad en Bogotá

Bogotá ha reducido límites de velocidad a 50 km/h y 30 km/h en zonas sensibles (Decreto 126 de 2020; Ley 2251 de 2022), implementado 92 cámaras de fotodetección autorizadas por el Ministerio de Transporte y ampliado intervenciones de infraestructura orientadas a reducir velocidad, que casi se multiplican por diez entre 2017 y 2019 (Proyecto de Acuerdo 130 de 2021; SDM Bogotá).

2.5 Siniestralidad en Bogotá

Pese a las medidas, 2023 registra el mayor número de fallecidos en 8 años en Bogotá (ANSV; Medicina Legal). La reducción en la razón lesionados/fallecido indica siniestros más letales, evidenciando el reto pendiente frente a las metas de Vision Zero Challenge (2020).

3. METODOLOGÍA

La investigación emplea un enfoque correlacional y cuantitativo para analizar cómo las cámaras de fotodetección y las intervenciones en infraestructura influyen en la velocidad vehicular y la siniestralidad en Bogotá. Combina un diseño longitudinal (antes y después de la instalación de cámaras en corredores específicos) y un diseño transversal (comparación de velocidades entre puntos con y sin medidas de pacificación, pero con características similares), lo que permite identificar efectos temporales y contextuales de estas estrategias sobre la seguridad vial.

3.1 Recolección de datos

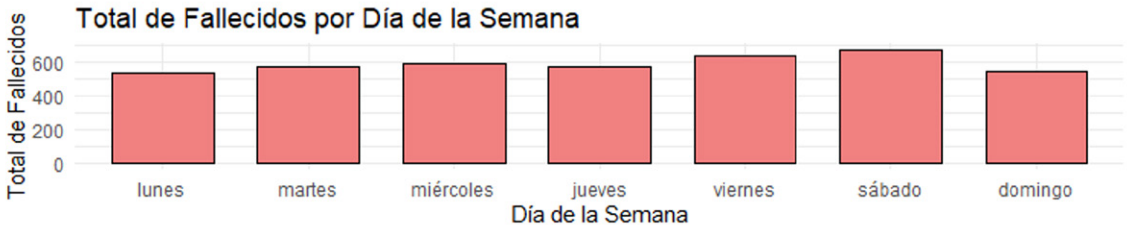
Para el desarrollo de esta investigación, se obtuvieron datos históricos de siniestralidad para el periodo 2016-2023, proporcionados por la SDM, que incluyen información sobre la ubicación geográfica y gravedad (fallecidos, lesionados, ilesos) de los siniestros. Asimismo, se realizó un levantamiento de velocidades en puntos seleccionados de la ciudad de dos formas: con/sin cámaras de fotodetección y con/sin intervenciones en infraestructura que afectan el espacio disponible a medios de transporte motorizados (ver Figura 1).

Figura 1. Tramos sobre los que se levantaron velocidades

Nota. Elaboración propia.

Se analizaron dos vías principales (Autopista Norte y Av. El Dorado) comparando tramos con cámaras (azul) y sin cámaras (rojo), y 20 tramos en varias localidades, de los cuales 10 no tenían intervenciones y 10 sí presentaban medidas de pacificación (reducción de carriles o anchos, reductores, cicloinfraestructura, pasos pompeyanos, urbanismo táctico). Las velocidades se obtuvieron con la API de Google Maps cada 15 minutos entre viernes y domingo, en fines de semana seleccionados, para capturar distintos niveles de flujo y evaluar comparativamente el efecto de cámaras e infraestructura sobre la velocidad.

Figura 2. Fallecidos 2016-2023 según día de la semana



Nota. Elaboración propia con base en datos de Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá D.C.

Las velocidades en tramos con cámara se midieron tanto en todo el recorrido origen-destino que incluye el dispositivo, como en segmentos de 100–200 m para identificar el efecto específico de la cámara en la aproximación, paso y salida de los vehículos.

3.2 Procesamiento de la información recolectada

Se depuró y georreferenció la base de siniestros de la SDM (94.278 registros, con 3,78 % descartados por falta de datos), filtrando únicamente eventos en vías principales mediante malla vial y buffer de 20 m, quedando 12.219 siniestros. Se identificaron siniestros dentro de 500 m de cámaras y se creó la variable de cámara operando según su entrada en funcionamiento. Además, se consolidó una base de 56.440 registros de velocidad, incluyendo 7.120 en tramos con/sin intervenciones de infraestructura y el resto en vías principales con/sin fotodetección.

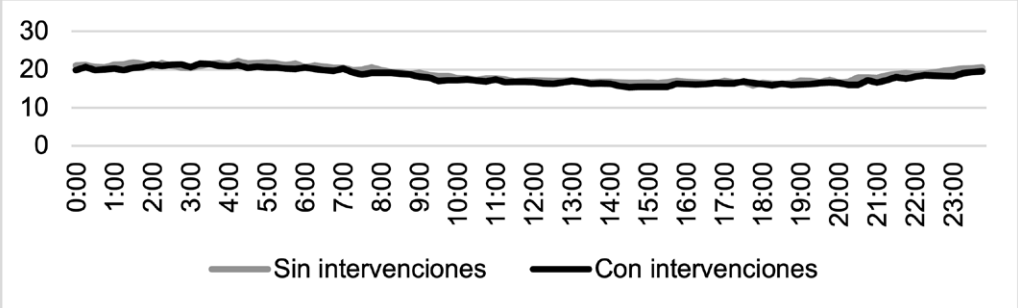
3.3 Análisis de datos

El análisis se desarrolló en tres etapas: descripción de velocidades, siniestros y su distribución; pruebas de hipótesis para comparar puntos con/sin cámaras y con/sin intervenciones; y modelos de regresión lineal y de Poisson para medir el impacto de las medidas sobre velocidades y lesionados. Se reconocen posibles subregistros y condiciones específicas en los corredores, mitigados mediante una selección cuidadosa de los puntos analizados.

4. ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

Los tramos sin intervenciones presentan velocidades promedio 3,64 % mayores que los tramos con intervenciones, con la mayor diferencia entre las 18:00 y 23:45, donde alcanzan un 4,71 % más (ver Figura 3).

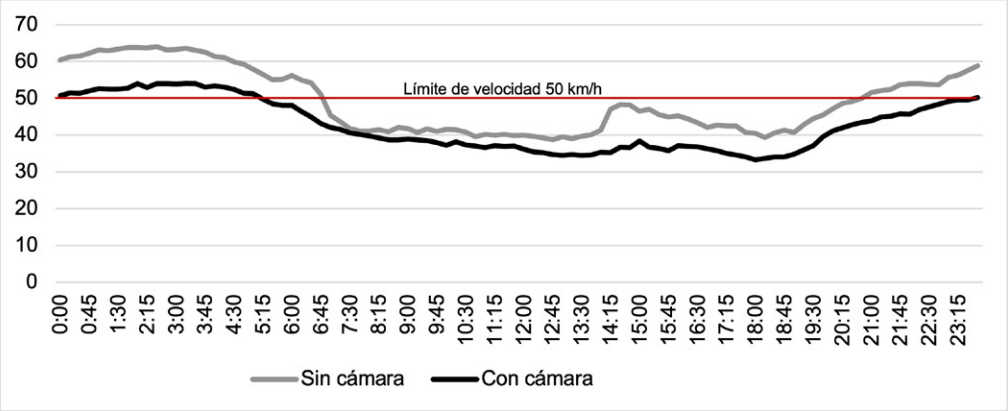
Figura 3. Velocidades promedio en tramos con intervenciones y sin intervenciones en infraestructura



Nota. Elaboración propia.

Los tramos sin cámaras presentan velocidades promedio más altas durante todo el día. En los tramos con cámara, la velocidad solo supera el límite en la madrugada y se mantiene por debajo de este entre 5:15 y 23:45; en los tramos sin cámara, el límite se excede entre 0:00 y 6:45 y nuevamente desde las 21:00 (ver Figura 4).

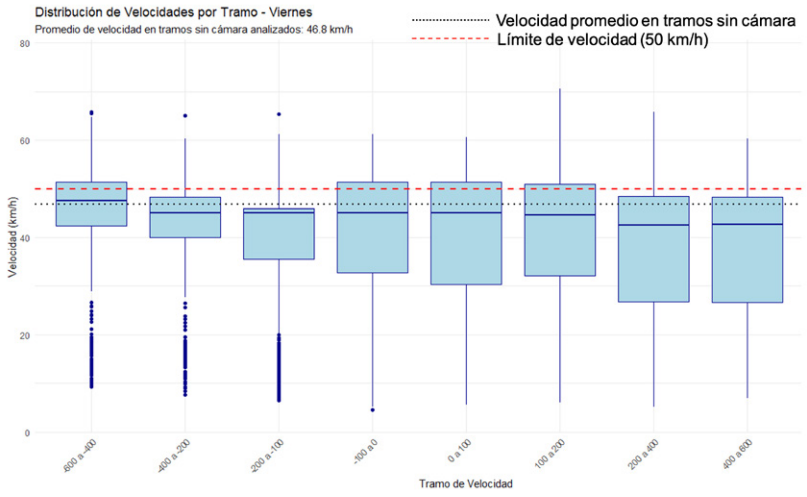
Figura 4. Velocidades promedio en tramos con y sin dispositivos de fotodetección



Nota. Elaboración propia.

En vías con cámara, las velocidades son mayores que en tramos sin cámara entre 600 y 400 m antes del dispositivo, pero disminuyen progresivamente al acercarse a la cámara y se mantienen más bajas después de esta. Aproximadamente el 75 % de los registros queda por debajo del límite de velocidad, con patrones similares entre viernes y sábado. (ver Figura 5).

Figura 5. Distribución de las velocidades promedio en segmentos anteriores y posteriores a los dispositivos de fotodetección los viernes – todo el día



Nota. Elaboración propia.

Se evaluó el efecto de las cámaras en la siniestralidad mediante tres escenarios que combinan: si el siniestro ocurrió en zona con cámara (Zona_cámara), si la cámara ya estaba en operación (Cámara_operando) y si estaba vigente la aclaración de responsabilidad solidaria de la Sentencia C-321 de 2022 (Ley_vigente), usando estas tres variables binarias en modelos comparativos:

$$Log(Lesionados) = \beta_0 + \beta_1\ (Zona_cámara * Cámara_operando) + \varepsilon$$

Ecuación 1. Regresión Poisson para lesionados en función de cámaras.

$$Log(Lesionados) = \beta_0 + \beta_1 * (Zona_cámara * Cámara_operando) + \beta_2 * Ley_vigente + \varepsilon$$

Ecuación 2. Regresión Poisson para lesionados en función de cámaras y *enforcement*.

$$Log(Lesionados) = \beta_0 + \beta_1 * (Zona_cámara * Cámara_operando) + \beta_2 * Ley_vigente + \beta_3 * ((Zona_cámara * Cámara_operando) * Ley_vigente) + \varepsilon$$

Ecuación 3. Regresión Poisson para lesionados en función de cámaras, *enforcement* e interacción entre estas

Los resultados de estos modelos se presentan a continuación:

Tabla 1. Resultados regresiones Poisson

Variable	Coeficiente Eq. 1	Coeficiente Eq. 2	Coeficiente Eq. 3
Intercepto	0,0339***	0,0372***	0,0376***
Zona_cámara*Cámara_operando	-0,1659*	0,1257	-0,1654 .
Ley_vigente	---	-0,1389*	-0,1554*
(Zona_cámara*Cámara_operando) *Ley_vigente	---	---	0,1426
AIC	25989	25984	25986

Nota. Elaboración propia.

Las cámaras y la aplicación de la ley reducen significativamente el número esperado de lesionados, pero su efecto combinado (triple interacción) no resulta estadísticamente significativo. Aunque el AIC favorece ligeramente la Ecuación 2, la diferencia es mínima, por lo que ambos modelos se consideran equivalentes y se analizan a partir del Rate Ratio de sus coeficientes.

Tabla 2. Tasas para regresiones Poisson

Variable	RR Eq. 1	RR Eq. 2	RR Eq. 3
Intercepto	1,0345	1,0379	1,0383
Zona_cámara*Cámara_operando	0,8471	0,8818	0,8476
Ley_vigente	---	0,8703	0,8561
(Zona_cámara*Cámara_operando) *Ley_vigente	---	---	1,1533

Nota. Elaboración propia.

4.1 Efecto de los dispositivos de control en las velocidades nocturnas

A través de una regresión simple de la forma:

$$Velocidad\ [km/h] = \beta_0 + \sum_i \beta_i\ (Zona_cámara * Cat_hora) + \varepsilon$$

Ecuación 4. Modelo analizado para velocidad en función de la presencia de cámaras según hora de captura

Donde Cat_hora agrupa los datos de velocidades entre las 20:00 hasta las 6:00 en grupos de dos horas y Zona_cámara es una variable *dummie* que toma el valor de 1 cuando el dato de velocidad se capturó en una zona con dispositivo de fotodetección instalado. Se evaluó el efecto de los dispositivos de control en diferentes franjas horarias, con los siguientes resultados:

Tabla 3. Resultados para regresión simple de velocidad en función de cámaras y franjas horarias

Variable	Coeficiente	Error Estándar	t-valor	p-valor
Intercepto	58,08	0,1133	512,85	<0,0001
Zona_Cámara*Cat_hora00:00-01:59	-4,13	0,155	-26,64	<0,0001
Zona_Cámara*Cat_hora02:00-03:59	-2,27	0,1522	-14,93	<0,0001
Zona_Cámara*Cat_hora04:00-05:59	-5,20	0,1457	-35,7	<0,0001
Zona_Cámara*Cat_hora20:00-21:59	-12,56	0,155	-81,05	<0,0001
Zona_Cámara*Cat_hora22:00-23:59	-7,80	0,155	-50,32	<0,0001

Número de observaciones = 18.720
Grados de libertad residual = 18.714
R^2 = 0,3114
R^2 ajustado = 0,3112

Error estándar residual = 5,775
F-estadístico = 1692,00
p-valor (F-estadístico) <0,0001

Nota. Elaboración propia.

En vías sin control automático, la velocidad promedio es 58,08 km/h; en corredores con cámaras se reduce entre 2,27 y 12,56 km/h (3,91 %–21,63 %). Estas reducciones implican una disminución estimada del riesgo de fatalidad peatonal entre 10 % y 30 %, consistente con la evidencia previa.

4.2 Efecto de intervenciones en infraestructura sobre la velocidad promedio

Para evaluar el efecto de las intervenciones en infraestructura sobre la velocidad promedio de circulación de los vehículos, se planteó una regresión lineal simple así:

$$Velocidad\ [km/h] = \beta_0 + \beta_1 * DobleSentido * Intervención + \beta_2 * DisminuciónNumCarriles + \beta_3 * ReductorVelocidad + \beta_4 * Bicicarril + \beta_5 * Pompeyano + \beta_6 * UrbanismoTáctico + \varepsilon$$

Ecuación 5. Modelo analizado para velocidad en función de diferentes tipos de intervenciones a infraestructura donde 1 implica la implementación de la medida o intervención señalada.

Tabla 4. Resultados del modelo de velocidad en función de afectaciones a la infraestructura

Variable	Coeficiente	Error Estándar	t-valor	p-valor
Intercepto	30,94	0,4193	73,80	<0,0001
DisminuciónNumCarriles	-8,46	0,2301	-36,76	<0,0001
ReductorVelocidad	-3,74	0,1783	-20,96	<0,0001
Bicicarril	-5,14	0,2561	-20,06	<0,0001
Pompeyano	-11,90	0,4632	-25,71	<0,0001
UrbanismoTáctico	-4,07	0,3148	-12,92	<0,0001
DobleSentido (0) Intervención (0)	-8,71	0,3926	-22,19	<0,0001
DobleSentido (1) Intervención (0)	-10,83	0,3930	-27,56	<0,0001
DobleSentido (0) Intervención (1)	0,28	0,3148	0,90	<0,0001
DobleSentido (1) Intervención (1)	---	---	---	---

Número de observaciones = 7.120
Grados de libertad residual = 7.111
R^2 = 0,3026
R^2 ajustado = 0,3018

Error estándar residual = 5,363
F-estadístico = 385,7
p-valor (F-estadístico) <0,0001

Nota. Elaboración propia.

Los pasos pompeyanos (-11,9 km/h) y la reducción de carriles (-8,46 km/h) son las intervenciones que más disminuyen la velocidad. Vías en doble sentido reducen cerca de 2,1 km/h frente a las unidireccionales, y reductores, urbanismo táctico y cicloinfraestructura bajan entre 3,7 y 5,1 km/h. Estos resultados coinciden con la evidencia internacional sobre road diets, cicloinfraestructura segregada y calles de doble sentido como estrategias efectivas de seguridad vial.

5. CONCLUSIONES

El estudio confirma que cámaras de fotodetección y medidas físicas de pacificación reducen significativamente las velocidades y mejoran la seguridad vial en Bogotá. Las cámaras disminuyen la velocidad entre 3,91 % y 21,63 % (2,3–12,9 km/h) y reducen lesionados y riesgo de fatalidad peatonal. Los pasos pompeyanos (hasta -11,9 km/h) y la reducción de carriles (-8,46 km/h) son las intervenciones más efectivas, mientras que cicloinfraestructura, urbanismo táctico y reductores logran reducciones adicionales de 3,7–5,1 km/h con buena relación costo-eficiencia. Se concluye que la combinación de soluciones tecnológicas, normativas y de infraestructura, ajustadas a cada corredor, es clave y ofrece insumos sólidos para la política pública, aunque se recomienda profundizar en efectos de largo plazo, combinaciones con campañas educativas y mediciones más desagregadas por tipo de vía y modo.

6. BIBLIOGRAFÍA

Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2024). *Histórico de víctimas (Cifras definitivas Año 2023).*

Al-Marafi, M. N., & Somasundaraswaran, K. (2024). Comparison of common methods for determining hazardous locations for improving road safety. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 26. https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101196

Biecheler, M. B., & Peytavin, J. F. (1997, septiembre). *Drivers' speeding behaviour and attitudes to law enforcement: A multisite roadside survey in France*. Actas de La Conferencia Sobre Seguridad Del Tráfico En Dos Continentes.

Castillo-Manzano, J. I., Castro-Nuño, M., López-Valpuesta, L., & Vassallo, F. V. (2019). The complex relationship between increases to speed limits and traffic fatalities: Evidence from a meta-analysis. In *Safety Science* (Vol. 111, pp. 287–297). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.08.030

Chen, G., Meckle, W., & Wilson, J. (2002). Speed and safety effect of photo radar enforcement on a highway corridor in British Columbia. In *Accident Analysis and Prevention* (Vol. 34). www.elsevier.com/locate/aap

Concejo de Bogotá. (2024, abril 12). *Cámaras de fotomultas: ¿Un negocio para Bogotá? Estas son las 10 cámaras que más imponen comparendos en la capital. Concejal Humberto Amín*. https://concejodebogota.gov.co/camaras-de-fotomultas-un-negocio-para-bogota-estas-son-las-10-camaras/cbogota/2024-04-12/095644.php

Corte Constitucional de la República de Colombia. Sentencia C-321 de 2022. Expediente: D-14.628, M. P. Jorge Enrique Ibáñez Najar; 14 de septiembre de 2022. https://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2022/C-321-22.htm

Decreto 126 de 2020 [Alcaldía Mayor de Bogotá]. (2020). Por medio del cual se establecen medidas transitorias para el manejo del riesgo derivado de la pandemia por Coronavirus COVID-19 durante el estado de calamidad pública declarado en el distrito capital y se toman otras determinaciones. Registro Distrital No. 6802. 10 de mayo de 2020. https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=92900

Decreto Ley 2106 de 2019. Por el cual se dictan normas para simplificar, suprimir y reformar trámites, procesos y procedimientos innecesarios existentes en la administración pública. Diario Oficial No. 51.145. 22 de noviembre de 2019. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_2106_2019.html

Dinh, D. D., & Kubota, H. (2013). Drivers' perceptions regarding speeding and driving on urban residential streets with a 30km/h speed limit. *IATSS Research, 37*(1), 30–38. https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2012.12.001

Dumbaugh, E., & Li, W. (2011). Designing for the safety of pedestrians, cyclists, and motorists in urban environments. *Journal of the American Planning Association, 77*(1), 69–88. https://doi.org/10.1080/01944363.2011.536101

Federal Highway Administration. (2014). *Road Diets (Roadway Reconfiguration)*. https://highways.dot.gov/safety/proven-safety-countermeasures/road-diets-roadway-reconfiguration

Global Alliance of NGOs for Road Safety. (2023). *Evidence-based intervention talking points traffic calming*. http://www.roadsafetyngos.org/wp-content/uploads/2023/03/Talking-points_-Traffic-Calming.pdf

Hussain, Q., Feng, H., Grzebieta, R., Brijs, T., & Olivier, J. (2019). The relationship between impact speed and the probability of pedestrian fatality during a vehicle-pedestrian crash: A systematic review and meta-analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 129, 241–249. https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.05.033

Isler, C. A., Huang, Y., & de Melo, L. E. A. (2024). Developing accident frequency prediction models for urban roads: A case study in São Paulo, Brazil. *IATSS Research*, 48(3), 378–392. https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2024.07.002

ITF. (2022). *Case Study: Sustainable Safety in the Netherlands*. https://www.itf-oecd.org/safe-system-in-action.

Job, S., & Mbugua, L. W. (2020). *Road Crash Trauma Climate Change Pollution and the Total Costs of Speed: Six graphs that tell the story*. https://n9.cl/gu8uc

Ley 1843 de 2017. Por medio de la cual se regula la instalación y puesta en marcha de sistemas automáticos, semiautomáticos y otros medios tecnológicos para la detección de infracciones y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 50.294. 14 de julio de 2017. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1843_2017.html

Ley 2251 de 2022. Por la cual se dictan normas para el diseño e implementación de la política de seguridad vial con enfoque de sistema seguro y se dictan otras disposiciones Ley Julián Esteban. Diario Oficial No. 52.095. 14 de julio de 2022. http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2251_2022.html

Lizcano, M. (2024). *Fotomultas: ¿prevención o negocio?* Opinión. https://www.portafolio.co/opinion/mauricio-lizcano/fotomultas-prevencion-negocio-495295

López-Valderrama, S., Palacios, M. S., Botello, V. P., Pérez-Barbosa, D., Arrieta, J. V., Kisner, J., & Adriazola-Steil, C. (2023). On Speed Management, Public Health, and Risky Behaviors: Examining the Side Effects of Automated Speed-Enforcement Cameras on Traffic Crashes in Bogotá, Colombia. *Transportation Research Record*, 2678(3), 590–600. https://doi.org/10.1177/03611981231182419

Mazo, D. (2024, octubre 2). *Controversia por cámaras de fotomultas en Bogotá: ¿reducen accidentes o son un negocio lucrativo?* https://www.infobae.com/colombia/2024/10/03/controversia-por-camaras-de-fotomultas-en-bogota-reducen-accidentes-o-son-un-negocio-lucrativo/

Nilsson, G. (2004). *Traffic Safety Dimensions and the Power Model to Describe the Effect of Speed on Safety.* https://www.semanticscholar.org/paper/Traffic-Safety-Dimensions-and-the-Power-Model-to-of-Nilsson/5d9b35acb6fac92a7fa995c1849fd304ef0a4cca

OECD & ECMT. (2006). *Gestión de velocidad*. https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/06speedes.pdf

Pilkington, P. (2000). Reducing the speed limit to 20 mph in urban areas. *The BMJ*, 30, 1136. https://doi.org/10.1136

Proyecto de Acuerdo 130 de 2021 [Concejo de Bogotá]. Por medio del cual se dictan lineamientos para la formulación de la Política Pública de Movilidad: "EN BOGOTÁ, PRIMERO EL PEATÓN". https://concejodebogota.gov.co/proyectos-de-acuerdo-aprobados-2021/concejo/2021-03-11/210553.php

Pucher, J., & Buehler, R. (2008). Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany. *Transport Reviews*, 28(4), 495–528.

Secretaría Distrital de Movilidad. (2024, octubre 3). *Malla vial integral. Bogotá D.C*. https://Www.Ideca.Gov.Co/Recursos/Mapas/Malla-Vial-Integral-Bogota-Dc.

Vision Zero Challenge. (2020). *¿Qué es visión cero?*. https://visionzerochallenge.org/vision-zero

W Radio. (2024, septiembre 9). *Cámaras fotomultas: ¿salvavidas o negocio?* https://www.wradio.com.co/2024/09/09/camaras-fotomultas-salvavidas-o-negocio-juan-diego-alvira-habla-con-los-ciudadanos/

World Road Association. (2021a). *Manual de seguridad vial: Manual para los profesionales y encargados en la toma de decisiones para la aplicación de la infraestructura del sistema seguro (Capítulo 4)*. World Road Association.

World Road Association. (2021b). *Manual de seguridad vial: Manual para los profesionales y encargados en la toma de decisiones para la aplicación de la infraestructura del sistema seguro (Capítulo 8)*.World Road Association.

WRI & GRSF. (2021). *Guía de zonas de baja velocidad.*

FACTORES ASOCIADOS CON LA CONDUCCIÓN RIESGOSA Y EL INVOLUCRAMIENTO DE SINIESTROS VIALES EN CONDUCTORES DE TRANSPORTE PÚBLICO: A SCOPING REVIEW

Lady Piedrahita
Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia, l.piedrahitav@uniandes.edu.co

Alejandra Piragauta
The George Institute for Global Health, Reino Unido, apiragauta@georgeinstitute.org.uk

Juan Bocarejo
Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia, jbocarej@uniandes.edu.co

Prashanthi Attwood
The George Institute for Global Health, Reino Unido, pattwood@georgeinstitute.org.uk

RESUMEN

El transporte público es uno de los modos más seguros, caracterizado por bajas tasas de siniestros viales, pero con graves resultados cuando estos eventos suceden. Considerando que los siniestros viales están principalmente asociados al comportamiento humano, las empresas operadoras de transporte público tienen incidencia en la conducta de sus conductores, influenciados por múltiples factores, muchos de los cuales pueden abordarse mediante el entrenamiento y supervisión adecuada. Este Scoping Review se desarrolló para mapear la literatura existente sobre conducción riesgosa y el involucramiento de siniestros entre conductores de transporte público. Como resultado, 46 estudios cumplieron los criterios de inclusión publicados después de 2013. Estos estudios solo utilizaron métodos cuantitativos, con análisis de datos desde estadística clásica hasta modelos avanzados como machine learning. Algunos estudios realizaron análisis con enfoque de género, la mayoría de ellos fueron en China. Los factores identificados incluyen factores humanos, del entorno operativo, y organizacionales, donde la gestión empresarial juega un rol importante en los resultados de seguridad vial. Los estudios se limitan en gran medida a contextos específicos, y persiste una importante brecha en la literatura sobre el análisis de género en seguridad vial y mujeres del transporte público, lo que pone de relieve la necesidad de mayor investigación en este ámbito.

1. INTRODUCCIÓN

Los siniestros viales constituyen una de las principales causas de mortalidad a nivel mundial, con alrededor de 1,35 millones de muertes cada año, lo que genera una alta carga para la salud pública, pérdidas económicas significativas y profundas limitaciones sociales, especialmente en países de ingresos bajos y medianos. (WHO, 2023).

El transporte público es considerado como uno de los modos más seguros (Waycaster et al., 2018); sin embargo, a pesar de la baja frecuencia en siniestros viales en el transporte público, los eventos suelen ser de alta severidad dada la cantidad de pasajeros a bordo (Cho et al., 2024), sumado a la magnitud de estos vehículos. El comportamiento humano, representa más del 95% de las causalidades de los siniestros viales (Johnston, 2010), por lo que los siniestros suelen estar asociados no solo a las conductas del conductor, sino también a otros factores humanos, condiciones ambientales y aspectos laborales, lo que hace que la gestión del riesgo en las empresas operadoras resulte particularmente compleja.

Para comprender el comportamiento en la conducción, se ha usado con frecuencia al postulado de Reason et al. (1990) que distingue entre errores, como fallas cognitivas no intencionales, e infracciones, entendidas como desviaciones deliberadas de las normas. Sin embargo, comprender el comportamiento humano en la conducción exige identificar factores de riesgo específicos al contexto (Shinar, 2017). En el transporte público, los conductores requieren especial atención, pues su conducta afecta la seguridad de pasajeros, otros usuarios viales y la de ellos mismos; de ahí la importancia del rol de las empresas operadoras en supervisar y promover prácticas seguras.

Entre las conductas de riesgo más relevantes se encuentran el exceso de velocidad, la falta de distancia de seguridad, la conducción bajo efectos de alcohol o sustancias y las maniobras bruscas, todas vinculadas a siniestros viales (Zuckerman, 2007). Estas acciones pueden estar clasificadas en el postulado de Reason et al. (1990) como infracciones/violaciones, errores, y lapsos; mientras comportamientos positivos, los cuales reflejan calma, conocimiento (Jayakumar et al., 2025), también se incluyen en este marco conceptual, resaltando la importancia de atributos personales y reconocimiento la amplia variedad de conductas de conducción.

Dentro de los factores socio-demográficos más relevantes que incidente está la edad y el género. Se ha encontrado que hombres conductores jóvenes tienden a exhibir mayores tasas de excesos de velocidad y conducción agresiva (Shinar, 2017), por ende, la edad y experiencia en la conducción se asocian con una menor propensión a estos eventos (Zheng et al., 2022).

En conductores de transporte público, varios factores de riesgo ocupacional han sido identificados que incrementan significativamente la probabilidad de siniestros viales. Condiciones como enfermedades, estrés mental, fatiga, y malos ambientes laborales incrementan el riesgo. Estos factores perjudican las funciones cognitivas y reducen el rendimiento en general, particularmente cuando los conductores conducen por largas horas, tienen descansos insuficientes, y hay bajo apoyo laboral (Boada-Grau et al., 2013; Miyama et al., 2020; Akinlotan et al., 2024).

La literatura actual presenta una falta de revisiones amplias que integren la evidencia sobre los factores de riesgo en conductores de transporte público, especialmente en cuanto a la interacción entre factores individuales y contextuales. Además, la ausencia de estudios con enfoque de género evidencia una brecha importante respecto a las mujeres en este sector. Por ello, este Scoping Review busca identificar y sintetizar los factores humanos, ambientales y organizacionales asociados a la conducción riesgosa y los siniestros viales, con el fin de orientar futuras investigaciones y contribuir al desarrollo de políticas equitativas y seguras para el transporte público de pasajeros.

2. METODOLOGÍA

La revisión se basó en el marco de Arksey y O'Malley (2005) y siguió la guía PRISMA-ScR para asegurar transparencia y rigor. Se consultaron cinco bases de datos en los ámbitos del comportamiento, transporte y salud pública, abarcando estudios en inglés y español publicados entre 2010 y 2025. Se incluyeron investigaciones sobre conductores de transporte público urbano y BRT, excluyendo revisiones, comentarios y otros tipos de conductores. Los estudios seleccionados analizaron factores personales, ambientales y organizacionales del comportamiento, descartando aquellos centrados solo en infraestructura o vehículos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De un total de 10.115 artículos identificados, 2.946 fueron eliminados por duplicados y, tras aplicar los criterios PRISMA-ScR, se seleccionaron 46 estudios. La evidencia recopilada muestra que la investigación sobre conducción riesgosa en el transporte público es aún limitada, concentrándose principalmente en Asia. Todos los estudios emplearon enfoques cuantitativos transversales, basados sobre todo en cuestionarios, con escasa presencia de investigaciones naturalistas o longitudinales. Se utilizaron métodos de análisis diversos, desde estadística tradicional hasta machine learning. Los hallazgos destacan la necesidad de estudios longitudinales y cualitativos que profundicen en las experiencias y contextos de los conductores.

En cuanto al análisis de género, solo diez estudios lo abordaron, con resultados heterogéneos: algunos reportaron que eran menos hábiles al volante, y con mayor probabilidad de estar involucradas en un siniestros (Goh et al, 2014; Zhang et al., 2019; Xie et al., 2022); mientras que otros las describieron como más cautelosas prosociales (Ding et al., 2020; Han et al., 2020; Deng et al., 2020; Jiang et al., 2021; Zheng et al., 2022; Wang et al., 2023; Sun et al., 2023), incluso varios autores recomendaron incluir a esta población en futuras investigación.

En cuanto a factores identificados, estos se clasificaron en factores humanos, condiciones operacionales y organizacionales. En los factores humanos se agruparon variables de control, psicológicas y físicas. Respecto a las variables de control, los estudios se enfocaron en la edad y los años de experiencia de conducción, con resultados heterogéneos. Algunos encontraron que mayor experiencia y edad estuvieron asociados con una probabilidad baja de estar involucrados en siniestros viales (Wu et al., 2017;

Useche et al., 2018; Razmpa et al., 2021), mientras otros encontraron que la edad está correlacionada positivamente en la conducción riesgosa (Goh et al., 2014; Deng et al., 2020; Jiao et al., 2024; Bravo et al., 2024). En cambio, otros estudios no encontraron una relación significativa entre la edad, la conducción y el riesgo de siniestros (La et al., 2013; Ghanavati et al., 2018; Han et al., 2020; Xie et al., 2022; Jayakumar et al., 2023; Wang et al., 2023; Singh et al., 2024; Sun et al., 2023).

Otras variables humanas como el estado civil, la educación, el estatus migratorio, el tamaño del hogar, se examinaron con menor frecuencia y los hallazgos fueron limitados. Sin embargo, varios estudios también estudiaron el estilo de vida de los conductores, en particular el consumo de tabaco y alcohol. Si bien algunos no reportaron asociaciones significativas, otros autores, como Wang et al. (2019), Jayakumar et al. (2023) y Singh et al. (2024), hallaron que el consumo de alcohol contribuye a la participación en accidentes y a un comportamiento de conducción menos positivo. Además, Useche et al. (2018) identificaron la relación entre el tabaco y el estrés, factor que influye en el bajo rendimiento laboral.

Estos resultados resaltan la relevancia de los factores psicológicos, donde los rasgos de personalidad están relacionados con comportamiento de conducción riesgosa, además se ha encontrado que las condiciones de salud mental como la ansiedad y la depresión, junto con rasgos negativos como neurotismo, impaciencia, extroversión, somatización, falta de normas, la búsqueda de sensaciones, la ansiedad y la hostilidad aumentaron las conductas de conducción riesgosa (Ghanavati et al., 2018; Wang et al., 2019; Xi et al., 2023; Jiao et al., 2024; Singh et al., 2024; Mallia et al., 2025). En contraste, rasgos positivos como el altruismo, la amabilidad, la responsabilidad y la apertura redujeron la incidencia de estos comportamientos y la participación en siniestros viales (Ghanavati et al., 2018; Wang et al., 2023; Singh et al., 2024).

La fatiga y la baja calidad del sueño son factores de riesgo clave en conductores, relacionados con sus exigentes horarios y estilo de vida. Razmpa et al. (2021) hallaron una media de sueño de 6,37 ± 1,62 horas diarias, inferior a lo recomendado, lo que aumenta la probabilidad de siniestros. Según Tsai et al. (2023), puntuaciones elevadas en la Escala de Somnolencia Karolinska (KSS) se asocian con errores y lapsos al conducir, mientras que Anund et al. (2016) vinculan estos problemas con afecciones de salud más amplias que deterioran el descanso. En conjunto, los estudios subrayan la necesidad de evaluaciones periódicas de salud física y mental para reducir la conducción riesgosa en conductores de autobús.

Adicionalmente, las acciones de los conductores dependen de su habilidad para conducir bajo diferentes condiciones, que no solo dependen de sus habilidades individuales, sino también de circunstancias externas, como el estado de las vías, las dinámicas del tráfico y otros factores medioambientales (Sagberg et al., 2015). Algunos estudios también consideran el impacto de la congestión e identificaron una relación significativamente negativa en el comportamiento al conducir, el involucramiento en siniestros viales y frenadas bruscas (Goh et al., 2014; Wang et al., 2022; Tsai et al., 2023). Hence, Mohammadpour et al. 2022).

Las vías divididas por sentido o con carriles de prioridad para buses ayudan a reducir la probabilidad de estar involucrado en un siniestro vial (Goh et al., 2014). En contraste, los flujos de tráfico mixto incrementan las conductas aberrantes al conducir (Van-Huy et al., 2024). Así mismo, la interacción con más usuarios viales crea interacciones difíciles, tales como la operación en paradas de bus, donde puede incrementar el riesgo de choque (Xie et al., 2022; Liu et al., 2025).

La relación entre conductores y pasajeros también representa otra dimensión, especialmente cuando no es buena, ya que incrementa la probabilidad de choques (Xie et al., 2022; Wang et al., 2022). La otra dimensión es el clima, por ejemplo, Deng et al. (2020) encontraron que las temporadas con niebla y nieve incrementan significativamente el riesgo al conducir, además Tsai et al. (2023) identificaron que las condiciones secas contribuyeron a frenadas bruscas.

Finalmente, 26 estudios analizaron la conexión entre las condiciones laborales y los resultados de seguridad. Uno de los factores más estudiados fue los turnos laborales con una correlación significativamente positiva cuando se presentan turnos irregulares, con más horas diarias, inicios tempranos y terminaciones tarte, turnos en los fines de semana y de noche, inadecuado descanso entre los turnos, y turnos estrictos con presión de tiempo (Wu et al., 2017; Vennelle et al., 2019; Deng et al., 2020; Han et al., 2020; Zaranka et al. 2021; Razmpa et al., 2021; Cho et al., 2022; Singh et al., 2023; Tsai et al., 2023; Van-Huy et al., 2024; Cho et al., 2024).

Teniendo en cuenta los resultados, la tensión laboral pueden mitigarse a través de una mayor libertad de decisión, lo cual reduce los efectos negativos de la tensión laboral y mejorar bienestar sin comprometer la seguridad al conducir (Useche et al., 2017; Useche et al., 2018), dado que estas condiciones a largo plazo pueden generar agotamiento en los conductores con un efecto positivo tanto en comportamientos aberrantes al conducir y problemas de salud (Chen et al., 2013; Shi et al., 2017), relacionados con los hábitos de fumar (Useche et al., 2018).

El tipo de ruta y vehículo también influyen en el rendimiento de la conducción. Características de la ruta, como su longitud, el número de paradas, las rutas de ida y vuelta, y los entornos de ruta complejos, afectan negativamente los resultados de seguridad (Cho et al., 2024; Jiang et al., 2021; Ding et al., 2020; Cho et al., 2022; Xie et al., 2022). Sin embargo, la satisfacción general percibida con el autobús, como la facilidad de uso, la aceptación de la tecnología y el rendimiento ambiental, influye positivamente en la satisfacción del conductor y reduce el riesgo de siniestro, al igual que con los autobuses eléctricos (Jiang et al., 2021).

Estos aspectos destacados enfatizan la satisfacción del conductor, junto con otros factores contribuyentes, como los ingresos. Si los conductores ganan poco, es significativamente más probable que se vean involucrados en un incidente y presenten conductas de conducción aberrantes (La et al., 2013; Wang et al., 2019; Van-Huy et al., 2024; Han et al., 2020). Esto puede ocurrir cuando los conductores son el principal proveedor de ingresos en sus hogares y sus ingresos son insuficientes, lo que puede generar estrés.

El clima laboral también es un determinante clave del bienestar y la seguridad de los conductores; incluso un estudio muestra diferencias entre empresas (Chen et al., 2019). El apoyo social y de supervisión, las recompensas adecuadas y la educación en seguridad fortalecen el clima de seguridad y reducen la conducción arriesgada (Useche et al., 2017; Gómez-Ortiz et al., 2018; Wang et al., 2022; Mardi et al., 2020), mientras que el desequilibrio entre esfuerzo y recompensa, el bajo apoyo social y las condiciones adversas aumentan la conducción arriesgada.

Estos hallazgos subrayan la importancia de abordar el clima organizacional no solo como una cuestión de bienestar, sino también como un componente crítico de la gestión de la seguridad vial, ya que cuando los empleados trabajan en un lugar donde se sienten satisfechos, esto se reflejará en los resultados de seguridad, así como en la calidad del servicio.

4. CONCLUSIONES

Este Scoping Review evidencia que los factores asociados con la conducción de riesgo y la participación en siniestros entre los conductores de transporte público están relacionados con factores humanos (p. ej.: variables de control, aspectos físicos y psicológicos), el entorno operativo y los factores organizacionales. Todos los estudios emplearon métodos cuantitativos mediante cuestionarios auto-reportados, que son propensos a sesgos debido a problemas de interpretación. Por lo tanto, las investigaciones futuras deben adoptar enfoques cualitativos para capturar experiencias, percepciones y factores contextuales, considerando que los contextos varían no solo entre regiones, sino incluso entre empresas de transporte público.

Además, la revisión identificó los contextos geográficos, donde los estudios se realizaron predominantemente en contextos asiáticos e involucraron principalmente a conductores de transporte público masculinos, lo que subraya la necesidad de que en futuras investigaciones se reconozca a las mujeres en los contextos de transporte, especialmente en países en desarrollo donde las mujeres a menudo desempeñan un papel proveedor como cabeza de familia. Estos hallazgos ofrecen perspectivas que las empresas de transporte público pueden incorporar en sus prácticas de gestión para mejorar los resultados de seguridad, y también proporcionan una guía para futuras investigaciones para mejorar el conocimiento en el comportamiento de la conducción en transporte público.

Declaración de IA generativa y tecnologías asistidas por IA en el proceso de escritura:

Los autores emplearon ChatGPT para optimizar el lenguaje y la claridad del texto, revisando y ajustando posteriormente el contenido, del cual asumen total responsabilidad.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Akinlotan, O., & Drewry, H. (2024). Factors that influence the mental health of bus drivers: A systematic review. Mental Health & Prevention, 35, 200355-. https://doi.org/10.1016/j.mhp.2024.200355

ANUND, A., IHLSTRÖM, J., FORS, C., KECKLUND, G., & FILTNESS, A. (2016). Factors associated with self-reported driver sleepiness and incidents in city bus drivers. Industrial Health, 54(4), 337–346. https://doi.org/10.2486/indhealth.2015-0217

Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. International Journal of Social Research Methodology, 8(1), 19–32. https://doi.org/10.1080/1364557032000119616

Boada-Grau, J., Prizmic-Kuzmica, A.-J., González-Recio, S., & Vigil-Colet, A. (2013). Estresores laborales en conductores de autobuses (ELBus-21): Estructura factorial, fiabilidad y validez. Universitas psychologica, 12(1), 249-259. https://doi.org/10.11144/javeriana.upsy12-1.elca

Bravo, G., Castellucci, H. I., Lavallière, M., Campos, A., Martínez, M., & Dianat, I. (2024). Ageing and performance in professional bus driving – A case study from Chile. Safety Science, 174, Article 106480. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106480

Chen, C.-F., & Kao, Y.-L. (2013). The connection between the hassles–burnout relationship, as moderated by coping, and aberrant behaviors and health problems among bus drivers. Accident Analysis and Prevention, 53, 105–111. https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.01.004

Chen, H.-K., Chou, H.-W., Su, J.-W., & Wen, F.-H. (2019). Structural interrelationships of safety climate, stress, inattention and aberrant driving behavior for bus drivers in Taiwan. Transportation Research. Part A, Policy and Practice, 130, 118–133. https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.09.007

Cho, E., Kim, Y., Lee, S., & Oh, C. (2024). Prediction of high-risk bus drivers characterized by aggressive driving behavior. Journal of Transportation Safety & Security, 16(8), 870–892. https://doi.org/10.1080/19439962.2023.2253759

Deng, S., Lu, C., Yu, H., & Wang, Z. (2020). Research on Operation Characteristics and Safety Risk Forecast of Bus Driven by Multisource Forewarning Data. Journal of Advanced Transportation, 2020(2020), Article 6623739. https://doi.org/10.1155/2020/6623739

Ding, T., Yin, H., Li, Z., He, X., Zheng, L., & Xi, J. (2024). Analysis of Risk Bus Driver Characteristics and Research on Risk Level Evaluation Methods for Bus Drivers. IEEE Access, 12, 171348–171367. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3498936

Ghanavati, F., Jahangiri, M., Khalifeh, M., Keshavarzi, S., & Shakerian, M. (2018). The effect of biological rhythms and personality traits on the incidence of unsafe behaviors among bus drivers in Shiraz, Iran. Journal of Injury and Violence Research, 10(1), 3–10. https://doi.org/10.5249/jivr.v10i1.895

Goh, K., Currie, G., Sarvi, M., & Logan, D. (2014). Factors affecting the probability of bus drivers being at-fault in bus-involved accidents. Accident Analysis and Prevention, 66, 20–26. https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.12.022

Gómez-Ortiz, V., Cendales, B., Useche, S., & Bocarejo, J. P. (2018). Relationships of working conditions, health problems and vehicle accidents in bus rapid transit (BRT) drivers. American Journal of Industrial Medicine, 61(4), 336–343. https://doi.org/10.1002/ajim.2282

Han, W., & Zhao, J. (2020). Driver behaviour and traffic accident involvement among professional urban bus drivers in China. Transportation Research. Part F, Traffic Psychology and Behaviour, 74, 184–197. https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.08.007

Jayakumar, V., & Vinodkumar, M. N. (2025). An investigation into the role of driver characteristics in driving behaviours and subsequent clustering of Indian bus drivers. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 31(1), 34–44. https://doi.org/10.1080/10803548.2024.2401727

Jiang, K., Shao, C., Feng, Z., Yue, Q., Yu, Z., Zhu, S., & Huang, Z. (2021). The impact of E-bus satisfaction on driving behaviour: A questionnaire-based study on E-bus drivers. Transportation Research. Part F, Traffic Psychology and Behaviour, 83, 238–251. https://doi.org/10.1016/j.trf.2021.10.007

Jiao, Y., Wang, X., Zhao, X., & Hurwitz, D. (2024). Effects of insomnia on risky driving behavior among bus drivers: The mediating effect of mental health. Accident Analysis and Prevention, 195, Article 107419. https://doi.org/10.1016/j.aap.2023.107419

Johnston, I. (2010). Beyond "best practice" road safety thinking and systems management – A case for culture change research. Safety Science, 48(9), 1175–1181. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.12.003

La, Q. N., Lee, A. H., Meuleners, L. B., & Duong, D. V. (2013). Prevalence and factors associated with road traffic crash among bus drivers in Hanoi, Vietnam. International Journal of Injury Control and Safety Promotion, 20(4), 368–373. https://doi.org/10.1080/17457300.2012.748810

Liu, H., Li, T., Yang, J., & Chen, H. (2025). A hybrid exploratory approach for understanding risk driving behaviors of bus drivers: A case study of Nanjing, China. Transportation Research. Part F, Traffic Psychology and Behaviour, 109, 520–539. https://doi.org/10.1016/j.trf.2024.12.030

Mallia, L., Lazuras, L., Violani, C., & Lucidi, F. (2015). Crash risk and aberrant driving behaviors among bus drivers: The role of personality and attitudes towards traffic safety. Accident Analysis and Prevention, 79, 145–151. https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.03.034

Mardi Safitri, D., Surjandari, I., & Jachrizal Sumabrata, R. (2020). Assessing factors affecting safety violations of bus rapid transit drivers in the Greater Jakarta Area. Safety Science, 125, Article 104634. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104634

Miyama, G., Fukumoto, M., Kamegaya, R., Hitosugi, M., 深山源太, & 一杉正仁. (2020). Risk Factors for Collisions and Near-Miss Incidents Caused by Drowsy Bus Drivers. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(12), 4370--. https://doi.org/10.3390/ijerph17124370

Mohammadpour, S., Hassiri, H., & Sullman, M. (2022). Validation of the Driver's Angry Thoughts Questionnaire (DATQ) in a sample of professional drivers in Iran Validation of the Driver's Angry Thoughts Questionnaire (DATQ) in a sample of professional drivers in Iran. IATSS Research, 46(3), 370–379

Razmpa, E., Sadegh Niat, K., & Saedi, B. (2011). Urban bus drivers' sleep problems and crash accidents. Indian journal of otolaryngology and head and neck surgery: official publication of the Association of Otolaryngologists of India, 63(3), 269–273. https://doi.org/10.1007/s12070-011-0235-5

Reason, J., Manstead, A., Stradling, S., Baxter, J., & Campbell, K. (1990). Errors and violations on the roads: a real distinction?. Ergonomics, 33(10–11), 1315–1332. https://doi.org/10.1080/00140139008925335

Sagberg, F., Selpi, Piccinini, G. F. B., & Engström, J. (2015). A Review of Research on Driving Styles and Road Safety. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 57(7), 1248–1275. https://doi.org/10.1177/0018720815591313.

Shinar, D. (2017). Traffic Safety and Human Behavior: Second Edition (2nd ed.). Emerald Publishing Limited. https://doi.org/10.1108/9781786352217

Singh, H., & Kathuria, A. (2024). Behind the wheel: Probing into personality, skills, and driving behavior's role in bus rapid transit crashes. Traffic Injury Prevention, 25(4), 604–611. https://doi.org/10.1080/15389588.2024.2322672

Sun, L., Wang, R., & Yu, S. (2023). Predictive validity of the Multidimensional Driving Style Inventory in bus drivers' crash involvement: A follow-up study. Transportation Research. Part F, Traffic Psychology and Behaviour, 98, 205–215. https://doi.org/10.1016/j.trf.2023.09.008

Tsai, C.-Y., Lin, Y., Liu, W.-T., Cheong, H., Houghton, R., Hsu, W.-H., Iulia, M., Liu, Y.-S., Kang, J.-H., Lee, K.-Y., Kuan, Y.-C., Lee, H.-C., Wu, C.-J., Joyce Li, L.-Y., Cheng, W.-H., Ho, S.-C., Lin, S.-Y., & Majumdar, A. (2023). Aberrant Driving Behavior Prediction for Urban Bus Drivers in Taiwan Using Heart Rate Variability and Various Machine Learning Approaches: A Pilot Study. Transportation Research Record, 2677(3), 1304–1320. https://doi.org/10.1177/03611981221123802

Useche, S. A., Ortiz, V. G., & Cendales, B. E. (2017). Stress-related psychosocial factors at work, fatigue, and risky driving behavior in bus rapid transport (BRT) drivers. Accident Analysis and Prevention, 104, 106–114. https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.04.023

Useche, S. A., Colomer, N., Alonso, F., & Montoro, L. (2018). Patterns on Work-Related Stress and Tobacco Consumption in City Bus Drivers. SAGE Open, 8(2), Article 2158244018782336. https://doi.org/10.1177/2158244018782336

Van-Huy, V., Hoang-Tung, N., & Kubota, H. (2024). Effects of mixed traffic flow and time pressure on violated driving behaviors of bus drivers. Ergonomics, 67(12), 1958–1979. https://doi.org/10.1080/00140139.2024.2367159

Vennelle, M., Engleman, H. M., & Douglas, N. J. (2010). Sleepiness and sleep-related accidents in commercial bus drivers. Sleep & Breathing, 14(1), 39–42. https://doi.org/10.1007/s11325-009-0277-z

Wang, X., Huang, K., & Yang, L. (2019). Effects of socio-demographic, personality and mental health factors on traffic violations in Chinese bus drivers. Psychology, Health & Medicine, 24(7), 890–900. https://doi.org/10.1080/13548506.2019.1567928

Wang, S., Zhang, Y., & Sun, L. (2023). Effects of personality traits on bus drivers' prosocial and aggressive behaviours: The moderated mediating role of risk perception and gender. PloS One, 18(2), Article 0281473. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281473

Waycaster, G. C., Matsumura, T., Bilotkach, V., Haftka, R. T., & Kim, N. H. (2018). Review of Regulatory Emphasis on Transportation Safety in the United States, 2002–2009: Public versus Private Modes. Risk Analysis, 38(5), 1085–1101. https://doi.org/10.1111/risa.12693

World Health Organization. (2023). Global status report on road safety 2023. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/375016/9789240086517-eng.pdf?sequence=1

Wu, W.-T., Tsai, S.-S., Liao, H.-Y., Lin, Y.-J., Lin, M.-H., Wu, T.-N., Shih, T.-S., & Liou, S.-H. (2017). Usefulness of overnight pulse oximeter as the sleep assessment tool to assess the 6-year risk of road traffic collision: evidence from the Taiwan Bus Driver Cohort Study. International Journal of Epidemiology, 46(1), dyw141-277. https://doi.org/10.1093/ije/dyw141

Xie, P., Qin, D., & Zhu, T. (2022). Impact of rule-violating behaviors on the risk of bus drivers being at-fault in crashes. Traffic Injury Prevention, 23(6), 364–368. https://doi.org/10.1080/15389588.2022.2079639

Zaranka, J., Pečeliūnas, R., & Žuraulis, V. (2021). A Road Safety-Based Selection Methodology for Professional Drivers: Behaviour and Accident Rate Analysis. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(23), Article 12487. https://doi.org/10.3390/ijerph182312487

Zhang, Z., Ma, T., Ji, N., Hu, Z., & Zhu, W. (2019). An assessment of the relationship between driving skills and driving behaviors among Chinese bus drivers. Advances in Mechanical Engineering, 11(1), Article 1687814018824916. https://doi.org/10.1177/1687814018824916

Zheng, L., He, X., Ding, T., Li, Y., & Xiao, Z. (2022). Analysis of the Accident Propensity of Chinese Bus Drivers: The Influence of Poor Driving Records and Demographic Factors. Mathematics (Basel), 10(22), Article 4354. https://doi.org/10.3390/math10224354

Zuckerman, M. (2007). Sensation seeking and risky behavior. American Psychological Association. Chap. 3, pp 76.

LA COMUNICACIÓN COMO HERRAMIENTA PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD VIAL

MSc. Gisela Rodríguez Armas
Organización: TLP Producciones, grupo de creación comunicativa
Dirección: La Rosa no. 639 e/ Boyeros y Ermita. Plaza de la Revolución. Cuba
Correo electrónico: giselar@enet.cu

RESUMEN

La comunicación constituye una herramienta clave para garantizar el funcionamiento y la dinámica del espacio social vía, y con ella, su seguridad. La utilización de los elementos, que la conforman, posibilita organizar la circulación peatonal y vehicular, así como otorgar prioridades en función de un ordenamiento seguro. El Equipo cubano de Creación Audiovisual y Cinematográfico TLP Producciones, posee una experiencia de QUINCE años (15) en el tratamiento a estos temas en la televisión nacional y las plataformas digitales, así como en la promoción y realización de campañas de bien público. El programa Recorriendo la vía, más de medio centenar de cápsulas y menciones audiovisuales lo muestran.

1. INTRODUCCIÓN

La comunicación es un proceso social presente en todas las esferas de la vida. Surge como una necesidad que acompaña la propia evolución del hombre, como especie humana, y el desarrollo del pensamiento, del raciocinio.

En un mundo donde el tráfico y la movilidad son parte esencial de lo cotidiano, la forma en que nos comunicamos tanto entre conductores, peatones y otros usuarios de la vía, desempeña un papel crucial en nuestra seguridad al hacer uso de este escenario público. Promover buenas prácticas durante nuestro paso por la vía, contribuye a prevenir accidentes y garantizar un entorno vial más seguro.

Una comunicación efectiva puede influir en el comportamiento de los usuarios y resulta clave en la dinámica vial. Asimismo, observaremos los elementos de la comunicación presentes en este escenario, y el papel de las tecnologías en la transmisión y promoción de la información oportuna y el conocimiento.

Palabras clave: comunicación, seguridad vial, vía segura, dinámica vial, funcionamiento vial, prevención, accidentes viales.

2. DESARROLLO

La comunicación se hace presente en el espacio vial como parte del desarrollo social y económico contemporáneos. Sus diversas formas de expresión se manifiestan en los procesos comunicacionales a partir de poner en común criterios, experiencias y vivencias. Esto se facilitó por las denominadas vías de comunicación, que propiciaron el posterior desarrollo de la humanidad.

La propia estructura ofrecida por el camino o el puente, representó una de las primeras formas de intercambio que sustentó la comunicación humana. En este contexto se inician diversas formas comunicativas que dieron lugar a un proceso de intercambio social que se mantiene en constante transformación y evolución.

Y es que en la vía existe un mensaje subyacente que es comunicacional, por ser una forma de poner en común culturas, intereses, perspectivas individuales y sociales en general. No por gusto con el tiempo se denominaron vías de comunicación. Y esto en el sentido de que permitían un mejor acceso a puntos distanciados, fueran terrestres, marítimos o aéreos. Incluso, en las telecomunicaciones como canales invisibles que establecen puentes y comunicación. Las vías tienen en sí un fuerte sentido de intercambio de conocimientos y de flujos de movilidad.

En la vía se observan determinados códigos y visualidades que transmiten mensajes conductuales específicos, útiles para el tránsito que la caracteriza, porque históricamente ha utilizado estos elementos y signos expresiones propias e identitarias.

La comunicación es un componente importante de la seguridad vial. Su empleo oportuno e inteligente influye en el ordenamiento y estabilidad del funcionamiento de la red vial y los actores que en ella coexisten.

Son las vías en sí un elemento que propicia la comunicación social en todos los sentidos. A través de ellas el hombre socializó, desarrolló y compartió conocimientos, hecho que se mantiene hasta nuestros días. De ahí que con el avance de la civilización se le denominaran: vías de comunicación. En lo que respecta a la terrestre se observan códigos que posibilitan el entendimiento entre los actores que en ella intervienen.

Se trata de códigos visuales, verbales y estéticos que marcan normas de conducta e inciden en la dinámica, el tráfico y la seguridad individual y colectiva en correspondencia con los deberes y derechos de cada actor.

¿Ha pensado cómo inciden las señales en su percepción de seguridad cuando se desempeña como peatón o cuando lo hace como conductor? ¿Y si conduce una bici, un auto o un camión? ¿Y si es en una rastra o un ómnibus articulado? La percepción varía, ¿cierto?

En la vía terrestre el hombre ha establecido marcas de identificación, códigos que hoy conocemos como señaléticas, que indican a través de símbolos y signos las reglas que rigen la circulación vial para evitar accidentes. Estas formas expresivas ya son universales.

Algo similar ocurre con las expresiones corporales de las autoridades de tráfico o los sonidos procedentes de silbatos, balizas de ambulancias o policías, claxon. Códigos existentes independientes de las lenguas o lenguajes, y que transmiten normas para la mejor conducción en este espacio público. Sin estos códigos sería más difícil el ordenamiento de la red vial. Sería un caos. Y estos códigos forman parte de un proceso construido socialmente por el hombre y avalado por su experiencia conductual en aras de garantizar la seguridad vial y la responsabilidad de todos.

La comunicación constituye un elemento fundamental para garantizar la convivencia física, los flujos vehiculares y los movimientos de peatones y vehículos, las prioridades, el respeto y la armonía.

Como proceso tiene una concepción sociotécnica. ¿Por qué? Porque establece vínculos entre las personas y las tecnologías, entre lo perceptible y lo necesario, entre lo aceptado y lo instaurado, entre el orden y la obligatoriedad, entre el ser y la información.

Se trata de un sistema de información universal, que va más allá de idiomas, regionalismos, costumbres o tradiciones, aunque estas últimas inciden en su construcción individual y colectiva.

La propia Ley del tránsito, es en sí un elemento de la comunicación, fruto de ese proceso de construcción social, que ha variado y se ajusta a nuevos requerimientos que demanda el buen funcionamiento de la red vial. Y son ese código, esas leyes, esas resoluciones emitidas por el propio hombre, las que transmiten los elementos o factore que garantizan la seguridad vial. Elementos que emanan del funcionamiento de la vía, su desarrollo o cambios debido a la introducción de nuevas tecnologías y nuevos conocimientos que demanda la seguridad vial.

En esta dirección TLP Producciones, Grupo de Creación audiovisual y cinematográfico radicado en La Habana, produce un espacio televisivo de 15 minutos con frecuencia semanal, que favorece la educación vial y promueve las buenas prácticas en la vía. Aquí la comunicación resulta esencial para abordar problemáticas y sucesos que ponen en riesgo la seguridad en la vía.

Quince años de investigación para generar datos, temáticas, hechos e incidentes significativos que suscitan a la reflexión desde la producción audiovisual han posibilitado incidir en la percepción de la vía como espacio público de construcción colectiva, donde cada actor desempeña un rol clave para su mantenimiento, transformación y seguridad.

Proceso Cognitivo

Partimos de que la vía pública constituye un espacio cultural donde se manifiestan principios y valores. Y en él cada usuario interactúa con signos y símbolos que posibilitan una comunicación efectiva al margen del lenguaje hablado y representan normas de convivencia ya sean universales o específicas de una región.

En este contexto el proceso comienza con la percepción y comprensión de la información recibida. Implica el reconocimiento de señales, símbolos y mensajes para la toma de decisiones durante el tránsito.

La capacidad de interpretar correctamente estas señales es fundamental para el funcionamiento de este espacio público y prevenir accidentes. Incluye no solo la comprensión de las normas de tráfico, sino también anticiparse a las accionar de otros usuarios (conductores, ciclistas, peatones, etc.).

En este sentido la educación vial promueve el aprendizaje y la ejecución de comportamientos seguros en los cuales están implícitos: enseñanza, instrucción y hábitos que responden a la interpretación de la educación vial recibida, lo que incide de manera directa o indirecta en la seguridad.

Elementos de la comunicación presentes en la vía:

– Señales visuales, llamadas gráficas, que pueden ser verticales u horizontales. Las verticales: como semáforos, señales de stop, límites de velocidad o alertan sobre zonas peligrosas, proporcionan información clara y visual. Las horizontales son marcas en el pavimento (líneas de detención, pasos peatonales), guían el comportamiento de los conductores y peatones.

– Señales sonoras, emitidas por elementos sonoros: silbatos o claxon, emergencia de vehículos de auxilio, policía, bomberos o sistema de urgencias médicas. También bocinas y alarmas que alertan a otros usuarios sobre situaciones potencialmente peligrosas.

– Señales lumínicas, sistema de luces del vehículo, señaléticas viales y las usadas en caso averías, sirven de orientación para los usuarios, especialmente en condiciones de poca visibilidad, nocturnidad, cambios de tráfico o condiciones climáticas adversas.

– Gestos humanos: en situaciones donde no hay electricidad o las señales son insuficientes, la figura humana puede intervenir con la utilización gestos para dirigir la circulación vial.

– Telecomunicaciones y tecnologías de la información: incluyen aplicaciones móviles para navegación, sistemas de gestión del tráfico y alertas en tiempo real sobre condiciones viales, mejorando así la comunicación entre usuarios y autoridades.

Se trata de códigos universales, que permiten el diálogo entre los actores que conforman la dinámica y, cuya comprensión se enfoca hacia un actuar responsable que asegure una convivencia armónica.

Las telecomunicaciones resultan otro ejemplo de cambio y transformación. Constituye un canal moderno para establecer vínculos no presenciales y enriquecer el proceso comunicativo, pero su forma de uso incidirá también en la seguridad vial.

Proceso de construcción social

Involucra a múltiples actores y va más allá del desempeño como usuario de la vía, pues cada uno ejerce un rol en la creación y mantenimiento de un entorno seguro y demanda, además de la colaboración entre diferentes entidades (gobiernos, organizaciones no gubernamentales, comunidades).

Cada quien aporta experiencias, conocimientos, percepciones, mediaciones y creaciones en función de la transformación y esas interacciones influyen en el comportamiento, la disciplina, el respeto y la convivencia. Por ejemplo, las normas sociales pueden incentivar o desmotivar ciertas conductas como el uso del cinturón o el respeto a los límites de velocidad.

Desde un enfoque profesional, el desempeño de ingenieros civiles o mecánicos, personal paramédico, maestros o trabajador de higienización pública, por poner un ejemplo,

tiene un componente importante al incidir de manera indirecta en la concepción de la seguridad colectiva con influencia en el imaginario social, los estereotipos y las percepciones de la realidad.

La diversidad de manifestaciones comunicativas facilita una interacción segura entre los actores, y parte de la percepción y recepción del mensaje que realiza cada actor. Abarca no solo señales, sino también el uso innovador de tecnologías que mejoran la información disponible y transforman el espacio.

Fomentar un ambiente más seguro y menos agresivo demanda de un entorno ordenado sin espacio para la confusión y con facilidad para las interacciones y la decodificación e interpretación de cada mensaje.

Una comunicación efectiva es fundamental para lograr una coexistencia armoniosa en la vía pública más allá de señales visuales, sonoras, gestuales o verbales. Es un proceso universal inherente al hombre por él y para él.

3. CONCLUSIONES

Durante QUINCE años el espacio televisivo Recorriendo la vía ha abordado la temática de manera creativa y desde diferentes miradas atemperadas a la situación de la vía cubana en cada momento. Parte de la comunicación como herramienta para garantizar la seguridad vial.

A través del audiovisual fomenta de forma dinámica la educación y concienciación de las audiencias, incluidos decisores, acerca de la cultura vial responsable y coloca al individuo en el centro del análisis desde su rol como usuario de la vida y como actor dentro de la vida social y económica.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barbero, J. M., (1998). *De los medios a las mediaciones. Comunicación, cultura y hegemonía*. Ed. Pablo de la Torriente, La Habana.

Bernal, J., (1954). *La ciencia en su historia, Dirección general de publicaciones*, UNAM, México DF.

Colectivo de autores, (2006). *Vía a la Vida*. Dirección Nacional de Tránsito.

History Chanel: "Maravillas tecnológicas", (2011). Material audiovisual consultado en Canal Habana.

Saladrigas, H., (2025) Entrevista concedida la Gisela Rodríguez

Serrano, M., (1993). *La producción social de comunicación*. Alianza Editorial S. A., Madrid.

Shoemaker, J. y Reese, D., (1994). *La mediatización del mensaje. Teorías de las influencias en el contenido de los medios de comunicación.* Ed. Diana. México D.F.

LA MOTOCICLETA EN LATINOAMÉRICA. UN RETO DE POLÍTICA PÚBLICA, INGENIERÍA Y SALUD PÚBLICA

Riveros Rodríguez, Jorge Luis
Director de Ingeniería y Seguridad Vial – UKAN. Colombia
Jlriverosr@gmail.com

RESUMEN

El uso de motocicletas en Latinoamérica ha crecido en las últimas décadas como respuesta a las fallas del transporte público y la necesidad de movilidad económica. Aunque son una solución accesible y generan oportunidades laborales, su expansión ha traído consecuencias serias en seguridad y salud: más del 50% de las muertes en tránsito involucran motociclistas. Esto demanda una gestión que combine ingeniería, gobernanza y salud pública.

Las motocicletas sustituyen a un transporte urbano precario y, por su bajo costo, facilitan el acceso de población de bajos ingresos a trabajo y estudio, además de impulsar actividades como el reparto. Sin embargo, el impacto social incluye alta vulnerabilidad a accidentes, carga para los sistemas de salud y pérdidas económicas. Entre las estrategias para reducir riesgos destacan el control de velocidad, sanciones efectivas, incentivos a conductas seguras y uso obligatorio de casco y protección. La infraestructura debe adecuarse con pavimentos de calidad y señalización, y también es esencial mejorar licencias y formación de conductores.

Colombia ha mostrado resultados positivos: normas sobre cascos desde 2019 y regulaciones en 2020 redujeron un 7% las muertes por trauma craneoencefálico, mientras que Bogotá implementó un plan específico con disminución de fatalidades. En síntesis, las motocicletas son fundamentales para la movilidad y economía regional, pero requieren políticas que combinen regulación, infraestructura y educación.

1. INTRODUCCIÓN

Latinoamérica enfrenta un gran desafío en el ámbito del transporte público, y uno de los aspectos más destacados es la creciente preferencia y uso de las motocicletas. A medida que las ciudades experimentan un crecimiento demográfico acelerado, los indicadores de servicio del transporte público no son los mejores en términos de cobertura y cumplimiento de programaciones, y la congestión vehicular se convierte en un problema cotidiano, es imperativo abordar la cuestión de las motocicletas desde una perspectiva a corto, mediano y largo plazo, involucrando a la ingeniería, la gobernanza y la salud pública, partiendo desde la visión del usuario.

En lo que respecta al transporte público, en muchas ciudades latinoamericanas enfrenta deficiencias significativas que afectan la movilidad de los ciudadanos. Buses con alta ocupación, rutas poco eficientes y frecuencias irregulares son comunes. En este contexto, las motocicletas emergen como una alternativa viable para mejorar la conectividad y la accesibilidad en áreas urbanas y suburbanas. La agilidad de las motocicletas permite a los usuarios filtrarse en el tráfico, reduciendo los tiempos de viaje y mejorando la eficiencia del transporte personal.

Además, las motocicletas son una solución accesible para aquellos que no pueden costear vehículos más grandes. La flexibilidad financiera que ofrecen las motos puede ser crucial para personas de bajos recursos económicos, permitiéndoles acceder a oportunidades laborales y educativas que de otra manera serían inalcanzables, o por lo menos así lo perciben.

Por otro lado, uno de los aspectos más relevantes al considerar las motocicletas en Latinoamérica es la facilidad que brindan para trabajar. Muchas actividades económicas, como la entrega de alimentos o mensajería, se benefician enormemente de la movilidad proporcionada por las motocicletas. En un contexto laboral, las motocicletas ofrecen una solución eficiente y rentable para la distribución de bienes y servicios.

A pesar de las posibles ventajas que se enunciaban anteriormente, las externalidades del uso de la moto son muy graves. En la región de Latinoamérica el 57% de muertes en el tránsito son de usuarios de vehículos motorizados de 2 o más ruedas.

En el anterior contexto, la ingeniería de tráfico y la planificación urbana deben analizar de manera integral la manera de integrar de forma segura a las motocicletas en el paisaje urbano, fomentando un entorno seguro y eficiente para su operación. Además, analizar las medidas más pertinentes en relación con la gestión de la demanda de este modo de transporte.

La gobernanza desempeña un papel central en la regulación y supervisión del uso de motocicletas. Implementar normativas y políticas que fomenten el uso responsable y seguro de estos vehículos es esencial para evitar siniestros viales y garantizar la convivencia armoniosa con otros modos de transporte.

Los siguientes componentes resultan fundamentales para la gestión de la seguridad vial:

2. GESTIÓN DE LA VELOCIDAD

La gestión de la velocidad es un componente crucial en la seguridad vial de los motociclistas. La velocidad excesiva es una de las principales causas de accidentes de tráfico, especialmente para quienes viajan en motocicleta debido a su menor protección en comparación con otros vehículos. Para abordar este problema, es necesario implementar medidas que regulen y controlen la velocidad en las vías públicas.

Las estrategias para gestionar la velocidad incluyen la implementación de límites de velocidad adecuados y su aplicación efectiva a través de sistemas de control de velocidad y vigilancia policial. Además, es importante concienciar a los conductores sobre los peligros de la velocidad excesiva y promover una cultura vial que valore la seguridad sobre la velocidad.

3. ENFORCEMENT – "CONTROL" Y PERCEPCIÓN DE CONTROL

El enforcement, entendido como el control y la aplicación de las normativas de tráfico, desempeña un papel fundamental en la seguridad vial de los motociclistas. La percepción de control por parte de los conductores es crucial para garantizar el cumplimiento de las leyes de tránsito y reducir el riesgo de accidentes.

Para mejorar el enforcement, es necesario contar con un sistema efectivo de aplicación de multas y sanciones para quienes infrinjan las normas de tráfico. Además, se deben implementar campañas de concientización que promuevan el respeto por las reglas de circulación y refuercen la importancia del cumplimiento de las leyes viales para la seguridad de todos los usuarios de la vía. La tecnología resulta ser fundamental para alcanzar este objetivo a través de tramos de velocidad controlada, elementos disuasorios, entre otros.

4. ECONOMÍA DEL COMPORTAMIENTO. INCENTIVOS Y SANCIONES

La economía del comportamiento se centra en cómo los incentivos y las sanciones pueden influir en el comportamiento de los conductores y mejorar la seguridad vial. En el caso de los motociclistas, es importante diseñar políticas que fomenten conductas seguras y desincentiven comportamientos de riesgo.

Los incentivos pueden incluir descuentos en el seguro de vehículos para conductores que demuestren un historial de conducción seguro, mientras que las sanciones deben ser lo suficientemente disuasorias para desalentar comportamientos peligrosos. Es esencial encontrar un equilibrio entre ambos para promover una conducta responsable en las carreteras.

5. VEHÍCULOS SEGUROS

La seguridad de los vehículos es un aspecto fundamental de la seguridad vial de los motociclistas. Los fabricantes deben diseñar motocicletas con características de

seguridad mejoradas, como sistemas de frenado avanzados, luces de freno adicionales y tecnología de estabilidad para reducir el riesgo de accidentes.

Además, es importante promover la utilización de equipos de protección personal, como cascos certificados, chaquetas con protecciones y guantes, para minimizar las lesiones en caso de colisión. La regulación y certificación de la seguridad de los vehículos son clave para garantizar que los motociclistas cuenten con medios seguros de transporte.

6. INFRAESTRUCTURA

La infraestructura vial juega un papel fundamental en la seguridad de los motociclistas. Es necesario diseñar y mantener carreteras y calles que se adapten a las necesidades específicas de este tipo de vehículos, incluyendo pavimento de alta calidad y señalización adecuada.

Además, la implementación de medidas de mitigación de riesgos, como reductores de velocidad y barreras de protección, puede ayudar a reducir la incidencia de accidentes. La planificación urbana debe tener en cuenta la seguridad de los motociclistas para garantizar un entorno vial seguro y accesible para todos.

7. LICENCIAS DE CONDUCCIÓN

Las licencias de conducción son un requisito fundamental para garantizar la competencia y la responsabilidad de los motociclistas en las carreteras. Es importante que los conductores obtengan una formación adecuada y demuestren su capacidad para manejar una motocicleta de manera segura antes de obtener una licencia de conducción.

Además, es necesario establecer procedimientos de renovación periódica de las licencias para garantizar que los conductores sigan cumpliendo con los estándares de seguridad establecidos. La implementación efectiva de sistemas de licencias contribuye a mejorar la calidad de los conductores en las vías y reduce el riesgo de accidentes.

El desarrollo y la gestión adecuada de las motocicletas en Latinoamérica son esenciales para abordar las deficiencias en el transporte público, aprovechar las oportunidades laborales que ofrecen y mitigar los riesgos asociados con su creciente popularidad. La integración de la ingeniería, la gobernanza y la salud pública en estrategias coordinadas es crucial para garantizar que el impacto de las motocicletas en la movilidad y la economía no venga a expensas de la seguridad y la sostenibilidad.

8. USO DEL CASCO Y ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

El casco es un componente fundamental en la seguridad de los motociclistas. Su uso adecuado puede marcar la diferencia entre la vida y la muerte en caso de accidente.

Esta página se centrará en la importancia del uso del casco, sus beneficios y algunas consideraciones importantes al elegir y usar este equipo de protección.

Beneficios del uso del casco:

- Protección contra lesiones graves: El casco protege la cabeza del motociclista en caso de colisión, reduciendo el riesgo de lesiones graves o fatales, como traumatismos craneales y lesiones en el cerebro.

- Reducción del impacto: El casco absorbe y distribuye la fuerza del impacto en caso de accidente, lo que ayuda a minimizar el daño al cráneo y al cerebro.

- Protección contra elementos externos: Además de proteger contra lesiones por impacto, el casco también protege la cabeza del motociclista contra objetos voladores, escombros y condiciones climáticas adversas.

- Visibilidad y comunicación: Algunos cascos están diseñados con visores que mejoran la visibilidad y protegen los ojos del motociclista contra el viento, el polvo y los desechos. Además, muchos cascos cuentan con sistemas de comunicación integrados que permiten a los motociclistas mantenerse en contacto con otros conductores o recibir instrucciones de navegación.

El uso del casco es una medida de seguridad indispensable para los motociclistas. No solo es obligatorio en muchos países, sino que también es una decisión inteligente para proteger la vida y reducir el riesgo de lesiones graves en caso de accidente.

Adicionalmente, es fundamental promover el uso de elementos adicionales, como rodilleras, coderas, protectores de espalda, chalecos airbag, entre otros sistemas, especialmente en aquellos que usan la moto como herramienta de trabajo, por sus altos niveles de exposición.

9. CASOS DE ESTUDIO Y DE ANÁLISIS

Colombia

Hasta 2018, Colombia contaba en su marco normativo con los tres primeros escaños, en 2019 la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) avanzó en la consolidación de las condiciones faltantes expidiendo el reglamento técnico de cascos protectores para el uso de motocicletas, dirigido a los fabricantes, comercializadores e importadores para que garanticen que el mercado cumpla con los requisitos mínimos establecidos.

En 2020 se establece la regulación del uso apropiado del casco, incluyendo el uso del casco abrochado, inmerso en la cabeza y prohibiendo el uso de equipos móviles entre la cabeza y el casco. Dos meses después de la implementación, datos preliminares mostraron una reducción de las fatalidades de motociclistas por trauma craneoencefálico del 7% en comparación con otras causas de muertes, gracias a la articulación entre regulación, control y pedagogía

Bogotá

Bogotá implementó un Plan de Seguridad vial para Motociclistas en 2017, el cual evidenció importantes reducciones en muertes de este actor vial durante los primeros años de su implementación.

REFERENCIAS

Huari, L; Riveros J; Sánchez L; Sosa M, Diaz C. *Colombia avanza en la promoción del uso adecuado del casco para salvar las vidas de los motociclistas. Banco Interamericano de Desarrollo*. Recuperado de https://www.iadb.org/es/blog/transporte/colombia-avanza-en-la-promocion-del-uso-adecuado-del-casco-para-salvar-las-vidas-de-los

Alcaldía de Bogotá. Decreto 817 de 2017 "Por el cual se adopta el Plan Distrital de Seguridad Vial y de Motociclista 2017-2026". Recuperado de https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=73425

PILOTO DE TRANSPORTE ESCOLAR EN MOTOCARRO COMO ALTERNATIVA AL TRANSPORTE DE NIÑOS, NIÑAS Y ADOLECENTES EN MOTOCICLETA – PATURUTA

Luis Ernesto Sánchez Amaya
Agencia Nacional de Seguridad Vial de Colombia, Bogotá,
luis.sanchez@ansv.gov.co

Miguel David Santana Rincón
Agencia Nacional de Seguridad Vial de Colombia, Bogotá,
miguel.santana@ansv.gov.co

RESUMEN

PATURUTA es un Piloto de transporte escolar en motocarro como alternativa para sustituir el traslado de Niñas, Niños y Adolescentes (NNA) en motocicleta en Colombia, toda vez que el motocarro ofrece: mayor estabilidad y seguridad que la motocicleta de dos ruedas, capacidad de transportar más de un pasajero/a en condiciones seguras, menores reportes de siniestralidad frente a la moto y aceptación cultural en territorios rurales donde actualmente se usa de forma cotidiana.

Este proyecto piloto se realiza para evaluar la posibilidad de modificar la normatividad asociada a la prestación del servicio escolar, que hoy en día NO reconoce este tipo de vehículos como posible alternativa, imposibilitando, o dificultando la contratación del servicio de transporte escolar toda vez que según el territorio, no es posible contar con empresas o infraestructura que hagan viable la operación de diferentes tipologías.

Sobre los lugares de ejecución, se inició con el reconocimiento de experiencias en Urrao (Antioquia), San Alberto (Cesar), Remolino (Magdalena) y Mitú (Vaupés) con base en criterios de morbimortalidad de NNA en moto, población escolar y disponibilidad de empresas habilitadas para transporte en motocarro. Finalmente, por la disposición institucional de entidades de gobierno locales y de instituciones educativas, se definió la operación en Urrao (Antioquia) y San Alberto (Cesar) facilitando el transporte escolar diario en motocarro durante cuatro (4) meses desde agosto de 2025, la consolidación de redes protectoras comunitarias y el acompañamiento de entidades aliadas y la ANSV.

1. INTRODUCCIÓN

La siniestralidad vial constituye un problema de salud pública a nivel mundial, y en Colombia es la segunda causa de muerte violenta de niños, niñas y adolescentes (NNA), afectando de manera particular a jóvenes y usuarios de motocicletas. Esta situación adquiere mayor gravedad cuando a la población que fallece se le asignan unos derechos prevalentes. Según datos del Observatorio Nacional de Seguridad Vial, en Colombia los siniestros viales son la segunda causa de mortalidad por razones externas en niños, niñas y adolescentes. Entre enero y septiembre de 2025, han fallecido 370 menores de 18 años por causa de siniestros viales. El 62% en una motocicleta.

En la primera infancia y en la infancia (Entre 0 y 11 años), en promedio el 31% del total de fallecidos eran acompañantes en una motocicleta, vehículo que constituye, en algunas ocasiones, la única opción viable para transportar a los niños y niñas hacia y desde el colegio.

Colombia, a través del Plan Nacional de Seguridad Vial (2022 a 2031) y el Plan Nacional de Desarrollo (2022 a 2026), ha planteado la obligación de garantizar la seguridad de los NNA en sus desplazamientos, especialmente en el transporte escolar. Estas políticas insisten en la corresponsabilidad entre familia, Estado y sociedad. Al respecto del transporte de niños en motocicleta, instituciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS) o Fundación Gonzalo Rodríguez de Uruguay, concluyen que los menores de 6 años NO deberían transportarse en motocicleta y que en caso tal de que niños mayores de esa edad se transporten en moto, el uso del casco certificado es innegociable. No obstante, reconociendo la inconveniencia de tratar las realidades territoriales en Latinoamérica con la prohibición total a través de un instrumento legislativo, proponen explorar medidas que otorguen mejores condiciones de seguridad y que se adapten a las condiciones locales.

Por esto, la Agencia Nacional de Seguridad Vial de Colombia (ANSV) en conjunto con la Asociación Nacional de empresarios (ANDI), la ensambladora de motocicletas y motocarros Grupo UMA y la Fundación Ciudad Humana, han iniciado un piloto de transporte escolar en motocarro como alternativa para sustituir el traslado de NNA en motocicleta en el marco del transporte escolar, toda vez que en principio el motocarro ofrece: mayor estabilidad y seguridad que la motocicleta de dos ruedas, capacidad de transportar más de un pasajero en condiciones seguras, menores reportes de siniestralidad frente a la moto y aceptación cultural en territorios rurales donde incluso los padres/madres de familia pagan cotidianamente traslados hacia y desde el colegio.

Este piloto se realiza con el fin de evaluar la posibilidad de modificar la normatividad asociada a la prestación del servicio escolar, que hoy en día NO reconoce este tipo de vehículos como posible alternativa, imposibilitando, o en el mejor de lo casos, dificultando la contratación del servicio de transporte escolar toda vez que en territorio no es posible contar con empresas o condiciones de infraestructura que hagan viable la operación de tipologías diferentes.

El proyecto se ha priorizado en Urrao (Antioquia) y San Alberto (Cesar), seleccionados con base en criterios de mortalidad y lesiones de NNA en moto, población escolar

y disponibilidad de empresas habilitadas para transporte en motocarro. Para llevar a cabo el mismo se llevaron a cabo las siguientes fases: 1. Acondicionamiento del vehículo con la ayuda del sector privado (incluye la instalación de GPS para monitoreo permanente), 2. Constitución de una red de protección con la comunidad aledaña a las instituciones educativas, 3. Se identificaron puntos críticos de la infraestructura sobre las rutas definidas para que sean atendidos con medidas de pacificación o señalización por la autoridad local. 4. Se capacitó a la comunidad aliada y 5. Se estableció una batería de indicadores para hacer seguimiento continuo para que posteriormente evaluar la eficacia de este modo de transporte como sustituto de los viajes de los NNA que hoy se realizan en motocicleta.

Con la instalación del GPS se seguirá en tiempo real los recorridos del motocarro, permitiendo evaluar indicadores como velocidades máximas, seguimiento de la ruta, novedades en la vía, entre otros indicadores cuantitativos que, aunados al seguimiento de indicadores de seguridad vial, percepción y satisfacción, constituirán el insumo para la eventual modificación normativa y construcción de política pública. Por esto, lo que se pretende al final del piloto es evaluar una alternativa que con enfoque diferencial, garantice la vida y los derechos de los NNA mediante un transporte escolar más seguro, que además garantice acceso y permanencia educativa, evitando deserción por falta de transporte seguro, reducción de siniestros fatales al sustituir motocicletas por motocarros regulados, fortalecimiento de redes comunitarias de protección (adultos responsables, instituciones educativas, autoridades locales)., así como el cumplimiento de principios constitucionales: derecho a la vida, integridad, movilidad y educación.

En síntesis, el piloto de motocarro constituye una medida realista y necesaria frente a la evidencia de que los NNA son el grupo más vulnerable en la vía y por tanto la implementación de alternativas con mejores condiciones de seguridad que la motocicleta, da un paso fundamental hacia la garantía de que los niños, niñas y adolescentes puedan ir y volver de sus colegios seguros y protegidos.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

Verificar, en condiciones reales de operación y considerando las características sociales, geográficas y culturales de los territorios priorizados, la viabilidad y seguridad de un modelo formal de transporte escolar en motocarro que contribuya a la protección integral de los niños, niñas y adolescentes que actualmente se movilizan en motocicleta.

Objetivos específicos

1. Evaluar la implementación y el impacto de los módulos pedagógicos dirigidos a conductores, comunidad educativa y familias, con el fin de fortalecer prácticas seguras, conciencia del riesgo y corresponsabilidad en la protección de los NNA durante sus desplazamientos.

2. Verificar las condiciones técnicas y de seguridad de los motocarros destinados al transporte escolar, incluyendo su adecuación, equipamiento, mantenimiento y cumplimiento de los requisitos normativos aplicables al servicio público de transporte terrestre automotor mixto.

3. Analizar las condiciones de operación del servicio, especialmente la estructuración y validación de rutas seguras escolares, la gestión del riesgo vial en los trayectos casa colegio casa y la coordinación entre actores territoriales para garantizar la integridad de los NNA.

4. Articular y evaluar el rol de los actores identificados en el mapeo territorial (empresas de transporte mixto en motocarro, instituciones educativas, autoridades locales, familias y comunidad general) para determinar su capacidad de soporte, supervisión y corresponsabilidad en la implementación sostenible del transporte escolar en motocarro.

3. ANTECEDENTES

La motocicleta, en el mundo, se ha consolidado como un medio de transporte usado de manera cotidiana debido a incentivos como su bajo costo de adquisición y mantenimiento, posibilidad de ingresar al mercado laboral mediante el uso de plataformas de entrega, poco espacio para el estacionamiento, excepción de pago de impuestos y peajes en algunos países, entre otros. Ese uso masivo involucra a *niñas, niños y adolescentes (NNA)* como pasajeros e incluso (en edades no permitidas) como conductores, lo que plantea desafíos de seguridad vial y de política pública. La *OMS* ha documentado de forma consistente que la niñez presenta desventajas físicas y cognitivas que aumentan el riesgo en el tránsito: menor estatura y campo visual, cráneo más vulnerable y menor capacidad para anticipar peligros, entre otras razones. Estas condiciones, combinadas con la exposición a motocicletas, explican una fracción sustantiva de muertes y traumatismos infantiles en vía de países de ingresos bajos y medios como se menciona en el documento "Children and Road Safety" de 2015.

En este contexto, la discusión regulatoria internacional suele girar en torno a tres ejes: *(i) edad/condición mínima* para viajar como pasajero (p. ej., alcanzar reposapiés), *(ii) uso de casco y equipo de protección*, y *(iii) restricciones operativas* (ubicación del pasajero, horarios, tipos de vías). Organismos regionales como OISEVI han sistematizado recomendaciones de seguridad para el viaje en moto, reforzando la necesidad de formación del conductor, verificación del vehículo, casco homologado y visibilidad, especialmente cuando hay NNA como pasajeros. Estas guías recogen y difunden aportes de la OMS sobre desarrollo infantil y seguridad en motocicleta como se evidencia en las referencias bibliográficas a nombre de OISEVI.

La Fundación Gonzalo Rodríguez (FGR) realizó en 2017 un estudio específico sobre el traslado de niños en motocicletas en América Latina, relevando prácticas y marcos regulatorios en decenas de ciudades y señalando vacíos frecuentes: ausencia de límites de edad/altura claros, baja disponibilidad de cascos infantiles homologados, y fiscalización débil. El estudio propone medidas como: exigir casco homologado para

todos los ocupantes, utilizar la altura suficiente para alcanzar el posapié como criterio práctico cuando no hay regla de edad, y establecer licenciamiento/escalonado para jóvenes conductores, entre otras.

En Europa, un número importante de países permite el transporte de NNA bajo condiciones estrictas. España, por ejemplo, fija como regla general que el pasajero debe ser mayor de 12 años, con una excepción para mayores de 7 años si van con su padre/madre/tutor o un adulto autorizado y siempre en el asiento posterior, con casco y pudiendo apoyar los pies en los reposapiés. La DGT insiste en que el menor debe ir a horcajadas y nunca delante del conductor. En Dinamarca, referencias divulgativas señalan edad mínima de 5 años y el uso de asiento infantil homologado para menores de 135 cm, además de casco obligatorio, lo que muestra el énfasis europeo en estatura/ alcance y retención más que en una edad fija uniforme entre países.

En Asia, hay ejemplos de prohibiciones o fuertes restricciones. Filipinas aprobó la Children's Safety on Motorcycles Act (2015), que limitó de forma amplia llevar niños en moto en vías públicas y fijó criterios de tamaño/alcance y equipo de protección, con sanciones económicas y administrativas. Aunque contempla excepciones, la norma refleja la tendencia de endurecer requisitos cuando la siniestralidad con NNA es elevada.

Una evolución reciente del debate apunta a alternativas de menor riesgo para el traslado cotidiano de NNA: triciclos motorizados/motocarros con mejores condiciones de estabilidad y posibilidad de sujeción o compartimentos para pasajeros. Informes regionales (BID, CAF, FGR) reconocen que, en contextos con alta dependencia de la moto, los vehículos de tres ruedas pueden ser una transición hacia esquemas más seguros, siempre que se ajusten a estándares técnicos y a operaciones reguladas.

Colombia: usos, regulación y tránsito hacia pilotos seguros.

En Colombia, el motocarro está definido y regulado como vehículo de servicio público de transporte terrestre automotor mixto en el Decreto 1079 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del sector transporte), que compila la normatividad aplicable y detalla modalidades, competencias y requisitos de operación. A su vez, la Resolución 2181 de 2009 establece las características y especificaciones técnicas para los motocarros (requisitos de fábrica, configuración, capacidad, elementos de seguridad, entre otros), y hay circulares e instructivos sobre la homologación de estos vehículos. Este andamiaje normativo permite habilitar empresas y servicios en territorios donde el motocarro es pertinente por condiciones de demanda, accesibilidad y estado de las vías.

4. OPERACIÓN

Se inició la operación en el municipio de San Alberto, Cesar en el mes de septiembre de 2025 y luego en el Municipio de Urrao, Antioquia, tras evento de lanzamiento del proyecto y el ejercicio previo de alistamiento que implico: construcción de la imagen gráfica e identidad visual del proyecto; alistamiento y mejora de los motocarros que irían a transportar a los estudiantes con adecuaciones de seguridad e identidad de marca; selección de estudiantes en conjunto con la institución educativa y por recomendación

directa desde la Rectoría y entidades locales; ejercicio de reconocimiento y caracterización de la población beneficiaria; identificación de rutas seguras para organizar los trayectos más estratégicos de estudiantes conforme a los tiempos de llegada al colegio y puntos de encuentro acordados; reconocimiento de los grupos u organizaciones comunitarias con las cuales se socializó el proyecto y se les invitó a hacer parte de la red protectora con el manifiesto de la red y stickers de Paturuta visibles en negocios y casas; y además organización de la dinámica dentro de las instituciones educativas para tener estudiantes vigías que ayudarían al descenso de estudiantes cuando llegan a la institución y al final de la jornada escolar cuando de nuevo se suben al vehículo.

Paralelamente, se construyeron los procedimientos de operación para que padres, madres y/o cuidadores tuvieran conocimiento y firmaran documentos de corresponsabilidad, compromiso y permisos de uso de imagen. También se construyeron protocolos de seguridad y emergencias, agenda de contactos de beneficiarios y entidades locales, y el sistema de apropiación y reconocimiento del programa como estratégica pedagógica y gamificada que materializaría la aplicación de decálogos de buen comportamiento tanto para estudiantes como para conductoras y conductores.

Lo anterior se complementó con la gestión de gobernanza o articulación institucional con las entidades de gobierno municipales y departamentales de tránsito y educación para tener aprobaciones institucionales, permisos de habilitación de rutas en sectores que nos los tenían, números y protocolos de emergencia por municipio y presencia institucional en el lanzamiento del proyecto, en su operación y posteriores procesos de acompañamiento, seguimiento y posible sostenibilidad.

A partir del lanzamiento del proyecto inició la operación de la Paturruta en cada municipio manteniendo la dinámica similar en cada uno de la siguiente manera:

- Capacitación de seguridad vial a conductores y conductoras.

- Capacitación de seguridad vial y socialización de procedimientos, protocolos y manuales a madres/padres/estudiantes.

- Socialización del proyecto, manifiesto de la red protectora y de números y procedimientos de emergencia a comunidad vecinal de los caminos seguros de la ruta para conformar la red protectora.

- Inicio de las dos rutas por cada uno de los dos carros, de acuerdo con documento de planeación de ruta compartido con las empresas de motocarro, conductores/as, madres, padres y/o cuidadores y entidades de gobierno locales. Este planeador contó con información para distribuir las rutas por carro, información del estudiante, de puntos de encuentro y de los adultos responsables.

- Durante la ejecución se ejecutó el ejercicio de apropiación del proyecto y del decálogo de buen comportamiento a través de sistema de reconocimientos tanto a estudiantes como conductores de manera semanal y haciendo uso de stikers que se pegan en libretones o cartillas personales. Esto para al final canjear los reconocimientos en premios.

- Diariamente los conductores y conductoras tuvieron el registro de asistencias de los estudiantes con las firmas de los padres, madres y/o acudientes al inicio de la ruta, luego con docentes al llegar al colegio y de regreso de la misma forma con la firma de docentes y en los puntos de llegada la firma de acudientes. No obstante, si los padres, madres y/o acudientes firmaron formato de exoneración de responsabilidades por no firmar el formato de llegada, el listado no se firmaba. De cualquier forma cada trayecto fue registrado por conductores/as a través de fotografías compartidas en grupos de WhatasApp, canal formalizado para los comunicados entre acudientes, institución educativa y ANSV para avisar de novedades de horarios, cambios de puntos o de calendario académico.

5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En *San Alberto* se obtuvieron los siguientes resultados:

- Con base en el seguimiento al GPS encontramos que el tiempo de desplazamiento se redujo un 51%.

- La asistencia escolar mejoró en un 97.5%

- El cumplimiento de puntualidad es del 100%

- La velocidad promedio en los recorridos fue de 11.95km/h

En *Urrao* se obtuvieron los siguientes resultados

- Con base en el seguimiento al GPS encontramos que el tiempo de desplazamiento se redujo un 60%

- El cumplimiento de puntualidad es del 100%

- La velocidad promedio en los recorridos fue de 15.91km/h

Adicionalmente y con base en encuestas aplicadas a estudiantes, padres de familia y profesores de los estudiantes beneficiarios se obtuvo que

- La calificación otorgada por los estudiantes a los conductores es de 5/5 respecto de sus comportamientos seguros en la vía.

- La calificación otorgada por los estudiantes a los conductores es de 5/5 respecto de la satisfacción general del servicio.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Children and Road Safety (2020). Third United Nations Global Road Safety Week in the Eastern Mediterranean. May 2015. Recuperado de: https://applications.emro.who.int/dsaf/EMROPUB_2015_EN_1844.pdf

Decreto 1079 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte (2024). Recuperado de https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=62514#:~:text=Tiene%20por%20objeto%20ejercer%20las,de%202000%2C%20art%C3%ADculo%203.

Fundación Gonzalo Rodríguez- FGR (2017). Study on Conditions of Children Transport on Motorcycles in Latin America.

¿Niños en moto? Qué dice la ley en España y en la UE (2024). Moto 1 Pro Magazine. Recuperado de: https://www.motor.mapfre.es/consejos-practicos/seguridad-vial/ninos-pasajeros-en-moto/?utm_source=chatgpt.com

Safety Recommendations for Travelling by Motorcycle Ibero-american Road Safety Programme/OISEVI (2020). These recommendations were adopted at the VIII General Assembly of the Ibero-American Road Safety Observatory (OISEVI), which took place in Madrid on 6-8 May 2019. Recuperado de: https://oisevi.org/sites/default/files/pdf/OISEVI_Recomendaciones_MOTOS_format_vf%20ES-EN%20REV.pdf

¿Se pueden llevar niños en la moto? (2024). Motor Blogs Mapfre. Recuperado de https://www.moto1pro.com/reportajes-motos/ninos-en-moto-que-dice-la-ley-en-espana-y-en-la-ue

REALIDAD VIRTUAL Y SIMULACIÓN: UNA NUEVA METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE SEGURIDAD VIAL EN ENTORNOS URBANOS

Ing. Yindhira Taveras
ME, MSc, PhD(c) Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), República Dominicana
ytaveras27@uasd.edu.do

Ing. Juan de Dios Martínez
MSc Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), República Dominicana
jmartinez26@uasd.edu.do

Ing. Juan Rafael Gil Medina
MSc Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), República Dominicana
juanrafaelgilmedina@gmail.com

RESUMEN

La seguridad vial peatonal en cruces e intersecciones urbanas sigue siendo un punto crítico de la movilidad, sobre todo cuando hay alta densidad vehicular y comportamientos imprevisibles. Los métodos tradicionales de observación y conteo no siempre permiten recrear el contexto real de riesgo ni medir la respuesta del usuario. Este trabajo propone una metodología en desarrollo que integra modelado 3D (Revit, SketchUp), simulación en Unity y dispositivos de realidad virtual (Oculus/HTC) para construir un "laboratorio inmersivo" donde se puedan ensayar configuraciones viales sin exponer a las personas. En cada escenario se registran métricas cuantitativas (tiempos de reacción, distancias de seguridad, densidades) y cualitativas (percepción de riesgo, confort), que luego sirven para comparar diseños como pasos peatonales, cruces semaforizados o mejoras de visibilidad. Al estar la investigación en curso, los resultados son exploratorios, pero muestran que la VR puede convertirse en una herramienta de apoyo para la ingeniería de tránsito, la educación vial y la formulación de políticas públicas de movilidad segura.

1. INTRODUCCIÓN

La seguridad vial en entornos urbanos sigue siendo uno de los puntos más frágiles de la movilidad, especialmente cuando intervienen peatones en intersecciones, pasos no controlados o vías con alta densidad vehicular. Los modelos tradicionales de análisis —observación en campo, conteos manuales, cuestionarios— aportan información útil, pero no siempre permiten recrear el contexto real de riesgo ni medir, al mismo tiempo, el comportamiento humano, la infraestructura disponible y las condiciones dinámicas del tránsito. Por eso, dentro del proyecto de investigación en curso "Evaluación del comportamiento de los peatones ante factores de riesgo de seguridad vial usando realidad virtual", FONDOCYT-2023-1-3B2-0513, financiado por el Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCyT) de la República Dominicana y ejecutado por un equipo del Instituto de Transporte, Tránsito y Movilidad de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la UASD, se está probando la realidad virtual (VR) como un laboratorio interactivo que permita experimentar escenarios de riesgo sin exponer a las personas, pero conservando la fidelidad espacial del entorno urbano.

La ponencia presenta justamente esa metodología de integración VR–simulación orientada a la seguridad peatonal, describe sus componentes tecnológicos (modelado 3D, simulación de tránsito y evaluación de usuarios) y muestra el tipo de métricas preliminares que pueden generarse para sustentar futuras decisiones de ingeniería de tránsito y de políticas públicas de movilidad segura.

2. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

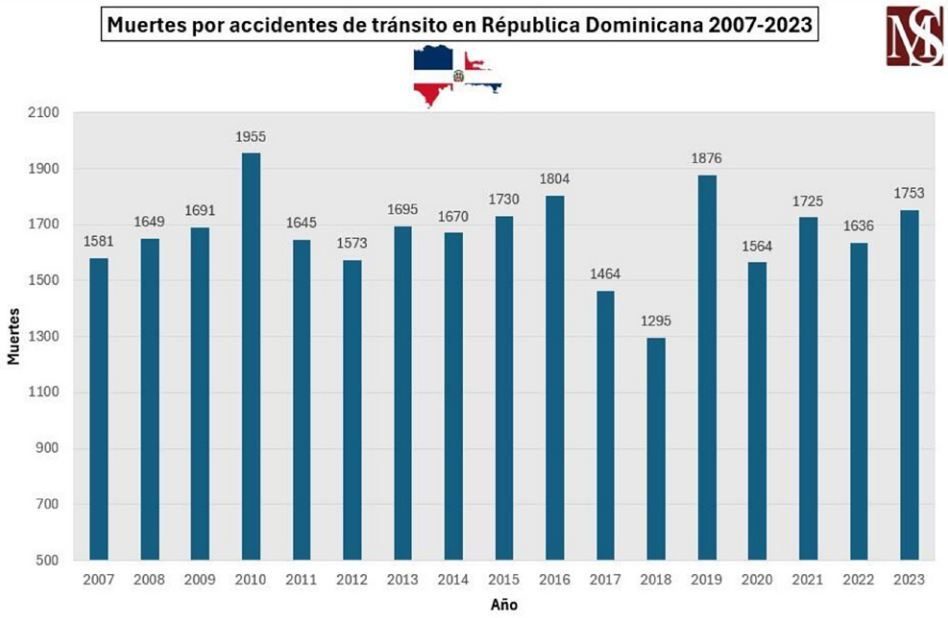
Las aproximaciones clásicas al estudio de la seguridad vial se han apoyado en instrumentos de observación directa, en modelaciones estadísticas y en herramientas de microsimulación que, aunque potentes, suelen trabajar con agentes abstractos y con entornos poco inmersivos. Esta forma de analizar el tránsito es útil para dimensionar flujos y niveles de servicio, pero presenta limitaciones cuando se requiere capturar la percepción de riesgo del peatón, el tiempo real de reacción frente a un vehículo que se aproxima o el efecto de un cambio de señalización sobre el comportamiento del usuario. La irrupción de la realidad virtual y de los motores de simulación abre una línea complementaria: llevar el análisis al plano experiencial, donde la persona se coloca dentro del entorno vial y su respuesta queda registrada con precisión. Así, la VR no reemplaza los métodos tradicionales, sino que los extiende, permitiendo validar con usuarios reales las hipótesis que el ingeniero formula en gabinete.

Figura 1 - Headset de Oculus Quest 3

2.1 Desafíos de la seguridad vial en contextos de alta densidad

En escenarios urbanos con tránsito mixto, presencia de transporte público, cruces informales y ocupación del espacio público, la captación del riesgo es difícil porque los eventos peligrosos no ocurren de manera constante y porque el comportamiento humano varía según visibilidad, prisa, edad, entorno y diseño de la intersección. Un conteo de peatones puede decir cuántas personas cruzan, pero no cómo decidieron cruzar, cuánto tardaron en percatarse del vehículo o qué tan protegidos se sintieron. Tampoco permite ensayar en campo situaciones que serían peligrosas de provocar. Por eso los métodos tradicionales tienden a subrepresentar la dinámica real del riesgo. La propuesta de simular estos contextos en VR busca justamente cubrir ese vacío: recrear el mismo cruce, con la misma geometría y flujo, pero en un entorno donde el investigador controla las variables y puede repetir el escenario cuantas veces sea necesario.

Figura 2 – Gráfico de muertes por accidentes de tránsito en la República Dominicana entre el año 2007 al 2023



Fuente: Oficina Nacional de Estadísticas

2.2 La realidad virtual como laboratorio interactivo en ingeniería de tránsito

La VR, entendida como un entorno digital inmersivo que responde a los movimientos y acciones del usuario, permite experimentar situaciones de tránsito de forma controlada y segura. Al integrar modelos urbanos reales con un motor de simulación y con dispositivos como Oculus o HTC Vive, el peatón o el evaluador "entra" al cruce, ve aproximarse a los vehículos, recibe señales semafóricas y decide cuándo cruzar. Cada una de esas decisiones queda registrada. Esto transforma la VR en un laboratorio: el investigador define el escenario, el usuario lo recorre, el sistema mide y luego se analizan las diferencias entre escenarios con y sin intervención (por ejemplo, semáforo peatonal, ampliación de acera, iluminación mejorada). Esta lógica experimental es la que sustenta la metodología que se presenta.

3. METODOLOGÍA PROPUESTA: INTEGRACIÓN VR Y SIMULACIÓN

La metodología se estructura en torno a tres componentes tecnológicos que trabajan de forma encadenada. Primero, se construye el entorno urbano de referencia con herramientas de modelado arquitectónico e infraestructural; luego, ese entorno se integra en una plataforma de simulación que le da comportamiento al tránsito; finalmente, se diseñan y ejecutan los escenarios de prueba con usuarios, capturando métricas cuantitativas y cualitativas. El énfasis está en que el recorrido que hará el usuario en VR sea una representación fiel del cruce o intersección que se quiere estudiar, para que los resultados sean transferibles a la realidad.

3.1 Componente 1: Modelado de entornos urbanos (Revit y SketchUp)

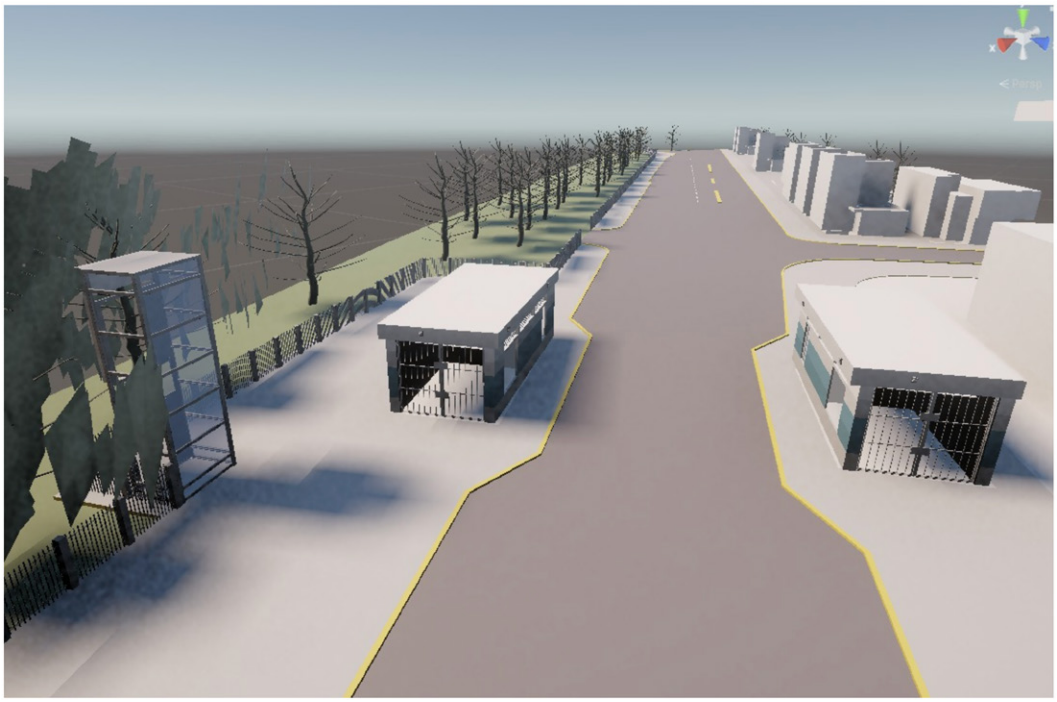
En esta fase se parte de la geometría real del espacio vial: ancho de calzadas, radios de giro, presencia de isletas, sección de aceras, mobiliario urbano, señalización horizontal y vertical. Revit resulta útil para definir con precisión las dimensiones viales y los elementos propios de la infraestructura de transporte, mientras que SketchUp aporta rapidez y realismo para completar el ambiente urbano con edificaciones, vegetación, vallas y detalles que ayudan a que el usuario reconozca el entorno. El resultado es un modelo tridimensional que refleja de forma aceptable las condiciones espaciales donde ocurre el cruce peatonal o el conflicto vial.

Figura 3 – Modelado del Entorno de la UASD utilizando Sketchup

3.2 Componente 2: Plataforma de simulación Unity

Una vez construido el modelo, este se lleva a Unity, que actúa como la interfaz central. En Unity se definen los agentes que participarán en la escena (peatones, vehículos, quizá ciclistas), sus trayectorias, velocidades, prioridades y condiciones de visibilidad. Aquí también se programan las situaciones críticas: un vehículo que llega más rápido de lo esperado, un peatón que se distrae, un semáforo que cambia. Unity permite además conectar el escenario con los dispositivos de realidad virtual, logrando que el usuario vea el entorno a escala y pueda interactuar con él. De esta forma, el modelo que era estático pasa a ser un entorno vial vivo, donde cada decisión genera un dato.

Figura 4 – Entorno llevado a Unity para virtualización



3.3 Componente 3: Diseño experimental y evaluación de escenarios

Con el entorno ya funcional, se arma el diseño experimental. Esto implica definir qué escenarios se van a probar (por ejemplo, cruce sin semáforo, cruce semaforizado, paso peatonal elevado, señalización luminosa), cuántos usuarios los recorrerán y qué datos se van a registrar. Las simulaciones se ejecutan manteniendo constantes algunas variables y modificando otras, para poder comparar resultados. Al final, cada ejecución produce un conjunto de métricas que luego se analizan en conjunto para determinar qué configuración ofrece más seguridad o mejor percepción para el peatón.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE MÉTRICAS

Hasta el momento, la aplicación de la metodología en el entorno virtual ha permitido comprobar que es viable recrear situaciones de cruce peatonal urbano y que el sistema puede registrar variables útiles para la seguridad vial. Lo que se tiene ahora son resultados de carácter exploratorio, propios de una fase de prueba del laboratorio VR: se están afinando las configuraciones de la escena, se está evaluando qué tan sensible es el sistema a cambios de flujo o de señalización y se está verificando la calidad de los datos que entregan los usuarios al recorrer el escenario. Por tanto, más que conclusiones definitivas, en esta etapa interesa mostrar qué tipo de métricas se pueden obtener y cómo éstas podrían alimentar, más adelante, un análisis comparativo entre diseños viales.

Figura 5 – Av. Dr. Bernardo Correa y Cidrón, entorno número 1 a ensayar

Figura 6 – Estación E01 – Central, entorno número 2 a ensayar

4.1 Análisis de métricas cuantitativas

En las primeras corridas se ha podido capturar tiempo de reacción del usuario frente al vehículo, distancia al momento de iniciar el cruce y duración total del cruce. Estos datos todavía están en proceso de depuración porque es necesario descartar registros atípicos (usuarios que no conocían el visor, demoras por aprendizaje, etc.), pero indican que la plataforma VR sí puede generar series numéricas que luego se comparen entre un escenario con control semafórico y otro sin control, o entre un cruce tradicional y uno con mejoras geométricas. La expectativa es que, cuando se amplíe el número de participantes, estas métricas permitan detectar patrones de riesgo más claros.

4.2 Evaluación de datos cualitativos

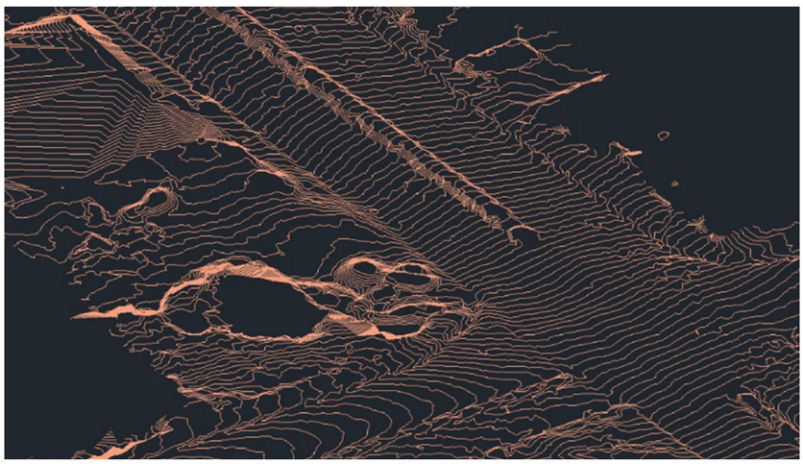
Paralelamente se están recogiendo impresiones de los usuarios sobre claridad de la escena, percepción de seguridad y comprensión de la señalización. Esta información

es, por ahora, descriptiva y sirve para ajustar el propio entorno virtual: si un participante no identifica bien el paso peatonal, hay que mejorar el modelado o la iluminación; si percibe demasiada velocidad en los vehículos, hay que recalibrar el escenario. Es decir, en esta fase la opinión del usuario está ayudando más a estabilizar el laboratorio VR que a sacar conclusiones sobre el diseño urbano, pero confirma que la herramienta permite capturar la dimensión subjetiva del cruce.

4.3 Validación y optimización del diseño de infraestructura vial

Con los datos preliminares que se han obtenido se ha podido ensayar la comparación entre dos o tres configuraciones básicas (por ejemplo, cruce sin semáforo vs. cruce semaforizado), pero todavía no se habla de validación definitiva porque falta repetir los escenarios con más usuarios y en más condiciones de tránsito. Lo que sí se puede afirmar en esta etapa es que la metodología hace posible probar variaciones de diseño sin necesidad de construirlas en la vía real, y que el paso a una fase de mayor muestra permitiría entonces recomendar una u otra solución con más respaldo.

Figura 7 – Generación de superficie de la vialidad existente



5. APORTES E IMPLICACIONES EN LA INGENIERÍA DE TRÁNSITO

Aunque el estudio está en desarrollo, ya se perfila un aporte claro: es factible montar un entorno VR que hable el lenguaje de la ingeniería de tránsito (con geometrías reales, flujos definidos y registro de variables) y usarlo como banco de pruebas antes de intervenir la ciudad. Esto abre la puerta a que las oficinas de planificación y las universidades dispongan de un espacio seguro donde ensayar medidas de seguridad peatonal, ajustar señalización o estudiar el comportamiento de usuarios vulnerables sin riesgos físicos ni costos altos de campo. A medida que se incorporen más escenarios y participantes, el mismo laboratorio podrá evolucionar hacia un repositorio de casos típicos de la ciudad.

5.1 Anticipación de riesgos y respaldo a políticas públicas

Lo que se está evidenciando en esta fase es que la simulación inmersiva puede generar insumos objetivos para conversar con las autoridades sobre seguridad vial.

Aun con muestras pequeñas, es posible mostrar que un cambio de señalización altera el comportamiento del peatón o que cierta geometría no se percibe como segura. Cuando el sistema esté más maduro y se cuente con más repeticiones, esos mismos insumos podrán convertirse en argumentos técnicos para priorizar intervenciones o para justificar normativas locales de cruces seguros.

5.2 Herramienta para educación vial y sensibilización ciudadana

Otra línea que se está probando es la de usar el mismo escenario VR como material pedagógico. Las primeras experiencias indican que los usuarios entienden rápido el riesgo cuando lo "viven" en inmersivo, de modo que el laboratorio podría tener una doble función: investigación y educación. Falta todavía diseñar módulos específicos y medir el efecto formativo, pero el potencial está identificado.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La fase actual permite concluir que la integración de modelado urbano, motor de simulación y realidad virtual es técnicamente viable y que puede producir datos útiles para el análisis de seguridad peatonal. También permite concluir que el ajuste fino del entorno —modelos, iluminación, velocidades, visibilidad— es clave para que los datos sean confiables, por lo que se recomienda dedicar una etapa específica a la calibración antes de pasar a muestras grandes. A corto plazo, la recomendación es continuar las pruebas con más participantes y con escenarios urbanos distintos, de manera que se pueda comparar entre tipologías de cruce y no solo dentro de un mismo punto. A mediano plazo, el laboratorio puede formalizarse como herramienta de apoyo a la toma de decisiones municipales y como espacio de formación en seguridad vial, siempre dejando claro que sus resultados deben complementarse con observación en campo y con las normas vigentes.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. (2018). *Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. AASHTO.

Caliendo, C., de Guglielmo, M. L., & Guida, M. (2019). A crash-prediction model for urban roundabouts. *Accident Analysis & Prevention*, 129, 83–93.

Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D(12), 1321–1329.

Taveras, Y., Martínez, J. D., & Gil Medina, J. R. (2026). Realidad virtual y simulación: una nueva metodología para el análisis de seguridad vial en entornos urbanos. Propuesta de ponencia presentada al CLATPU 2026. F1-7079869-CLAPTU_-_PROPUESTA_Y…

Unity Technologies. (2025). *Unity Manual: VR and AR development*. Unity Docs.

VIABILIDADE DE UM VEÍCULO LEVE SOBRE TRILHOS PARA A ZONA DA MATA DE PERNAMBUCO: MOBILIDADE E INTEGRAÇÃO REGIONAL

Fernanda Catarina Ribeiro da Luz
fernanda.rluz@ufpe.br

Pedro Henrique Rosa de Souza
pedro.rosa@ufpe.br

Leonardo Herszon Meira
leonardo.meira@ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

RESUMO

O estudo propõe a análise dos movimentos pendulares entre municípios da Região Metropolitana do Recife e da Zona da Mata de Pernambuco, onde uma ferrovia desativada conecta cidades importantes, como Recife, Camaragibe, Carpina e Nazaré da Mata. A região enfrenta desafios de mobilidade, devido à oferta limitada de transporte público, especialmente para estudantes e trabalhadores. A pesquisa sugere a implantação de um Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) como uma alternativa sustentável para melhorar o acesso a polos educacionais e comerciais, favorecendo a integração regional e o desenvolvimento socioeconômico. A metodologia envolveu o uso de dados do IBGE para mapear os fluxos de deslocamento pendular, utilizando o software QGIS para visualização espacial dos dados. A análise identificou áreas com maior demanda, destacando a necessidade de um transporte público mais eficiente.

Palavras-chaves: Integração Regional; Movimentos Pendulares; Transporte Sustentável; VLT.

1. INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana desempenha um papel basilar na estruturação das cidades, impulsionando o deslocamento de pessoas, mercadorias e informações. Esse dinamismo não apenas molda a organização dos espaços urbanos, como também influencia diretamente o padrão de crescimento das cidades, que depende da maneira como seus sistemas de transporte são concebidos e implementados.

No contexto latino-americano, observa-se uma crise de mobilidade urbana, marcada por baixos investimentos em transporte coletivo e sustentável, o que se reflete também na realidade brasileira (Rodrigues, 2016). Tal cenário agrava problemas de congestionamento, poluição e desigualdade no acesso à cidade.

O transporte ferroviário, por sua vez, apresenta-se como solução eficiente para um país de dimensões continentais como o Brasil, oferecendo vantagens em relação ao modo rodoviário, como menor custo operacional e menores índices de emissão de poluentes (Machado, 2023).

Iniciada no séc. XIX, a malha ferroviária brasileira atingiu seu auge na década de 1960 do séc. XX, possuindo 38 mil quilômetros de extensão. A partir daí, o setor vem passando por sucessivas retrações. De acordo com o Ministério dos Transportes (2024), atualmente existem 29 mil km, o que corresponde a aproximadamente 12% da cobertura de trilhos dos Estados Unidos, país conhecido pelo rodoviarismo nos transportes (Santos *et al.*, 2018). Saliente-se que 11 mil km das vias férreas brasileiras não estão operantes.

Esse cenário abre uma oportunidade estratégica para a requalificação da infraestrutura ferroviária existente, especialmente por meio do Veículo Leve sobre Trilhos (VLT). Trata-se de uma alternativa capaz de reutilizar trechos de trilhos desativados, reduzindo custos de implantação e ampliando o acesso ao transporte público intermunicipal, além de promover maior integração regional.

Diante do exposto, este trabalho é conduzido pela seguinte pergunta: em que medida há viabilidade para a implantação de um VLT na Zona da Mata de Pernambuco como solução para os desafios de mobilidade e integração regional?

O objetivo consiste em avaliar a viabilidade da implementação do VLT como ferramenta para ampliação do acesso ao transporte público intermunicipal na região, promovendo a conexão entre polos educacionais, culturais e comerciais, fortalecendo a integração regional e contribuindo para o desenvolvimento socioeconômico, além de reduzir as ineficiências do transporte público na Zona da Mata de Pernambuco. Ademais, sob a perspectiva ambiental, o VLT se destaca como alternativa sustentável, apresentando menor emissão de poluentes em comparação ao transporte rodoviário convencional.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A literatura sobre mobilidade urbana destaca a necessidade de repensar os sistemas de transporte de forma integrada e sustentável. Alvim *et al.* (2024) afirmam que os parcos investimentos em transporte sustentável - onde estão inclusos os modos coletivos - contribuem para a crise de mobilidade enfrentada em toda a América Latina e, portanto, refletida no Brasil. As autoras também defendem que o acesso democrático e sustentável à mobilidade é um direito básico, especialmente relevante em regiões onde a fragmentação urbana e a dependência de veículos individuais causam problemas como congestionamento e poluição.

Straatemeier e Bertolini (2019) elucidam a importância do planejamento de transportes focado na acessibilidade às oportunidades de trabalho, estudo, serviços e lazer garantindo eficiência e sustentabilidade nos trajetos e, com isso, desfavorecendo o uso do automóvel. Para tal finalidade, os autores indicam a necessidade de priorização dos modos coletivos, articulados com os ativos, nas intervenções urbanas.

A discussão sobre mobilidade ganha destaque quando se consideram os Polos Geradores de Viagens (PGV). Empreendimentos que concentram bens e serviços, atraem um volume expressivo de deslocamentos diários, gerando elevada demanda por viagens nas áreas em que se inserem (Alves, 2015). Instituições de ensino se enquadram nesse perfil, uma vez que concentram fluxos significativos de estudantes, professores e trabalhadores.

Os PGVs podem provocar impactos positivos e desejáveis à sua região de influência, pois abrem a oportunidade de se induzir demanda de viagens sob as égides da sustentabilidade e equidade de acesso. Para tal, é necessário que se incluam os diversos modos de transporte ao planejar esses empreendimentos, envolvendo a circulação não motorizada e por transporte coletivo. Assim, pode-se valorizar a estrutura urbana, em consonância com o desenvolvimento socioeconômico regional atrelado à equidade socioeconômica e à mitigação dos danos ambientais (Alves, 2015).

Essa perspectiva se amplia quando se observa a relação entre transporte e acesso à educação. A Constituição Federal de 1988 reconhece a educação como direito social fundamental, e a Emenda Constitucional nº 90 estende essa garantia ao transporte, equiparando-o a outros direitos essenciais, como saúde e trabalho (BRASIL, 1988). Molinari e Bernardinis (2024) ressaltam que a ampliação do acesso à educação está diretamente associada à geração de oportunidades e à redução das desigualdades socioeconômicas. Nesse sentido, redes de transporte público eficientes e acessíveis são instrumentos de inclusão, favorecendo a prosperidade social e o desenvolvimento territorial.

Por fim, os autores Santos *et al.* (2023) afirmam que o veículo leve sobre trilhos abre oportunidade para ampliar o desenvolvimento regional, por ser uma alternativa para a reutilização da malha ferroviária existente, o que barateia o custo de implantação, ampliando o acesso ao transporte público de passageiros em áreas pouco atendidas pelo serviço e, com isso, transformando o uso do solo de sua área de influência.

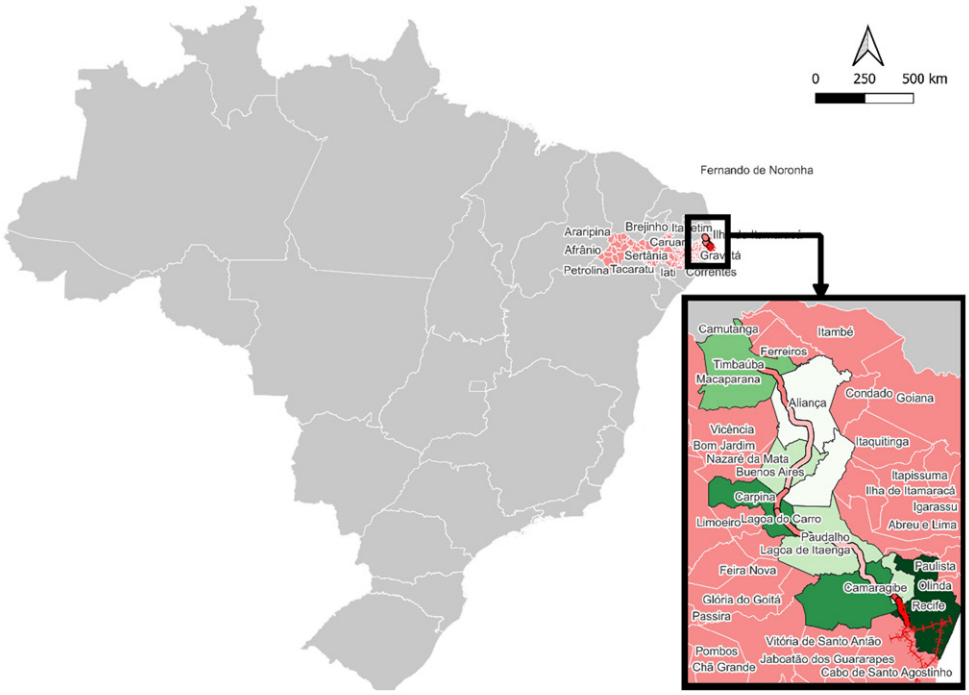
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Zona da Mata de Pernambuco apresenta desafios de mobilidade devido à insuficiência de linhas de ônibus intermunicipais capazes de atender adequadamente à demanda da população. Tradicionalmente voltada à produção de cana-de-açúcar, a região mantém expressiva atividade agropecuária em todos os seus municípios. Contudo, o setor de serviços é o principal responsável pela geração de riqueza local, respondendo por 67,5% do PIB regional, com destaque para o comércio de alimentos, bebidas, materiais de construção e combustíveis (Agência CONDEPE/FIDEM, 2015).

Algumas cidades merecem comentários especiais neste trabalho. Carpina é um importante concentrador de fluxos da região devido a seu centro comercial e aos festejos juninos. Tracunhaém é polo de artesãos e produtora de tradicionais artefatos de cerâmica. Nazaré da Mata é sede de um importante campus da Universidade de Pernambuco que possui 83 professores e 1.953 estudantes (UPE, 2024). Considerando-se recomendações do DENATRAN (2001), este estabelecimento pode ser enquadrado como PGV, pois excede 500 o número de estudantes e professores. A limitada oferta de transporte público nestes municípios prejudica a circulação de estudantes, trabalhadores, consumidores e visitantes.

Enquanto isso existe uma via férrea que liga as cidades metropolitanas de Camaragibe e São Lourenço da Mata a Timbaúba, percorrendo Paudalho, Carpina, Tracunhaém, Nazaré da Mata e Aliança, conforme apresentado na Figura 1. Embora esteja cadastrada como "em operação" pela ANTT (2024), a ferrovia não está em funcionamento, e com isso deixa de atender de forma eficiente às necessidades de deslocamento dos municípios da Zona da Mata.

Figura 1: Localização dos municípios analisados



Esse cenário abre a oportunidade para instalar um sistema de ligação entre a Região Metropolitana do Recife e a Zona da Mata, por meio da ampliação na efetividade do transporte público, o que provocaria o estímulo ao desenvolvimento regional e mitigação dos problemas existentes de mobilidade e acessibilidade. A Tabela 1 elenca abaixo informações demográficas gerais das cidades mencionadas.

Tabela 1: Demografia geral das cidades servidas por linha férrea desativada

Municípios	População	Densidade Demográfica (hab./km2)	Área (km2)	Área urbanizada (km2)	Área urbanizada (%)	Rendimento médio mensal (salários mínimos)
Camaragibe	147.771	2.879,35	51,32	26,32	51,29	1,8
São Lourenço da Mata	111.249	421,90	263,69	19,41	7,36	1,9
Paudalho	56.665	210,14	269,65	16,57	6,14	1,5
Carpina	79.293	539,35	147,02	14,15	9,62	1,6
Tracunhaém	13.867	100,98	137,32	1,87	1,36	1,6
Nazaré da Mata	30.648	234,72	130,57	4,39	3,36	1,6
Aliança	35.741	131,03	272,77	4,97	1,82	1,4
Timbaúba	46.147	160,41	287,68	6,45	2,24	1,5

Fonte: IBGE (2022).

4. METODOLOGIA

Para a análise da demanda com vistas à viabilização do sistema de Veículo Leve sobre Trilhos (VLT) na Zona da Mata de Pernambuco, utilizou-se a pesquisa intitulada: Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas do Brasil, realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Essa pesquisa oferece informação sobre os movimentos pendulares, que se trata do quantitativo de deslocamentos diários entre municípios, evidenciando o fluxo de pessoas que se deslocam para trabalhar ou estudar em localidades diferentes de suas residências (IBGE, 2016).

A metodologia da pesquisa consistiu na análise dos fluxos de demanda entre os municípios cortados pela infraestrutura ferroviária da região. Entre os municípios analisados estão Recife, Camaragibe, São Lourenço da Mata, Paudalho, Carpina, Tracunhaém, Nazaré da Mata, Aliança e Timbaúba.

Para avaliar os padrões de deslocamento, foi utilizada uma matriz de fluxos, que permitiu mapear o volume de pessoas que se movimentam entre essas cidades, tanto em deslocamentos entre municípios vizinhos quanto em movimentos acumulados ao longo da malha ferroviária. A análise da matriz de fluxo, baseada nos dados quantitativos da pesquisa do IBGE, ofereceu uma melhor percepção sobre os principais eixos de deslocamento e o potencial de demanda para um sistema de transporte mais eficiente, como o VLT.

Para uma melhor compreensão da distribuição espacial da demanda, utilizou-se o *software* QGIS, ferramenta gratuita e de código aberto que oferece suporte a pesquisas, alterações e investigações de informações geoespaciais (Khan e Mohiuddin, 2018). Nesse ambiente, os dados de movimentação foram mapeados e representados graficamente, permitindo uma análise espacial dos fluxos de deslocamento entre os municípios. A intensidade da coloração vermelha foi empregada para sinalizar as áreas com maior demanda, sendo que os tons mais escuros indicaram um maior volume de deslocamentos pendulares, enquanto os tons mais claros representam áreas com menor fluxo.

Com a análise geoespacial, foi possível mapear as áreas com maior necessidade de transporte público e compreender como a implementação do VLT poderia melhorar a integração regional e atender às necessidades de mobilidade da população. Ademais, as estações inseridas nos mapas produzidos foram locadas em antigas estações já existentes e sua dimensão representa o fluxo acumulado naquele município, sendo os círculos maiores a localidades com maiores demandas. Os fluxos acumulados, representados por círculos, foram divididos em quatro intervalos – menores fluxos, moderados, grandes e maiores fluxos – a fim de facilitar a visualização e a interpretação dos dados.

Por fim, foi realizada análise dos municípios ao longo do trajeto da ferrovia, utilizando os dados da pesquisa REGIC (Regiões de Influência das Cidades) do IBGE, para entendimento das dinâmicas territoriais e da influência urbana na região (IBGE, 2018). A aplicação do REGIC permitiu identificar as cidades-polo e suas respectivas áreas de influência, revelando a interdependência entre os municípios e a hierarquia funcional que rege os fluxos econômicos e de mobilidade na Zona da Mata de Pernambuco. Assim como os fluxos acumulados, os fluxos entre municípios foram igualmente divididos em quatro intervalos, de modo a aprimorar a interpretação dos dados e facilitar a identificação das áreas mais críticas.

Os índices de atratividade fornecidos pelo REGIC foram inseridos no mapa confeccionado no *software* Qgis e distribuídos na escala de cor verde, sendo os municípios com escala de cor mais escura os com maiores índices de atratividade.

5. RESULTADOS

Com base nas análises realizadas, constatou-se a existência de um fluxo de deslocamento para trabalho e estudo entre os municípios avaliados. A Tabela 2 apresenta a matriz de fluxo realizada.

Tabela 2: Matriz de fluxo de passageiros

Recife	30.521	13.853	2.853	2.716	725	1.552	850	653
30.521	Camaragibe	3.859	524	158	20	148	37	50
13.853	3.859	São Lourenço da Mata	410	322	17	156	0	31
2.853	524	410	Paudalho	1.578	102	281	47	44
2.716	158	322	1.578	Carpina	645	1.106	131	190
725	20	17	102	645	Tracunhaém	449	6	24
1.552	148	156	281	1.106	449	Nazaré da Mata	339	218
850	37	0	47	131	6	339	Aliança	980
653	50	31	44	190	24	218	980	Timbaúba

Fonte: adaptado IBGE (2016).

Inicialmente, foi realizada a análise da ligação entre municípios, que foi separada em quatro intervalos: menores fluxos (300 a 600 passageiros), fluxos moderados (601 a 1.600 passageiros), grandes fluxos (1.601 a 5.000 passageiros) e maiores fluxos (5.001 a 30.600 passageiros). A Tabela 3 apresenta a distribuição dos fluxos entre os municípios.

Tabela 3: Fluxo de Passageiros Entre Municípios

Intervalo de Fluxo	Municípios Envolvidos	Número de Passageiros
Menores fluxos	Nazaré da Mata – Aliança	339
	São Lourenço da Mata – Paudalho	410
	Tracunhaém – Nazaré da Mata	449
	Carpina – Tracunhaém	645
Fluxos moderados	Paudalho – Carpina	1.578
Grandes fluxos	Camaragibe – São Lourenço da Mata	3.859
Maiores fluxos	Recife – Camaragibe	30.521

Posteriormente, foi realizada a análise do fluxo acumulado, onde foi inserido valores de fluxos para cada município. O fluxo acumulado também foi separado em quatro intervalos, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Fluxo Acumulado por Município

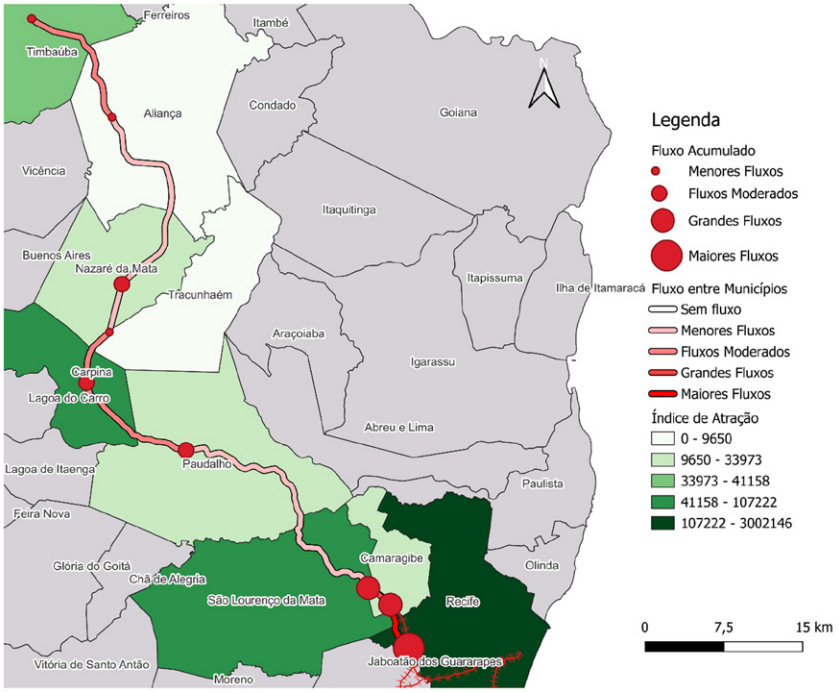
Intervalo de Fluxo	Municípios	Faixa de Passageiros
Intervalo 1 (menores)	Tracunhaém, Aliança, Timbaúba	1.988 a 2.390
Intervalo 2 (moderados)	Nazaré da Mata, Paudalho, Carpina	4.249 a 6.846
Intervalo 3 (grandes)	São Lourenço da Mata, Camaragibe	18.648 a 35.317
Intervalo 4 (maiores)	Recife	35.318 a 53.723

Por fim, para melhor entendimento regional, foi inserida na análise os índices de atração dos municípios estudados. Esse índice corresponde a capacidade de uma cidade atrair fluxos de pessoas, bens, serviços e capital de outras localidades. Fazendo com que cidades com alto índice de atração tendam a ser polos regionais ou nacionais, oferecendo infraestrutura, serviços especializados (como saúde, educação, comércio), oportunidades de emprego e investimentos (IBGE, 2018).

A Figura 1 reúne todas as análises realizadas, onde o tamanho dos círculos representa o quantitativo de fluxo acumulado nos municípios. O fluxo entre os municípios é ilustrado por linhas em tons de vermelho, com maior intensidade de cor indicando um maior número de passageiros. Já o índice de atração dos municípios é representado por uma escala de verde, sendo que os mais atrativos apresentam tonalidades mais escuras.

Ao interpretar a Figura 2, observa-se que as maiores demandas estão concentradas na Região Metropolitana do Recife. No entanto, municípios da Zona da Mata, como Paudalho, Carpina e Nazaré da Mata, apresentam fluxos moderados tanto entre municípios vizinhos quanto no volume acumulado de deslocamentos.

Figura 2: Análise regional para viabilização do VLT



Fonte: os autores (2025).

Em relação ao índice de atração, é possível identificar níveis elevados em municípios fora da Região Metropolitana, com destaque para Timbaúba, que se destaca na atratividade de serviços de transporte público coletivo, serviços de saúde de baixa e média complexidade, além de comércio de móveis e eletroeletrônicos. O elevado índice de atração para o transporte público em Timbaúba é justificado pela quantidade de linhas oferecidas pela empresa de ônibus Expresso 1002, sendo que 23% das linhas atendem ao município.

Carpina também se destaca, atraindo pela oferta de serviços de compra de móveis e eletroeletrônicos, ensino superior, além de itens de calçados e vestuário. O nível de atratividade para o comércio se explica pela maior oferta desses produtos, em comparação com municípios vizinhos.

6. CONCLUSÃO

A implementação de um Veículo Leve sobre Trilhos na Zona da Mata de Pernambuco revela-se uma solução viável e estratégica, considerando a demanda comprovada por deslocamentos intermunicipais, a infraestrutura ferroviária existente e o potencial de integração regional com a Região Metropolitana do Recife.

A análise geoespacial dos fluxos intermunicipais, baseado na pesquisa de Movimentos Pendulares do IBGE, indicam fluxos de deslocamento diário entre municípios da região metropolitana do Recife e cidades da Zona da Mata Norte. Os fluxos de passageiros entre municípios evidenciam conexão entre municípios da Região Metropolitana do Recife (com alta demanda) que se estende em direção à Zona da Mata, que, embora apresentem fluxos moderados, compõem uma continuidade territorial e funcional para o sistema metropolitano.

O fluxo acumulado por município reforça essa tendência, uma vez que cidades como São Lourenço e Camaragibe se destacam como polos intermediários com elevados volumes de deslocamentos, servindo de elo entre o centro metropolitano e os municípios de médio porte da Zona da Mata, como Carpina, Paudalho e Nazaré da Mata, que concentram fluxos moderados.

Esses dados indicam um gradiente contínuo de mobilidade que parte do núcleo metropolitano em direção à Zona da Mata, sugerindo que a implantação de um corredor de transporte estruturado, como o VLT, teria demanda suficiente para operar de forma eficiente e sustentável. O modal seria capaz de integrar áreas urbanas densamente povoadas e economicamente ativas, reduzindo o tempo de deslocamento e o uso de transporte individual, além de estimular a integração regional e o desenvolvimento econômico local.

Além de fortalecer a integração entre os municípios da Zona da Mata pernambucana, a implantação de uma linha de VLT facilitaria o deslocamento dos habitantes dos centros locais e das capitais regionais em direção ao Recife, metrópole estadual. Essa conexão é importante para o acesso da população a serviços especializados, como os de saúde de alta complexidade e atividades econômicas e administrativas que estão concentradas na capital.

A análise mostrou que há uma demanda latente por um sistema de transporte mais eficiente, especialmente nas cidades cortadas pela ferrovia desativada, como Carpina, Nazaré da Mata e Timbaúba. A utilização de uma infraestrutura ferroviária existente reduz consideravelmente os custos de implementação do sistema de VLT, ao mesmo tempo que contribui para a revitalização da malha ferroviária ociosa. Além disso, o VLT oferece uma opção de transporte sustentável, menos poluente e mais eficiente em

termos energéticos (Fu, Li-Ping e Yun-Hua, 2002), sendo uma alternativa ao transporte rodoviário que predomina na região.

O estudo demonstrou que a região enfrenta desafios em termos de transporte público, com limitações nas linhas intermunicipais e uma crescente necessidade de alternativas sustentáveis que atendam aos deslocamentos diários de trabalhadores, estudantes e consumidores. Apenas uma empresa opera esse serviço na região, a Expresso 1002, sob o regime de permissão (EPTI, 2024).

Do ponto de vista socioeconômico, a introdução do VLT potencializa o desenvolvimento regional, ampliando o acesso a oportunidades educacionais, culturais e comerciais, sobretudo em polos geradores de viagens como o campus da Universidade de Pernambuco em Nazaré da Mata. Esse fortalecimento da mobilidade melhora a qualidade de vida dos habitantes locais e promove a integração entre os municípios, facilitando o fluxo de pessoas e bens, contribuindo para a redução das desigualdades regionais.

Para trabalhos futuros, recomenda-se o uso de outras bases de dados para certificação do que foi constatado. Como recomendação sugere-se o uso da Pesquisa Origem-Destino da cidade do Recife e Região Metropolitana realizada pela Autarquia de Trânsito e Transporte (CTTU). Outra sugestão é o uso dos dados de Movimentos Pendulares do Censo do IBGE 2022 ainda não divulgados.

O VLT apresenta-se como um projeto com potencial de impacto positivo, capaz de reverter a precariedade do transporte público na Zona da Mata e estimular o crescimento sustentável da região. O sucesso dessa iniciativa, no entanto, depende de um planejamento integrado e do comprometimento das esferas governamentais e da sociedade civil, visando garantir sua viabilidade técnica, financeira e operacional a longo prazo.

Por fim, o uso de pesquisas como o de Movimentos Pendulares, em associação com REGIC, podem servir como indicador na análise dos fluxos de passageiros entre municípios. Esses dados são especialmente relevantes para municípios de pequeno porte, que geralmente não dispõem de recursos orçamentários suficientes para realizar pesquisas de Origem e Destino.

7. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA CONDEPE/FIDEM (2015). Região de Desenvolvimento Zona da Mata Norte: Principais atividades geradoras de PIB na região. Disponível em: http://www.condepefidem.pe.gov.br/c/document_library/get_file?p_l_id=18782156&folderId=26149775&name=DLFE-121825.pdf. Acesso em: 07 dez. 2024.

ALVES, Priscilla. Mobilidade Urbana Sustentável e Polos Geradores de Viagens: análise da mobilidade não motorizada e do transporte público. 2015. 328 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

ALVIM, Angélica Tanus Benatti; IZAGA, Fabiana Generoso de; CLAPS, Rosanna Forray. Mobilidade urbana em perspectiva: novos olhares sobre as dinâmicas da cidade contemporânea. Cadernos Metrópole,

[S.L.], v. 26, n. 60, p. 413-421, maio 2024. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/2236-9996.2024-6000.

ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres. Malha Ferroviária Federal. Mapa eletrônico. Escala variável. Disponível em: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/ferrovias/declaracao-de-rede/declaracao-de-rede-2024/malha-ferroviaria-federal-shp.zip>. Brasília: 2024

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: 1988.

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito. Manual de Procedimentos para o tratamento de Pólos Geradores de Tráfego. Brasília: 2001.

EPTI - Empresa Pernambucana de Transporte Coletivo Intermunicipal (2024). Permissionárias. Disponível em: https://www.epti.pe.gov.br/permissionarias/ Acesso em: 16 dez 2024.

FU, L. I.; LI-PING, Zhang; YUN-HUA, Huang. The development and prospect of application of light rail vehicles. Journal of Southwest Jiaotong University, v. 15, n. 2, p. 111-116, 2002.

IBGE (2016). Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas no Brasil. 2º ed. Rio de Janeiro: DGC, 2016.

IBGE (2018). Regiões de influência das cidades. IBGE, Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IBGE (2024). IBGE Cidades. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/panorama. Acesso em: 12 dez. 2024.

KHAN, Shafat; MOHIUDDIN, Khalid. Evaluating the parameters of ArcGIS and QGIS for GIS Applications. Int. J. Adv. Res. Sci. Eng, v. 7, p. 582-594, 2018.

MACHADO, Mayogan Freitas. Importância do Sistema Ferroviário para o desenvolvimento do Brasil. Revista Científica Semana Acadêmica, [S.L.], v. 11, n. 232, p. 1-16, 11 abr. 2023. Revista Cientifica Semana Academica. http://dx.doi.org/10.35265/2236-6717-232-12486.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (2024). Ampliação do Transporte Ferroviário é tema de debate no Senado. 2024. Disponível em: https://www12.senado.leg.br/radio/1/noticia/2024/10/10/ampliacao-do-transporte-ferroviario-e-tema-de-debate-no-senado. Acesso em: 07 dez. 2024.

MOLINARI, Alana Tamara Gonçalves; BERNARDINIS, Márcia de Andrade Pereira. O acesso à educação promovendo uma mobilidade sustentável nas cidades. Revista Brasileira de Educação, [S.L.], v. 29, 2024. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1413-24782024290061.

RODRIGUES, Juciano Martins. Mobilidade urbana no Brasil: crise e desafios para as políticas públicas. Revista do Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais, v. 34, n. 3, p. 80-93, 2016.

SANTOS, Debora Brito dos; LIMA, Rosana da Costa; BASSI, Renata Elaine; RODRIGUES, Enio Fernandes; MAIELLARO, Valéria Rufino. A Infraestrutura no Transporte Ferroviário no Brasil. South American Development Society Journal, [S.L.], v. 4, n. 10, p. 38, 13 mar. 2018. South American Development Society Journal. http://dx.doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v4i10p38-51.

SANTOS, Jefferson Vasconcelos; SILVEIRA JÚNIOR, Aldery; RODRIGUES, Sandro Gomes. VLT como elemento inovador do transporte público brasileiro. Revista de Gestão e Secretariado, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 662-680, 18 jan. 2023. South Florida Publishing LLC. http://dx.doi.org/10.7769/gesec.v14i1.1541.

STRAATEMEIER, Thomas; BERTOLINI, Luca. How can planning for accessibility lead to more integrated transport and land-use strategies? Two examples from the Netherlands. European Planning Studies, [S.L.], v. 28, n. 9, p. 1713-1734, 10 maio 2019. http://dx.doi.org/10.1080/09654313.2019.1612326.

UPE (2024). Campus Mata Norte tem história em formação de professores e pesquisadores. 2024. Disponível em: https://www.upe.br/noticias/campus-mata-norte-tem-hist%C3%B3ria-em-forma%C3%A7%C3%A3o-de-professores-e-pesquisadores.html. Acesso em: 12 dez. 2024.

ALATPU

Tecnológico de Monterrey

Ponencias

Desarrollo urbano, transporte y movilidad. Vínculos entre transporte y espacio público. Mercado energético.

ANALISIS DE LOS PATRONES DE CONECTIVIDAD PEATONAL EN EL ENTORNO DE ESTACIONES METRO: CARACAS, VENEZUELA Y LANZHOU, CHINA COMO CASOS DE ESTUDIO

Franklin Liendro
Beijing Jiaotong University (北京交通大学) Beijing, China, 23119020@bjtu.edu.cn
23119020@bjtu.edu.cn

RESUMEN

Esta investigación explora los patrones de Desarrollo Orientado al Transporte (DOT) mediante el análisis de conectividad peatonal en entornos de estaciones de metro en Caracas, Venezuela y Lanzhou, China. Utilizando datos abiertos de "OpenStreetMap", el estudio aplica el modelo nodo-lugar para identificar cómo la distribución de Puntos de Interés (POIs) influye en la "conectividad peatonal" alrededor de estaciones de metro. Los resultados revelan patrones de concentración y discontinuidad urbana, destacando sectores con alta conectividad peatonal y puntos críticos que requieren intervención. La metodología ofrece una herramienta accesible para diagnosticar entornos TOD y priorizar intervenciones en la red peatonal, con implicaciones directas para políticas públicas orientadas a mejorar la integración transporte-espacio público.

1. INTRODUCCIÓN

Los servicios metro, definidos como la infraestructura de transporte de mayor capacidad en las ciudades, por su velocidad, frecuencia y derecho de vía (Lin et al., 2022), juegan un papel fundamental en el ordenamiento urbano, facilitando la interconexión entre sectores. En la actualidad más de 202 ciudades cuentan con este tipo de servicios, destacando China, como el país con mayor cantidad en operación.

Metro conforma, junto a otros componentes urbanos, un conjunto indispensable para la vida de la ciudad, siendo concebida la interacción armónica entre estos elementos, como el Desarrollo Orientado al Transporte (DOT), donde la facilidad para el desplazamiento peatonal debe ser una línea de acción prioritaria, ya que es el paso inicial de todo viaje realizado entre un origen y un destino.

Pensadores de la ciudad como Jane Jacob y Jan Gehl refieren la problemática de un modelo centrado en el vehículo particular y la necesidad de uno orientado a personas, en el que le espacio público cobre un rol más protagónico. En este sentido, las investigaciones orientadas a comprender la aplicación del DOT en las ciudades, consideran el modelo nodo-lugar (node-place model) como una herramienta importante al momento de caracterizar que está ocurriendo en las ciudades. Este modelo fue propuesto por Luca Bertolini (1996) y busca identificar cómo interactúan los servicios de transporte y el uso del suelo en su entorno, considerando indicadores, que permiten agrupar, para identificar altos, medios y bajos niveles de DOT.

Basado en el modelo nodo-lugar autores como Liu et al (2016) y Kang (2025) introducen otras dimensiones y proponen un esquema mejorado donde se evalúan, más allá de los atributos inherentes a las características de las estaciones metro y su interacción con las edificaciones localizadas en el entorno, aspectos como demanda; amenidades urbanas, expresadas a través de Puntos de Interés (POIs); frecuencia en los servicios de transporte; proximidad de estaciones; entre otros.

China, Estados Unidos y Europa concentran los mayores avances en investigaciones sobre este tópico, por lo que nos preguntamos ¿Cómo varían los patrones de conectividad peatonal en entornos de estaciones de metro en ciudades de América Latina y Asia, y qué factores del entorno construido explican estas diferencias? Esto es de especial interés en América Latina, en atención a la primacía de intervenciones orientadas al vehículo particular; menor infraestructura metro, comparada con China; dificultades para el acceso a datos; entre otros aspectos.

Esta investigación utiliza datos abiertos, disponibles en *OpenStreetMap* (OSM), para identificar los patrones DOT asociados a la conectividad peatonal en el área de influencia de servicios metro en las ciudades de Caracas, Venezuela y Lanzhou, China, siendo Latinoamérica la región en desarrollo con la mayor tasa de urbanización y China el país con la mayor inversión en servicios metro. Para ello, los objetivos programáticos son identificar los atributos de los POIs asociados al DOT; comparar los patrones de concentración y dispersión en entornos de estaciones metro en Caracas y Lanzhou; y clasificar las estaciones en clústeres, según su potencial de conectividad peatonal.

Se espera que el presente aporte se convierta en una herramienta de utilidad para el análisis urbano, en cuanto a la identificación de políticas públicas para la optimización del entorno construido, a través de la aplicación de un DOT basado en la conectividad peatonal.

El documento contiene una sección de revisión de literatura, que presenta las principales características del modelo nodo-lugar; metodología, que muestra los casos de estudio y el esquema para la recopilación y análisis de datos; resultados, que identifican los patrones detectados y los compara con las referencias de la literatura; discusión, orientada a interpretar las implicaciones de dichos patrones en materia de desarrollo de políticas públicas; y conclusiones, dirigidas a destacar los principales hallazgos y áreas de oportunidad para futuras investigaciones en la materia.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Desarrollo Orientado al Transporte (DOT)

En cuanto a las formas de implementación del DOT, el Instituto para el Desarrollo de Políticas en Transporte (ITDP por sus siglas en inglés) plantea una agrupación en ocho grandes acciones: compactar, densificar, transportar, conectar, mezclar, pedalear, cambiar y caminar. Las puntuaciones más altas son para "transportar", establecido como el requisito indispensable del DOT; "caminar", integrado a transportar; y "cambiar", del modelo centrado al vehículo a uno centrado en las personas.

El ITDP (2017) destaca que calles activas, llenas de vida, en donde la gente se sienta segura, es indispensable para la ciudad del siglo XXI. Ahora, ¿qué cualidades deben tener esas calles según dicha guía? Se evalúan manzanas con aceras seguras y accesibles para sillas de ruedas; intersecciones con cruces peatonales seguros y accesibles en todas las direcciones; aceras con conexión visual hacia la actividad interior de los edificios; tiendas y entradas peatonales; y segmentos de acera que incorporan elementos adecuados para sombra y refugio.

Aquí se destaca cómo, además de las características de diseño de la conexión peatonal, también es importante la manera en la que se genera la interacción con usos del suelo o con actividades alrededor de los senderos peatonales.

2.2 Conectividad peatonal en el área de influencia de metro

Las características de la trama urbana afectan la manera en la que el entorno construido interactúa, incrementando o disminuyendo la conectividad peatonal hacia y desde estaciones metro.

Bandall y Baetz (2001) plantean la medición de la conectividad peatonal a través de la "distancia", que considera la relación entre el área bruta y área neta con accesibilidad a metro; y la "direccionalidad", que mide la relación entre la distancia caminada y la distancia directa (distancia euclidiana) entre dos puntos. Frente a esto, investigadores como Alawadi (2021) expanden la conectividad peatonal, al reforzar cómo los senderos

peatonales incrementan la capacidad de conectividad generadas por las aceras ubicadas en calles convencionales.

2.3 Modelos para medir la interacción DOT

El modelo propuesto por Kang (2025) para medir la interacción DOT se centra en integrar tres elementos: la estructura de datos, que corresponde a la información recopilada para el análisis; su operacionalización, que mide la correlación entre ellos, con base en los indicadores que se generan; la normalización, en caso de datos muy diversos en términos de magnitud; y por último, la creación de clústeres o agrupación entre variables, según los comportamientos particulares detectados.

La revisión de la manera en la que se aplican los modelos para el análisis de entorno construido, resulta de especial aporte para comprender cómo se deben analizar los datos que se obtengan para el presente estudio.

3. METODOLOGIA

3.1 Caso de estudio

Como se refiere en la Tabla 1, para la realización del análisis comparativo se toma en consideración el caso de dos ciudades de países en desarrollo, que mantienen similitudes en población, longitud del servicio metro y condiciones topográficas, así como diferencias en extensión territorial, densidad y en políticas públicas vinculadas a planificación urbana y de transporte.

Tabla 1: Datos generales de Caracas, Venezuela y Lanzhou, China

N°	Ciudad	Población (habitantes)	Área km²	Densidad hab/km²
1	Caracas, Venezuela	3.611.087	261	13.855
2	Lanzhou, China	3.693.100	1.632	2.263

Fuente: propia (2025), con base en CAF (2015) y EPS China Data. (2015).

Caracas (Distrito Capital), es la capital de Venezuela, está a 17 kilómetros del mar Caribe, rodeada por montañas. Se extiende por 18 kilómetros este-oeste, con secciones planas de 2-3 kilómetros norte-sur (Marcano. 2018). El metro de Caracas (1983) posee 3 líneas, 56 kilómetros y 48 estaciones. Para esta investigación se seleccionó su línea 1, que atraviesa la ciudad en sentido este-oeste y consta de 23 kilómetros y 22 estaciones.

Lanzhou (Provincia de Gansu), es una ciudad china situada en la sección alta del río Amarillo. También se encuentra rodeada por montañas, su extensión este-oeste es de 35 kilómetros, con secciones planas de 2-8 kilómetros norte-sur (Fan et al., 2017). Su servicio metro (2019) consta de 2 líneas, 35 kilómetros y 29 estaciones. Su línea 1, la seleccionada para la presente investigación, cuenta con 26 kilómetros y 20 estaciones.

3.2 Método de análisis

3.2.1 Recolección de datos

Los datos seleccionados para la evaluación de la interacción nodo-lugar se constituyen por la localización geográfica de las estaciones de los servicios metro, así como de las amenidades urbanas localizadas en la ciudad. Estos son identificados como POIs y extraídos de una estructura de datos abierta de OpenStreetMap (OSM) (Geofabric, 2024), organizada en 8 categorías, como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2: Agrupación de las amenidades urbanas

N°	Categoría	Contribución media
1	Servicios e instituciones	Estaciones de policía estaciones de bomberos, organismos del estado, oficinas de correo, bibliotecas, embajadas, entre otros.
2	Tiendas	Locales comerciales, supermercados, ferreterías, perfumerías, panaderías, entre otros.
3	Centros de salud	Farmacias, hospitales y clínicas, entre otros.
4	Centros educativos	Institutos universitarios, escuelas, universidades, entre otros.
5	Centros culturales	Teatros, clubes nocturnos, cines, iglesias, entre otros.
6	Comida	Restaurantes, restaurantes de comida rápida, entre otros.
7	Puntos bancarios	Bancos y cajeros, entre otros.
8	Turismo	Hoteles, atracciones turísticas, museos y monumentos, entre otros.

Fuente: propia (2025).

3.2.2 Integración de datos

Los datos extraídos corresponden a un área de influencia de 800 metros de radio desde la estación. Aunque dicha área es ampliamente discutida, 800 metros es de mayor utilidad para medir la accesibilidad a servicios metro (Guerra et al., 2012).

Los POIs localizados en el área de influencia de cada estación son asociados a la misma, con base en su distancia euclidiana, como se refiere en la Tabla 3.

Tabla 3: POIs seleccionados para el estudio

N°	Ciudad	Total POIs	POIs seleccionados (800-metros)
1	Caracas, Venezuela	4.218	2.291 (54,3%)
2	Lanzhou, China	2.572	1.137 (44,2%)

Fuente: propia (2025).

3.2.3 Correlación entre POIs

A través del módulo Python en ArcGIS, las coordenadas "X" y "Y" de cada POI se usan para estimar la distancia euclidiana. Este método calcula la distancia lineal entre puntos origen-destino, no a través de senderos peatonales, siendo la manera más directa de

calcular proximidad. Luego, con base en dicha distancia, se aplica una clasificación por quiebres naturales de Jenks, para organizar cada POIs por grupos e intervalos.

3.2.4 Generación de clústeres

Los datos generados, constituidos por información atributiva sobre distancias POIs-estaciones de metro y POIs-POIs, son analizados a través de agrupación estadística o *"k-mean clustering"*, usando el software SPSS Statistic 25, el cual también emplea la distancia euclidiana $d\ (x_i, y_i)$ para el análisis:

$$d\ (x_i, C_i) = \sqrt{}\ (\sum_{j=1}^{n}\ (x_{ij} - C_{ij})^2 \qquad (1)$$

La fórmula (1) consiste en asignar cada observación al centroide más cercano, utilizando la distancia euclidiana, donde x_i es el vector de características de la observación, C_i es el centroide del clúster i y n es el número de variables.

$$c_i = \frac{1}{|S_i|} \sum_{x \in S_i} x \qquad (2)$$

Luego, el programa recalcula el centroide como la media de todos los puntos en el clúster, donde S_i es el conjunto de observaciones en el clúster i.

Se establecen iteraciones de 3 y 5 clústeres, seleccionando la agrupación de 5. Esto permite una mejor comprensión del nivel de interacción entre las distancias POIs-estaciones de metro y POIs-POIs, y la jerarquía de cada grupo, en atención a su incidencia en la conectividad peatonal. A partir de dicha agrupación, se realiza una ponderación ordinal escalonada de los clústeres, con valores de 1; 0,8; 0,6; 0,4 y 0,2, en el que 1 significa "mayor contribución a la conectividad peatonal", y 0,2 refleja lo opuesto. La ponderación permite clasificar las estaciones con mayores atributos DOT, en conectividad peatonal.

4. RESULTADOS

El área de influencia permitió cuantificar, en primer lugar, la concentración de POIs en sus alrededores, destacando la primacía en determinadas zonas de las ciudades analizadas, donde se genera mayor concentración en usos del suelo, así como una disminución hacia las zonas periféricas, como se muestra en la Figura 1.

4.1 Atributos asociados al DOT

Cada uno de los POIs de las zonas seleccionadas, además de los atributos en cuanto al tipo de actividad a la que se refiere, contiene la localización geográfica, para comparar en términos de distancia POIs - estación de metro más cercana y POIs-POIs.

La distancia entre los POIs y su estación de metro más cercana permite cuantificar el número de estos puntos por estación, identificando los niveles de intensidad de actividades generadas. Además, su clasificación por niveles facilita el conocimiento del proceso de dispersión de dicha intensidad, conforme incrementan las distancias. En cuanto a la distancia entre POIs y POIs, esta permite conocer cómo se van generando patrones de agrupación o dispersión por proximidad entre ellos, en la medida en que cambian su ubicación en el entorno construido.

4.2 Comparativo entre ciudades

4.2.1 Distancias POIs-Estación de Metro

Del total de los POIs localizados en Caracas, Venezuela y Lanzhou, China, destaca que el 54,3% y 44,2%, de los mismos, respectivamente, se encuentran en el área de influencia de los 800 metros de las estaciones localizadas en la "Línea 1" de cada servicio metro, lo que refleja la importancia de estas en cuanto a la concentración, con respecto a las demás zonas de dichas ciudades. Esta ubicación de amenidades urbanas da dinamismo al entorno construido y facilita el recorrido peatonal ameno alrededor de estaciones metro, conforme a los lineamientos del ITDP (2017).

En cuanto a la agrupación por rangos de distancia a estaciones metro, en Caracas, el 67% de los POIs están a menos de 465 metros de las estaciones, mientras el diferencial; es decir, 33%, se localiza más allá de esa distancia. En Lanzhou esta relación es 56%-44%. De 0 a 465 m es donde la conectividad peatonal es más favorable (Alawadi, 2021).

En detalle, sobre la variación de POIs por estaciones, aquella que concentra primacía (estación N° 15) también posee mayor relativo de POIs localizados a menos de 465 metros de la estación y genera un efecto de continuidad de agrupación en las demás estaciones próximas. Lo mismo ocurre en el caso de Lanzhou (estación N° 14), aunque, con mayor dispersión de los POIs.

4.2.2 Distancias POIs-POIs

La aplicación del análisis de distancia entre amenidades, definido como POIs-POIs, permite observar cómo se comporta ese patrón de cercanía, en ambas ciudades. La distancia entre 0 y 28 metros entre POIs es la más frecuente, incrementando su peso, en términos relativos, en las estaciones con mayor concentración de puntos, lo que va creando un patrón de interconexión entre ellos, definiendo zonas de comportamiento homogéneo en términos de conectividad peatonal y que varía en aquellos puntos en donde hay barreras urbanas. Mientras que las dispersiones entre dichos POIs se concentra hacia las zonas periféricas, en las que prevalece un patrón más aislado.

En el caso de Caracas, se detecta cómo entre dos ejes (7-10 y 12-17) se genera una ruptura de la continuidad en cuanto a la prevalencia de los POIs. Mientras que en Lanzhou, dicha fragmentación ocurre entre los ejes (8-9 y 11-16) y se hace más notorio hacia la periferia de la ciudad, en su cercanía del río Amarillo.

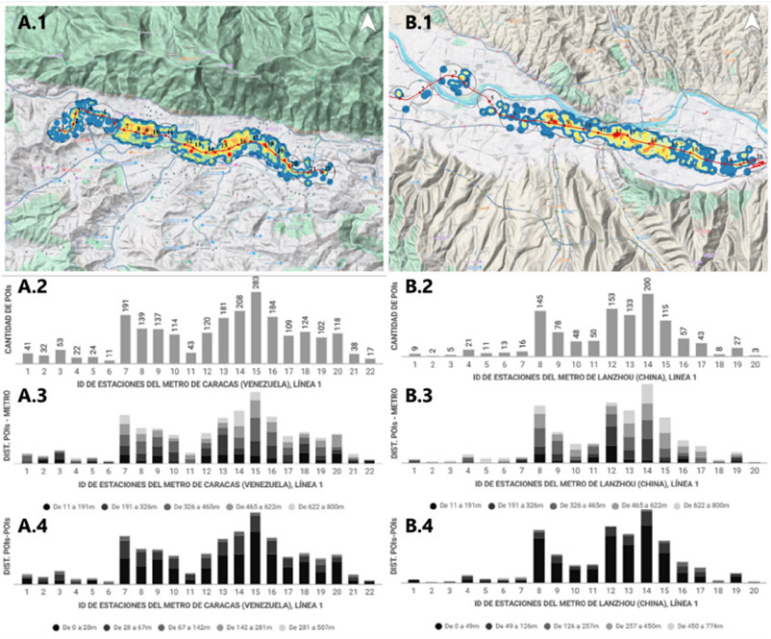
4.3 Agrupación de POIs

El resultado de la agrupación, derivada de la interacción entre las estaciones metro y POIs, destacan dos en particular, *Clúster 1*, POIs próximos a las estaciones metro; y *Clúster 2*, POIs próximos entre ellos, con alta concentración y un patrón de continuidad urbana. Las secciones de metro con mayor concentración de estos clústeres son la 15-16, en el caso de Caracas, y la 12-13 en el caso de Lanzhou.

El *Clúster 3* está representado por aquellos POIs que se localizan más separados del núcleo central de las estaciones, mientras que *Clúster 4* y *Clúster 5* se constituyen por aquellos POIs que se encuentran dispersos, lo que dificulta la generación de patrón de continuidad, relacionado directamente con las estaciones metro.

El resultado de la agrupación permite clasificar las estaciones metro de ambas ciudades en atención a la intensidad de amenidades y la conectividad peatonal. Es así que se detectan los puntos de discontinuidad, que ameritan la realización de intervenciones urbanas para favorecer la interconectividad del entorno construido.

Figura 1: Distribución de los patrones de agrupación de POIs en Caracas, Venezuela y Lanzhou, China



- Mapa de densidad de Kernel, generado a partir de la distancia POIs-POIs, en las ciudades de Caracas, Venezuela (A.1) y Lanzhou, China (B.1). Los colores más cálidos reflejan mayor concentración de POIs, generando un patrón DOT de conectividad peatonal y los más fríos refieren mayor dispersión de POIs.
- Distribución de los POIs a lo largo de las estaciones del metro de Caracas, Venezuela (A.2) y de Lanzhou, China (B.2)
- Clasificación de los POIs, según la distancia a estaciones del metro de Caracas, Venezuela (A.3) y de Lanzhou, China (B.3)
- Clasificación de los POIs según la distancia entre ellos, en Caracas, Venezuela (A.4) y Lanzhou, China (B.4)

5. DISCUSIÓN

Se logra identificar patrones de localización de los POIs, en especial ejes de alta concentración, puntos de quiebre y zonas de dispersión, que pueden correlacionarse con facilidades de conectividad peatonal. La agrupación final se refleja en una ponderación de estaciones metro de ambas ciudades, según las facilidades de estas en favorecer un DOT centrado en conectividad peatonal, como se muestra en la Figura 2.

Respondiendo a los tres objetivos de investigación, se logra identificar y medir los POIs en atención a su distancia con las estaciones y su distancia entre ellos, destacando que una proximidad física entre ellos determina niveles de concentración y dinamismo de actividades urbanas o la dispersión de las mismas.

El comparativo entre ciudades permite determinar la variación en concentración de POIs alrededor de estaciones en zonas céntricas, con un patrón de continuidad alrededor de dichas zonas, potenciado por la cercanía POIs-POIs, especialmente aquellos que no se encuentran en el entorno inmediato de las estaciones, pero que logran favorecer la extensión del patrón de continuidad hacia las zonas de influencia de la siguiente estación. Entre los elementos que restringen la conectividad peatonal destacan las vías arteriales; equipamientos urbanos, como parques públicos con deficiencias en la articulación con el resto de la trama urbana; elementos naturales, como montañas y ríos; y el emplazamiento en periferia.

La agrupación en clústeres, considerando la interacción entre las variables distancias POIs-estaciones de metro y POIs-POIs, permite identificar que los puntos próximos a las estaciones y los próximos entre sí, son más determinantes en la generación de un patrón de conectividad peatonal, propiciando una secuencia que reproduce el alineamiento del trazado de las líneas metro. Además, se encuentran los puntos de dispersión de POIs, afectados los elementos que restringen la conectividad peatonal.

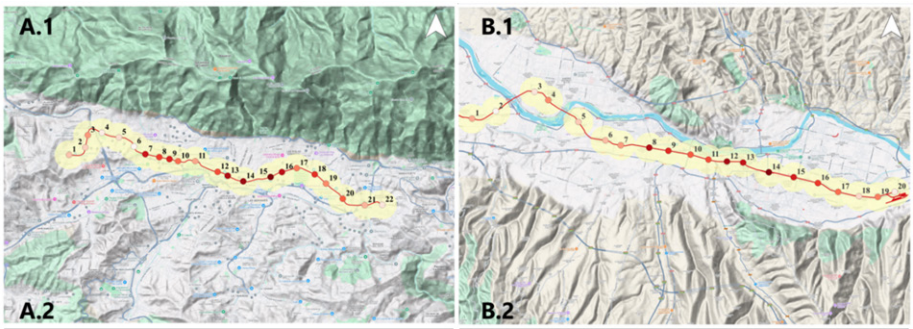
Los cambios abruptos en los patrones, que inciden en la valoración de las estaciones en términos de DOT basado en conectividad peatonal, representan casos de especial interés para el desarrollo de políticas públicas hacia la mejora de la estructura urbana, con una perspectiva peatonal.

5.4 Limitaciones

Los POIs, aunque representan elementos de interés cuando no existen datos primarios o secundarios, no se convierten en sustitutos de caracterizaciones urbanas que permitan determinar la distribución de usos del suelo atractores en las zonas urbanas. Además, reflejan una óptica que no considera las zonas donde el uso del suelo residencial prevalece y sus características, en cuanto a conectividad peatonal.

La distancia euclidiana para estimar la distancia entre puntos, en vez del análisis de red, es un área de mejora para próximas investigaciones, en aras de comparar resultados y precisar la relación del análisis. En este sentido, una etapa siguiente de esta investigación es correlacionar lo que ocurre en el modelo nodo-lugar al incluir datos más específicos de conectividad peatonal, centrados en conocer las distancias promedio y las direccionalidades de las vías que se encuentran en las áreas de influencia de las estaciones metro y que favorecen o limitan la conectividad peatonal.

Figura 2: Ponderación de las estaciones del Metro de Caracas, Venezuela y Metro de Lanzhou, China, en atención a su valor DOT, centrado en conectividad peatonal



ESTACIÓN	CANTIDAD DE POIs POR CLUSTER					PONDERACIÓN DE CLUSTER					PONDERACIÓN FINAL
	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C*F "1"	C*F "0,8"	C*F "0,6"	C*F "0,4"	C*F "0,2"	
1	4	24	5	5	3	4	19.2	3	2	0.6	28.8
2	18	6		5	3	18	4.8	0	2	0.6	25.4
3	38	10	2	2	1	38	8	1.2	0.8	0.2	48.2
4	6	1	8	4	3	6	0.8	4.8	1.6	0.6	13.8
5	11	7	1	5		11	5.6	0.6	2	0	19.2
6	4		2	4	1	4	0	1.2	1.6	0.2	7
7	56	59	65	11		56	47.2	39	4.4	0	146.6
8	29	64	39	6	1	29	51.2	23.4	2.4	0.2	106.2
9	59	58	16	3	1	59	46.4	9.6	1.2	0.2	116.4
10	25	69	13	6	1	25	55.2	7.8	2.4	0.2	90.6
11	0	22	19	2		0	17.6	11.4	0.8	0	29.8
12	52	29	32	6	1	52	23.2	19.2	2.4	0.2	97
13	93	48	29	8	3	93	38.4	17.4	3.2	0.6	152.6
14	54	53	93	8		54	42.4	55.8	3.2	0	155.4
15	73	116	87	6	1	73	92.8	52.2	2.4	0.2	220.6
16	54	84	39	7		54	67.2	23.4	2.8	0	147.4
17	24	48	33	2	2	24	38.4	19.8	0.8	0.4	83.4
18	71	35	13	2	3	71	28	7.8	0.8	0.6	108.2
19	24	46	19	10	3	24	36.8	11.4	4	0.6	76.8
20	50	23	40	4	1	50	18.4	24	1.6	0.2	94.2
21	14	7	14	2	1	14	5.6	8.4	0.8	0.2	29
22	13			1	3	13	0	0	0.4	0.6	14
TOTAL	772	809	569	109	32						
TOTAL			2.291								

ESTACIÓN	CANTIDAD DE POIs POR CLUSTER					PONDERACIÓN DE CLUSTER					PONDERACIÓN FINAL
	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C*F "1"	C*F "0,8"	C*F "0,6"	C*F "0,4"	C*F "0,2"	
1	4	4	1	0	0	4	3.2	0.6	0	0	7.8
2	0	1	0	1	0	0	0.8	0	0.4	0	1.2
3	0	3	0	0	2	0	2.4	0	0	0.4	2.8
4	3	11	5	1	1	3	8.8	3	0.4	0.2	15.4
5	0	0	10	1	0	0	0	6	0.4	0	6.4
6	1	3	4	3	2	1	2.4	2.4	1.2	0.4	7.4
7	10	2	0	2	2	10	1.6	0	0.8	0.4	12.8
8	40	79	21	5	0	40	63.2	12.6	2	0	117.8
9	21	46	5	6	0	21	36.8	3	2.4	0	63.2
10	9	10	27	2	0	9	8	16.2	0.8	0	34
11	21	23	4	2	0	21	18.4	2.4	0.8	0	42.6
12	87	49	16	1	0	87	39.2	9.6	0.4	0	136.2
13	31	59	41	2	0	31	47.2	24.6	0.8	0	103.6
14	57	75	66	2	0	57	60	39.6	0.8	0	157.4
15	15	41	57	2	0	15	32.8	34.2	0.8	0	82.8
16	19	16	18	4	0	19	12.8	10.8	1.6	0	44.2
17	3	15	21	4	0	3	12	12.6	1.6	0	29.2
18	3	0	0	4	1	3	0	0	1.6	0.2	4.8
19	12	6	6	2	1	12	4.8	3.6	0.8	0.2	21.4
20	1	0	2	0	0	1	0	1.2	0	0	2.2
TOTAL	337	443	304	44	9						
TOTAL			1.137								

C: CLUSTER - F: FACTOR

- Mapa con ponderación de estaciones, en las ciudades de Caracas, Venezuela (A.1) y Lanzhou, China (B.1). La intensidad del color indica mayor valor DOT centrado en conectividad peatonal.
- Tablas con ponderación final y ponderación a cada clúster, por estación, en las ciudades de Caracas, Venezuela (A.2) y Lanzhou, China (B.2)

6. CONCLUSIONES

La principal contribución de este estudio se centra en que es una metodología para el análisis de patrones de conectividad peatonal, en atención a los patrones de localización de las amenidades urbanas. Lo que puede ser empleado como una referencia para la implementación de políticas públicas concretas, centradas en aquellos puntos de discontinuidad, como priorizar la creación de pasajes peatonales en los puntos de discontinuidad identificados, para conectar los POIs dispersos.

A través del análisis de las ciudades medias de Caracas, Venezuela y Lanzhou, China, se detecta cómo la distribución de los POIs crea patrones consistentes a lo largo del eje de los servicios metro, emulando la conectividad generada por este sistema, así como patrones de discontinuidad asociados a barreras urbanas que priorizan el vehículo particular, limitando la conectividad peatonal.

Sobre las diferencias entre ciudades, aspectos como la densidad poblacional, que también afecta el diseño de la infraestructura metro, pueden incidir en que la línea 1 de Lanzhou concentre menor relativo de POIs, respecto a Caracas, y que además los patrones de continuidad de POIs alrededor de estaciones metro sean más dispersos.

La metodología de análisis y comparación de estas dos ciudades de países en desarrollo, contribuye en destacar cómo las intervenciones centradas en los peatones pueden potencialmente incidir en una mejora de la interacción del entorno contribuido, lo que significa un diseño centrado en ciudadanos, conforme a las premisas fomentadas por el DOT desde la perspectiva del peatón.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alawadi, K., Khanal, A., Doudin, A., & Abdelghani, R. (2021). *Revisiting transit-oriented development: Alleys as critical walking infrastructure. Transport Policy, 100*, 187–202. Recuperado de https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.11.007, 15/07/2025.

Banco de Desarrollo de América Latina (CAF). (2015). *Observatorio de movilidad urbana* [base de datos]. Recuperado de https://www.caf.com/es/conocimiento/datos/observatorio-de-movilidad-urbana/, 01/06/2025.

EPS China Data. (2015). *EPS China statistics* [base de datos]. Recuperado de https://www.epsnet.com.cn/index.html#/Index, 01/06/2025.

Fan, P., Wan, G., Xu, L., Park, H., Xie, Y., Liu, Y., Yue, W., & Chen, J. (2017). *Evolving walkability of major cities in the People's Republic of China* (ADBI Working Paper 645). *Asian Development Bank Institute*. Recuperado de https://www.adb.org/sites/default/files/publication/223501/adbi-wp645.pdf, 15/07/2025.

Gehl, J. (2010). *Cities for people*. Island Press.

Geofabrik GmbH. (2024). *Geofabrik OpenStreetMap GIS standard* (Version 0.7) [PDF]. Geofabrik. Recuperado de https://www.geofabrik.de/data/geofabrik-osm-gis-standard-0.7.pdf, 15/07/2025.

Guerra, E., Cervero, R., & Tischler, D. (2012). *Half-Mile Circle: Does It Best Represent Transit Station Catchments? Does It Best Represent Transit Station Catchments?* Transportation Research Record: *Journal of the Transportation Research Board, 2276(1)*, 101-109. Recuperado de https://doi.org/10.3141/2276-12, 15/07/2025.

Institute for Transportation and Development Policy. (2017). *TOD standard (Version 3.0)*. Recuperado de https://www.itdp.org/library/standards-and-guides/tod-standard/, 15/07/2025.

Kang, H., & Miwa, T,. (2025). *Systematic review and methodological comparison of TOD typologies based on the node-place model, Journal of Transport Geography, volume 128*. Recuperado de https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2025.104373, 15/07/2025.

Lin, D., Broere, W., & Cui, J. (2022). *Metro systems and urban development: Impacts and implications. Tunnelling and Underground Space Technology, volume 125*, 104509. Recuperado de https://doi.org/10.1016/j.tust.2022.104509, 15/07/2025.

Lyu, G., Bertolini, L., & Pfeffer, K., (2016). *Developing a TOD typology for Beijing metro station areas. Journal of Transport Geography, volumen 55*, 40–50. Recuperado de https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.07.002, 15/07/2025.

Marcano, F. (2018). GeoVenezuela. Geografía de la división político-territorial del país: Distrito Capital. *Fundación Empresas Polar* (Cap. 36, pp. 111–121). Recuperado de https://bibliofep.fundacionempresaspolar.org/media/1036/gv_t5_c36_p106_169_lres_single_preview.pdf, 01/06/2025.

ANÁLISIS DEL DESARROLLO ORIENTADO AL TRANSPORTE SOSTENIBLE (DOTS) Y SU RELACIÓN CON LA AFLUENCIA DE USUARIOS EN ESTACIONES DE METRO

Iván Sarmiento-Ordosgoitia
[a] PhD. Dep. Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Colombia,
Medellín,Colombia irsarmie@unal.edu.co

Julián Enrique Suárez Gómez
M.Sc Infraestructura y Sistemas de Transporte,
Medellín, Antioquia, Colombia
jesuarezg@unal.edu.co

RESUMEN

En Medellín, el Sistema Metro ha sido un factor clave del desarrollo urbano y económico, influyendo en la transformación del entorno de sus estaciones. Esta investigación analiza los principios del Desarrollo Orientado al Transporte Sostenible (DOTS) en las estaciones de la Línea A del Metro de Medellín, considerando variables de ocupación urbana, desarrollo comercial y movilidad no motorizada, y su relación con la afluencia de usuarios durante el periodo 2004–2024. La metodología incluye la delimitación de isócronas peatonales, el análisis multitemporal de imágenes satelitales y el estudio de matrices origen–destino para evaluar la evolución urbana y la demanda del sistema. Los resultados evidencian que la operación del Metro ha sido determinante en la transformación territorial y en el crecimiento económico y residencial de sus áreas de influencia durante los últimos 20 años.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento urbano acelerado de finales del siglo XX y comienzos del XXI en los países en desarrollo ha generado problemáticas asociadas a la movilidad, la sostenibilidad ambiental y la equidad social. Frente a este escenario, el Desarrollo Orientado al Transporte público (DOT) se consolida como un modelo de planificación urbana que integra el uso del suelo con los sistemas de transporte público masivo, promoviendo zonas compactas, de alta densidad, uso mixto y elevada conectividad. Este enfoque busca incentivar la ocupación residencial y comercial en proximidad a los corredores de transporte, articulando la planificación urbana con la eficiencia en los desplazamientos (Banco Interamericano de Desarrollo BID, 2021).

Además de mejorar la accesibilidad, el DOT reconoce al transporte masivo como motor del desarrollo urbano, siempre que se articule con los planes de ordenamiento territorial y políticas de gestión del suelo. Su implementación ha sido significativa en Europa, Asia y algunas ciudades de América del Norte, mientras que en América Latina ha adquirido relevancia como estrategia para orientar el crecimiento urbano en contextos de urbanización informal y desigualdad social (BID, 2021).

El Desarrollo Orientado al Transporte Sostenible (DOTS) surge como una evolución del DOT, incorporando criterios explícitos de sostenibilidad ambiental en la planificación urbana. Este modelo promueve la calidad de vida mediante el fortalecimiento de la movilidad activa —caminar y bicicleta— y la consolidación de barrios compactos, accesibles y transitables, donde las actividades cotidianas puedan desarrollarse con menor dependencia del vehículo motorizado. El DOTS prioriza la conectividad urbana a través de redes de calles y espacios públicos que faciliten el desplazamiento peatonal y ciclista, reduciendo las emisiones y el consumo energético asociados a la movilidad urbana (CTS EMBARQ México, 2016; Álvarez-Valencia, 2016).

Los impactos del DOTS se reflejan en una mayor accesibilidad al transporte público, la valorización del suelo y la transformación de los entornos de las estaciones en centralidades urbanas con actividad residencial, comercial y de servicios. No obstante, estos procesos pueden generar tensiones asociadas al incremento del valor del suelo, lo que exige ajustes normativos que garanticen la provisión de vivienda asequible y una adecuada integración social (Bohórquez-Rivero, 2017; Guthrie y Fan, 2016, como se citó en Vergel-Tovar, 2023). Asimismo, la efectividad del modelo depende de la calidad del espacio público y de la infraestructura peatonal y ciclista, aspectos que en muchos entornos urbanos presentan deficiencias (BID, 2021; Pardo & Peña, 2014).

En el contexto de Medellín (Colombia), el Sistema Metro ha sido un elemento estructurante del desarrollo urbano y económico del Valle de Aburrá desde el inicio de su operación en 1995, al mejorar la movilidad y generar transformaciones territoriales en el entorno de sus estaciones. En este marco, el presente artículo tiene como objetivo analizar los principios del DOTS en las estaciones del Metro de Medellín y su relación con la afluencia de usuarios, evaluando la influencia del transporte sostenible en la transformación urbana de la ciudad durante los últimos 20 años. Este artículo se estructura en 5 secciones, siendo esta primera la introducción. En la segunda se hace el planteamiento del problema y se presenta la metodología. En la sección 3 se presenta

la aplicación al caso de estudio en la ciudad de Medellín. En la sección 4 se hace un análisis y discusión de resultados. Y En la Sección 5 se presentan las conclusiones.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y METODOLOGÍA PROPUESTA

A 2024, más de 220 sistemas de transporte masivo tipo metro operaban en ciudades de todo el mundo, consolidándose como infraestructuras clave para responder a la demanda de movilidad urbana y estructurar el territorio (Metro Rail Today, 2024). Estos sistemas generan transformaciones espaciales positivas en su entorno, particularmente cuando se integran con criterios de planificación urbana orientados al transporte sostenible, como los propuestos por el modelo DOTS, que prioriza la accesibilidad, la conectividad, la integración multimodal y la protección ambiental (Quintero González, 2019).

No obstante, en muchos contextos urbanos la implementación de sistemas de transporte masivo no garantiza una articulación efectiva con otros modos de transporte sostenible ni con la diversificación funcional del suelo. En Medellín, si bien las intervenciones asociadas al Metro han incorporado nuevos espacios públicos, estos no siempre promueven la integración modal ni el fortalecimiento de actividades económicas en su entorno, limitándose en algunos casos a funciones de acceso peatonal al sistema (Valencia-Oyola, 2016).

Adicionalmente, la falta de articulación entre la planificación territorial y el sistema de transporte masivo ha contribuido a una pérdida de usuarios y a percepciones negativas sobre la calidad del servicio, asociadas a mayores tiempos y distancias de viaje frente a los modos privados (Gil-Cadavid, 2019). A pesar de la relevancia del Sistema Metro como elemento estructurante del territorio, en Medellín no existen estudios que evalúen de manera cuantitativa la relación entre la evolución del entorno urbano de las estaciones y la afluencia de usuarios desde un enfoque DOTS.

En este contexto, la presente investigación plantea como objetivo determinar si es posible modelar la relación entre la afluencia de usuarios del Metro de Medellín y variables del DOTS en sus áreas de influencia. Para ello, se propone una metodología integrada compuesta por seis etapas: (i) delimitación de áreas de influencia mediante isócronas peatonales de 15 minutos alrededor de las estaciones; (ii) análisis multitemporal del crecimiento de la ocupación urbana mediante imágenes satelitales; (iii) estimación de la relación entre ocupación urbana y afluencia de pasajeros; (iv) medición del desarrollo comercial en la zona de influencia; (v) análisis de la evolución de los viajes no motorizados; y (vi) síntesis e interpretación de resultados.

Esta metodología permite evaluar de manera consistente la interacción entre transporte sostenible y transformación urbana en el caso del Metro de Medellín, integrando variables territoriales, económicas y de movilidad bajo los principios del DOTS.

3. APLICACIÓN AL CASO DE ESTUDIO EN LA LINEA A DEL METRO DE MEDELLÍN

3.1 Definición del área de estudio

El Sistema Metro de Medellín cuenta con dos líneas principales (A y B) y varios sistemas complementarios de transporte masivo. Para este estudio se analizan 19 estaciones de la Línea A, entre Niquía e Itagüí, durante el periodo 2004–2024, excluyendo las estaciones Sabaneta y La Estrella por su inicio de operación posterior a 2012.

Las áreas de influencia se definieron mediante isócronas peatonales de 15 minutos, equivalentes a un desplazamiento a pie de 5 km/h, delimitando zonas de accesibilidad peatonal directa. Las isócronas fueron procesadas en formato shapefile y analizadas en Google Earth Engine, reflejando variaciones en su extensión y forma según la configuración vial y la transitabilidad del entorno urbano (Fig. 1).

3.2 Crecimiento urbano en áreas de estudio

El crecimiento de la ocupación urbana en las áreas de influencia de las estaciones (Fig.1) se evaluó con un análisis multitemporal de imágenes satelitales Landsat (misiones 5, 7 y 8), procesadas en Google Earth Engine para 2004–2024. La identificación de superficies urbanizadas se realizó con el Índice de Área Urbana (NDBI), cuyos valores mayores a 0.02 son representativos de áreas construidas.

Las áreas de ocupación urbana por estación se calcularon en intervalos de cuatro años y se presentan en la Tabla 1. Para establecer un referente urbano más amplio, se realizó un análisis comparativo con el crecimiento de la ocupación urbana en las 16 comunas de Medellín. Los resultados evidencian incrementos porcentuales significativamente mayores en las áreas de influencia de las estaciones del Metro.

El mayor incremento en la ocupación urbana de las isócronas se dio en la Estación Ayurá con un 241%. El máximo incremento en la ocupación urbana (89,5%) se dio en la Comuna 14 (Poblado). El menor incremento lo tuvo la estación Universidad con 51% por ser terrenos poco urbanizables por ocupaciones institucionales. El centro es una zona muy consolidada, y los crecimientos estuvieron entre 84% y 105%, mientras que en el sur se tuvo los casos Industriales y Poblado con crecimientos de 63 y 68%, mientras que alrededor de Aguacatala y Ayurá, al sur de Medellín, superaron el 200%.

Figura 1: Isocronas y Crecimiento ocupación Estación Envigado y Madera (2004-2024)

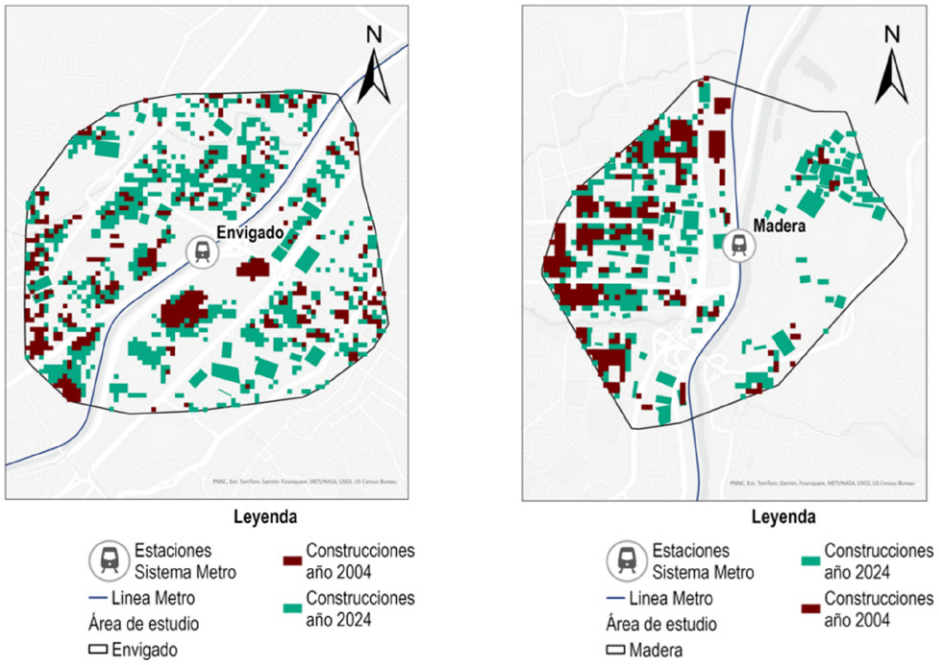


Tabla 1: Áreas de ocupación por año por isócrona de cada estación en hectáreas (2004-2024)

Estaciones/año	2004	2008	2012	2016	2020	2024	Incremento %
Niquia	35,82	79,56	88,00	87,12	92,00	120,06	235%
Bello	69,25	100,10	103,81	104,28	111,66	113,38	64%
Madera	27,38	39,83	55,56	55,77	59,57	61,58	125%
Acevedo	75,06	105,44	119,31	120,00	124,02	144,02	92%
Tricentenario	27,65	33,96	54,32	55,17	61,61	64,72	134%
Caribe	77,97	116,56	116,91	122,08	126,97	143,06	83%
Universidad	115,94	141,81	152,71	168,61	173,03	175,07	51%
Hospital	44,81	48,90	72,99	75,61	76,82	82,58	84%
Prado	51,13	56,67	90,07	91,40	93,83	95,58	87%
Parque Berrio	88,30	95,58	146,86	149,64	151,93	155,32	76%
San Antonio	78,78	91,05	153,86	157,99	158,83	161,71	105%
Alpujarra	58,60	74,87	112,38	114,29	118,79	118,81	103%
Exposiciones	46,77	51,04	90,73	90,07	93,36	101,64	117%
Industriales	59,66	62,34	84,30	85,63	94,17	100,00	68%
Poblado	61,36	74,60	78,51	87,31	97,02	99,90	63%
Aguacatala	27,39	46,60	59,67	66,16	82,50	85,81	213%
Ayurá	21,34	38,33	51,93	56,29	69,00	72,67	241%
Envigado	38,51	66,88	101,83	107,30	113,12	114,32	197%
Itagüí	26,58	47,49	57,98	58,34	59,28	63,55	139%

3.3 Afluencia de usuarios en la Línea A del Metro de Medellín (2004-2024)

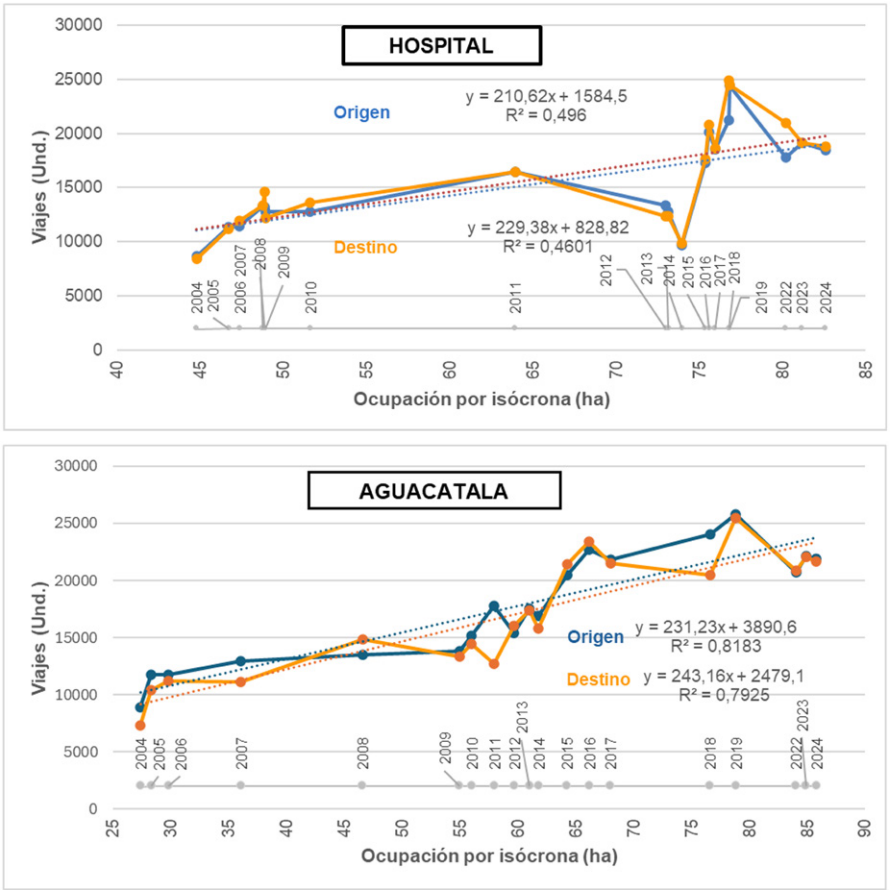
La afluencia de usuarios se analizó a partir de las matrices origen–destino del Metro de Medellín, las cuales registran el ingreso y tránsito de pasajeros entre estaciones del sistema. Se calcularon los incrementos porcentuales anuales de usuarios por estación durante el periodo de análisis, excluyendo los años 2020 y 2021 debido a los efectos atípicos asociados a la pandemia del COVID-19.

A partir del análisis de los crecimientos acumulados, se identificaron las estaciones Hospital y Aguacatala como aquellas con mayor recurrencia entre los incrementos más altos de demanda, razón por la cual fueron seleccionadas como casos de estudio para los análisis detallados posteriores (Metro de Medellín, 2024).

3.4 Relación afluencia de usuarios y ocupación urbana para los casos de estudio

Para las estaciones Hospital y Aguacatala se analizó la relación entre el incremento de la ocupación urbana dentro de sus isócronas y la evolución de la afluencia de usuarios durante el periodo 2004–2024. Los datos se representaron mediante gráficos de regresión, considerando la ocupación urbana como variable independiente y la afluencia de usuarios como variable dependiente (Fig. 2).

Figura 2: Afluencia de usuarios vs Ocupación urbana en Hospital y Aguacatala (2004-2024)



Fuente: Elaboración propia a partir de Metro de Medellín. (2024).

En la estación Hospital se identificó un crecimiento sostenido de usuarios hasta 2011, seguido de variaciones asociadas a cambios en la estructura de rutas y a la entrada en operación del sistema Metroplús, que transformó su función hacia un nodo de integración intermodal. En contraste, la Aguacatala presentó una relación lineal directa entre ocupación urbana y afluencia de usuarios, con coeficientes de determinación R^2 elevados, evidenciando una correspondencia clara entre desarrollo urbano y demanda del sistema.

3.5 Desarrollo comercial en los casos de estudio

El desarrollo comercial se analizó como indicador de la mezcla de usos del suelo, componente central del modelo DOTS. Para ello se utilizó la información de la Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia, correspondiente a los registros de matrículas mercantiles activas entre 2007 y 2024, clasificados según la CIIU de la ONU.

Tabla 2: Matrículas comerciales en área de estudio y comunas de Medellín (2007-2024)

Matrículas comerciales		
Año	**Estación**	
	Hospital	**Aguacatala**
2007	186	291
2008	236	384
2009	306	490
2010	364	637
2011	462	825
2012	531	974
2013	606	1073
2014	713	1217
2015	800	1349
2016	912	1494
2017	1026	1606
2018	1135	1752
2019	1257	1928
2020	1355	2061
2021	1488	2229
2022	1621	2434
2023	1719	2597
2024	1851	2791
Incremento	**895,16%**	**859,11%**

Comuna de Medellín		**Año**		**Incremento (%)**
		2007	**2024**	
N°	**Nombre**	**Matriculas comerciales**		
1	Popular	520	1796	**245,38%**
2	Santa Cruz	675	1763	161%
3	Manrique	947	2595	174%
4	Aranjuez	2235	4360	95%
5	Castilla	2002	3944	97%
6	Doce de Octubre	1153	2781	141%
7	Robledo	1493	4119	175%
8	Villa Hermosa	1325	2797	111%
9	Buenos Aires	1792	4620	157%
10	La Candelaria	16660	23098	38%
11	Laureles - Estadio	6902	11587	68%
12	La América	2663	4929	85%
13	San Javier	1125	2781	147%
14	El Poblado	7163	24290	239%
15	Guayabal	3535	6287	78%
16	Belén	5312	10346	95%

Fuente: Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia, 2024.

Las matrículas comerciales dentro de las áreas de influencia de las estaciones Hospital y Aguacatala se presentan en la Tabla 2, junto con un análisis comparativo a escala comunal. Los resultados muestran que el crecimiento del número de establecimientos en las zonas de influencia del Metro es sustancialmente mayor que el observado en las comunas de Medellín, lo que evidencia un dinamismo económico asociado a la operación del sistema (Cámara de Comercio de Medellín, 2024).

El crecimiento en matrículas comerciales está en 895% para la Estación Hospital y 859% para Aguacatala, en contraste a las comunas con un crecimiento máximo en la Comuna 1 (Popular) de 245%, seguido del Poblado con 239%, mientras que la mayoría de comunas no supera el 175%, siendo la de menor crecimiento la Candelaria (centro de la ciudad), con 38% por ser la zona más consolidada.

3.6 Evolución de frecuencias de viajes a pie y en bicicleta para casos de estudio

La evolución de la movilidad no motorizada se evaluó a partir de las Encuestas de Movilidad Origen–Destino del Área Metropolitana del Valle de Aburrá correspondientes a los años 2005, 2012 y 2017. El análisis se realizó sobre las Zonas de Transporte del Sistema Integrado de Transporte asociadas a las estaciones Hospital y Aguacatala (AMVA, 2017).

Los resultados (Tabla 3), indican una disminución general de los viajes realizados exclusivamente a pie en ambos entornos de estudio, mientras que los viajes en bicicleta se mantienen relativamente estables a lo largo del periodo analizado. Esto evidencia la necesidad de fortalecer la infraestructura y las condiciones de accesibilidad de la movilidad activa en áreas de influencia del Metro.

Tabla 3: Viajes a pie y en bicicleta medidos en los casos de estudio desde las Encuestas EOD

Viajes en bicicleta

Año	Distancia	Estación	
		Hospital	Aguacatala
2005	Bicicleta	8	27
	Todos los modos	1621	2381
	% de viajes en bici	0,49%	1,13%
2012	Bicicleta	17	16
	Todos los modos	1079	1679
	% de viajes en bici	1,58%	0,95%
2017	Bicicleta	20	24
	Todos los modos	1477	1409
	% de viajes en bici	1,35%	1,70%
	Incremento (%)	**0,86%**	**0,57%**

Viajes a pie

Año	Distancia	Estación	
		Hospital	Aguacatala
2005	≥5 Cuadras ò 5 min.	565	524
	Todos los modos	1621	2381
	% de viajes a pie	35%	22%
2012	≥5 Cuadras ò 5 min.	599	231
	Todos los modos	1079	1679
	% de viajes a pie	56%	14%
2017	≥5 Cuadras ò 5 min.	229	216
	Todos los modos	1477	1409
	% de viajes a pie	16%	15%
	Incremento (%)	**-19,4%**	**-6,7%**

Fuente: Área Metropolitana del Valle de Aburrá,(2017).

Entre 2005 y 2017, los viajes solo a pie cerca de las estaciones disminuyeron casi 20% en Hospital y casi 7% en Aguacatala, mientras que los de bicicleta se mantuvieron.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis conjunto de las variables de ocupación urbana, desarrollo comercial y movilidad no motorizada evidencia que la operación del Metro de Medellín ha sido un factor determinante en la transformación territorial de sus áreas de influencia durante los últimos 20 años. En general, los incrementos porcentuales de ocupación urbana y matrículas comerciales en las zonas de influencia de las estaciones superan los valores

observados a escala comunal, lo que confirma el papel estructurante del sistema de transporte masivo en el desarrollo urbano local.

En los casos de estudio de las estaciones Hospital y Aguacatala se identifican dinámicas diferenciadas. En Aguacatala, la fuerte correlación entre el incremento de la ocupación urbana y la afluencia de usuarios evidencia una relación directa entre densificación urbana y demanda del sistema, coherente con los principios del DOTS. En contraste, la estación Hospital, a pesar de presentar uno de los menores incrementos de ocupación urbana(84%), registra los mayores aumentos de afluencia de usuarios de la Línea A (200%), lo que se explica por su rol funcional como nodo intermodal y por su servicio a comunas con alta densidad poblacional.

La variable ocupación urbana permite identificar procesos de transformación territorial a partir del cambio de superficies naturales a áreas construidas. Si bien esta aproximación no incorpora indicadores de densidad habitacional ni de edificabilidad vertical, constituye una medida consistente para analizar tendencias de urbanización en el entorno de las estaciones. En este sentido, los resultados obtenidos muestran que la densificación inducida por el Metro es más intensa en las áreas de influencia inmediata que en el conjunto de las comunas de la ciudad.

El análisis del desarrollo comercial refuerza esta tendencia, al evidenciar que el crecimiento de matrículas mercantiles en las áreas de influencia del Metro supera ampliamente el observado a escala comunal. Este comportamiento se asocia al incremento de la afluencia de usuarios y a la consolidación de las estaciones como centralidades urbanas con actividades residenciales, comerciales y de servicios, en concordancia con la dimensión de mezcla de usos del suelo del modelo DOTS.

En cuanto a la movilidad no motorizada, los resultados muestran una disminución de los viajes realizados exclusivamente a pie en los entornos analizados, mientras que los viajes en bicicleta se mantienen relativamente estables (Tabla 4). Estas tendencias sugieren que, a pesar del desarrollo urbano inducido por el Metro, persisten limitaciones en la calidad del espacio público y en la infraestructura para la movilidad activa, lo que plantea desafíos para una implementación más integral del DOTS.

Tabla 4: Incrementos porcentuales en variables DOTS durante periodo de análisis 2004-2024

Estación	Variación de Ocupación urbana	Variación de Matrículas comerciales	Variación de Viajes a pie	Variación de Viajes en bicicleta
Aguacatala	213,29%	859,11%	-6,70%	0,57%
Hospital	84,29%	895,16%	-19,40%	0,86%

Finalmente, es importante considerar que las diferencias de escala entre las áreas de influencia definidas por isócronas y las comunas de Medellín pueden influir en la magnitud de los incrementos observados. Asimismo, otros proyectos de transporte, como la operación de sistemas complementarios (Línea P del cable de Picacho), pueden haber incidido en los patrones de ocupación urbana y desarrollo comercial en determinados sectores, lo que constituye una variable externa a tener en cuenta en la interpretación de los resultados.

Mientras las isocronas de 15 minutos a pie alrededor de las estaciones tienen áreas entre 200 y 450 hectáreas, las comunas son de 200 a 400 hectareas las más pequeñas, de 400 a 700 hectáreas las medianas y más de 700 hasta 1400 hectáreas las más grandes, por lo que, por lo general las áreas de las comunas son mayores a las de las isocronas, incluso hay estaciones que tienen una comuna a cada lado de ellas.

5. CONCLUSIONES

La presente investigación constituye un primer acercamiento para modelar la relación entre variables DOTS como la densidad urbana, representada por la ocupación urbana y la afluencia de usuarios en estaciones de metro, a partir del análisis del caso del Metro de Medellín, como se evidenció para varias estaciones del sistema.

El análisis comparativo del crecimiento de la ocupación urbana, realizado tanto a partir de isócronas peatonales como a escala comunal para el periodo 2004–2024, muestra que las áreas de influencia de las estaciones del Metro presentan incrementos porcentuales sustancialmente mayores (120%) que los observados en el conjunto de las comunas de Medellín (38%). Esto permite afirmar que la operación del sistema Metro ha sido un factor de incentivo para la ocupación urbana en su entorno inmediato.

Los resultados indican que las dimensiones del DOTS asociadas a la densificación del suelo y a la mezcla de usos, representadas por la ocupación urbana y el desarrollo de matrículas comerciales, son las variables que mejor explican las variaciones en la afluencia de usuarios del sistema. En este sentido, dichas variables se consolidan como los componentes más relevantes para la estructuración de modelos explicativos de la demanda del Metro de Medellín.

Asimismo, el análisis evidencia que la transitabilidad (extensión y configuración de isócronas peatonales), está condicionada por la estructura vial y urbana de cada sector, siendo mayor en zonas centrales y de centralidades urbanas consolidadas. Esto refuerza la importancia de orientar el desarrollo urbano hacia áreas de influencia de las estaciones para mejorar accesibilidad peatonal e integración territorial.

En conjunto, los hallazgos confirman que el Metro de Medellín ha desempeñado un papel determinante en la transformación urbana de la ciudad durante los últimos 20 años, particularmente en la densificación y el dinamismo económico de sus áreas de influencia. Estos resultados respaldan la pertinencia de fortalecer la articulación entre transporte masivo y planificación territorial bajo los principios del DOTS, como estrategia para promover un desarrollo urbano más eficiente y sostenible.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2017). Encuesta Movilidad Origen-Destino 2017 - Valle de Aburrá. https://www.metropol.gov.co/observatorio/Paginas/encuestaorigendestino.aspx

Banco Interamericano de Desarrollo BID. (2021). Desarrollo Orientado al Transporte: Cómo crear ciudades más compactas, conectadas y coordinadas.

Bohórquez-Rivero, A. (2017). El nuevo rol de la estación de transporte en la transformación urbana. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.

Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia. (2024). Estructura empresarial de Medellín.

CTS EMBARQ México. (2016). Guía DOTS para Comunidades Urbanas.

Gil-Cadavid, A. (2019). Lectura de prácticas sociales de movilidad, como una herramienta para la planeación del transporte público local. Caso de estudio: comunas 8 y 9 de la ciudad de Medellín. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de Maestría en estudios urbano regionales.

Metro de Medellín. (2024). Matriz Origen - Destino.

Pardo, C. F., & Peña, P. C. (2014). Integración de Transporte no Motorizado y DOTS.

Valencia-Oyola, H. (2016). Impactos En La Movilidad, El Espacio Público Y El Control Social En El Proceso De Implementación Del Sistema Integrado De Transporte En Medellín. In Universidad Nacional de Colombia (Vol. 5). Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.

Vergel-Tovar, C. E. (2023). Understanding barriers and opportunities for promoting transit-oriented development with bus rapid transit in Bogotá and Quito. Land Use Policy, 132.

ARTICULACIÓN NORMATIVA Y TÉCNICA PARA LA PLANIFICACIÓN INTEGRAL DE LA MOVILIDAD: CASO DE ÉXITO EN COLOMBIA

Riveros Rodríguez, Jorge Luis
Director de Ingeniería y Seguridad Vial – UKAN. Colombia
Jlriverosr@gmail.com

RESUMEN

La movilidad urbana sostenible se ha convertido en un componente estratégico del desarrollo territorial en Colombia. Normativas como la Ley 1083 de 2006 y la Resolución 15885 de 2020 exigen la formulación de Planes de Movilidad Sostenible y Segura (PMSS), en concordancia con los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), promoviendo modos de transporte eficientes, no motorizados y orientados a la seguridad vial. Sin embargo, la diversidad territorial del país evidencia dificultades de implementación, especialmente en municipios con capacidades técnicas y presupuestales limitadas.

Este documento desarrolla una propuesta metodológica integrada para articular instrumentos de planificación. La señalización vial, concebida no como un componente aislado, sino como una herramienta estratégica de reorganización urbana, permitió optimizar corredores, priorizar usuarios vulnerables y mejorar condiciones de seguridad vial. La articulación normativa y técnica resultó clave para garantizar coherencia entre las decisiones y las inversiones realizadas.

El contenido se estructura en cuatro ejes principales: marco normativo, análisis territorial, propuesta metodológica integrada y estudio de caso. El resultado final sintetiza aprendizajes replicables para municipios colombianos, destacando que la movilidad sostenible no depende exclusivamente de grandes obras, sino de decisiones coordinadas que respondan a necesidades territoriales reales.

1. INTRODUCCIÓN

El concepto de movilidad urbana sostenible en Colombia ha evolucionado a partir de una necesidad real: garantizar el desplazamiento eficiente y seguro de millones de ciudadanos en territorios con profundas diferencias económicas, geográficas y sociales. Durante décadas, la planificación del transporte se centró en la construcción de vías para vehículos particulares, lo que produjo ciudades extensas, fragmentadas y altamente dependientes del automóvil. Sin embargo, esta visión ha resultado insuficiente para responder a los desafíos contemporáneos relacionados con congestión, inequidad, cambio climático y siniestralidad vial.

Hoy, la movilidad se entiende como una función esencial del territorio, que se articula con la salud, la productividad, el acceso a oportunidades y la calidad del espacio público. Esta concepción obliga a repensar los instrumentos de planificación, la gestión institucional y la asignación de recursos, para priorizar soluciones que sean sostenibles, eficientes y centradas en las personas.

Un elemento determinante en este proceso es el reconocimiento de que la movilidad no depende exclusivamente de infraestructura física: se basa también en regulaciones, comportamientos, operación de sistemas de transporte, decisiones de localización y cultura ciudadana. La movilidad, por tanto, es resultado de decisiones individuales y colectivas, y se construye día a día en la interacción entre Estado, comunidad y sector productivo.

En Colombia, esta transición hacia enfoques más integrales ha sido impulsada por la normativa nacional, por la cooperación internacional, y por múltiples experiencias locales que evidencian la necesidad de integrar planificación, inversión y pedagogía. Sin embargo, persisten brechas importantes entre los requerimientos normativos y las capacidades reales de las administraciones territoriales, especialmente en municipios pequeños e intermedios, donde los recursos técnicos y presupuestales son limitados.

El presente documento responde a esa problemática. Su propósito es ofrecer una metodología de articulación normativa y técnica, orientada a consolidar instrumentos integrados de planificación, que permitan a los territorios avanzar hacia sistemas de movilidad más sostenibles, seguros y equitativos.

A través del análisis, se evidencia que incluso intervenciones puntuales —como la implementación estratégica de señalización vial— pueden generar transformaciones significativas cuando se articulan con una visión territorial clara. Este enfoque demuestra que la movilidad sostenible no depende exclusivamente de grandes proyectos de infraestructura, sino de la capacidad de identificar prioridades, coordinar actores y gestionar recursos de manera eficiente.

2. MARCO NORMATIVO

Históricamente, la planificación del transporte en Colombia se centró en la construcción de infraestructura vial. La expansión de carreteras, intersecciones y puentes era considerada suficiente para atender la demanda creciente. Sin embargo, a partir de

la década del 2000, el país integró nuevas variables en la planificación, tales como sostenibilidad, seguridad vial, equidad en el acceso, salud pública y eficiencia energética. Este cambio se refleja en tres hitos históricos: la transición conceptual desde un enfoque centrado en infraestructura vial hacia la movilidad sostenible; el reconocimiento del transporte público y de los modos no motorizados como prioridad; y la integración de la seguridad vial como política pública. La normativa vigente recoge estos principios y los convierte en mandatos para los territorios.

En ese contexto, la Ley 1083 de 2006 constituye el punto de partida de los instrumentos de planificación de movilidad. Esta ley establece la obligatoriedad de formular planes de movilidad, introduce criterios de sostenibilidad y accesibilidad universal, y articula la movilidad con el ordenamiento territorial.

Con el tiempo, la formulación de estos planes se había convertido en un ejercicio heterogéneo. Para unificar criterios, surgió la Resolución 15885 de 2020, cuyo propósito fue estandarizar los aspectos técnicos de los Planes de Movilidad Sostenible y Segura (PMSS). La resolución establece contenidos mínimos, define etapas de diagnóstico, formulación, implementación y seguimiento, y prioriza modos no motorizados y transporte público. También incorpora indicadores de desempeño, exige la articulación de los PMSS con los POT y los Planes de Desarrollo y promueve herramientas de análisis robustas, como simulación, modelación y análisis multicriterio, considerando la movilidad como un sistema integral.

El Decreto 1077 de 2015, que compila la normativa de urbanismo y vivienda, también juega un papel clave en el ordenamiento territorial y la movilidad. Este decreto establece criterios para la estructura urbana y rural, la jerarquización del sistema vial, la gestión del suelo y del espacio público, y la integración del transporte regional y local. De esta manera, obliga a los municipios a considerar el sistema de movilidad como parte estructural del territorio, evitando decisiones aisladas que puedan comprometer la sostenibilidad.

La Ley 1503 de 2011 consolidó la seguridad vial como política pública estructural, promoviendo la cultura vial, el comportamiento responsable en la conducción y los programas educativos dirigidos a niños, jóvenes y conductores. Esta ley estableció la obligación de formular Planes Locales de Seguridad Vial, complementando y reforzando los PMSS desde una visión sistémica del riesgo vial.

Los documentos CONPES también han reforzado los lineamientos nacionales en materia de movilidad. Entre los más relevantes se encuentran el CONPES 3991, que define la Política Nacional de Seguridad Vial con metas, indicadores y responsabilidades; el CONPES 4029, enfocado en la movilidad urbana y regional con criterios de integración modal, sostenibilidad ambiental y financiamiento; y el CONPES 4034, orientado a la transición energética y a la promoción de la electromovilidad y energías limpias. Estos documentos son decisivos porque fijan metas de reducción de siniestros, promueven la modernización tecnológica y facilitan recursos y cooperación internacional.

A nivel departamental y municipal, los territorios desarrollan normas complementarias como planes metropolitanos de movilidad, reglamentaciones para estacionamiento

y zonas de pacificación, y regulaciones para motocicletas, transporte escolar y carga. Este conjunto de normas evidencia el interés por gestionar la movilidad de manera estructural, aunque también puede generar fragmentación y duplicidad si no se articula adecuadamente.

3. DESAFÍOS TERRITORIALES EN LA PLANIFICACIÓN DE LA MOVILIDAD

A pesar de contar con un marco normativo sólido y una orientación clara hacia la movilidad sostenible, los territorios colombianos enfrentan una serie de desafíos estructurales que condicionan la implementación real de los instrumentos de planificación. Estas dificultades no surgen únicamente por carencias presupuestales, sino también por aspectos culturales, institucionales, geográficos y operativos que varían significativamente de un municipio a otro.

El primer obstáculo se relaciona con la fragmentación de los instrumentos de planeación. En muchos casos, los municipios están obligados a formular múltiples documentos: POT, PMSS, planes viales, planes locales de seguridad vial, planes maestros de espacio público, entre otros. La coexistencia de tantos instrumentos provoca duplicidad de diagnósticos, contradicciones entre lineamientos y una sobrecarga administrativa que excede las capacidades institucionales, especialmente en municipios pequeños.

Asimismo, existe una asimetría en las capacidades técnicas. Los grandes centros urbanos disponen de equipos profesionales especializados, mientras que la mayoría de los municipios de categorías 4, 5 y 6 dependen de contratistas externos, lo que dificulta la continuidad de los procesos y la consolidación de una visión institucional. Esto genera una alta rotación de conocimientos, poca apropiación de los instrumentos y dificultades para su implementación a largo plazo.

Un tercer desafío es la limitada disponibilidad de recursos. La formulación e implementación de los planes exige inversiones en estudios, señalización, infraestructura y seguimiento, pero los presupuestos locales suelen priorizar necesidades más inmediatas. En varios casos, se cumple con la formulación del plan para satisfacer requisitos normativos, pero el documento queda archivado sin ejecución ni actualización.

Los municipios también enfrentan conflictos entre actores y usos del espacio público. La coexistencia de peatones, ciclistas, motos, automóviles, transporte de carga y transporte público en espacios estrechos y desordenados genera tensiones permanentes. La falta de jerarquización clara del sistema vial impide definir prioridades, y esto se traduce en congestión, riesgos viales y deterioro del espacio público.

Además, se identifican patrones culturales arraigados: la preferencia por el automóvil particular, el estacionamiento en vía pública, la ocupación informal del espacio y la baja percepción de riesgo. Estos comportamientos son difíciles de transformar únicamente con regulación; requieren procesos pedagógicos, campañas permanentes y participación comunitaria.

Finalmente, se suma un elemento crucial: la falta de articulación regional. La movilidad no se restringe a los límites administrativos de un municipio. Los desplazamientos diarios se realizan entre municipios vecinos, por lo que las decisiones tomadas de manera aislada pierden eficacia. La ausencia de mecanismos permanentes de coordinación intermunicipal afecta la lógica de corredores viales, transporte público y accesibilidad.

Ante este conjunto de desafíos, se evidencia la necesidad de modelos integrados de planificación que simplifiquen los instrumentos, prioricen intervenciones de alto impacto y permitan que incluso los municipios con capacidades limitadas avancen hacia sistemas de movilidad más eficientes, seguros y sostenibles.

Los municipios clasificados en categorías 4, 5 y 6 presentan los mayores desafíos:
• Recursos presupuestales limitados.
• Baja disponibilidad de personal especializado.
• Dependencia de consultorías externas.
• Falta de continuidad en los procesos institucionales.

Este contexto exige una visión integrada de la movilidad, basada en instrumentos simplificados, reutilización de información existente y priorización de soluciones tácticas de alto impacto.

4. EXPERIENCIA DE REFERENCIA

El municipio de Gachetá, ubicado en el departamento de Cundinamarca, constituye un ejemplo ilustrativo del potencial transformador de las intervenciones tácticas de movilidad cuando se conciben de manera estratégica. A diferencia de otras iniciativas que dependen de grandes infraestructuras o presupuestos elevados, este caso demuestra que la reorganización del espacio público, la señalización vial y la jerarquización funcional pueden producir cambios significativos en la seguridad vial, la accesibilidad y la percepción urbana.

El diagnóstico inició con la observación directa del comportamiento de los usuarios en el espacio público, lo que permitió identificar puntos críticos donde convergían conflictos entre peatones, motocicletas, transporte público y vehículos de carga. Estos espacios no estaban necesariamente asociados a altos volúmenes de tráfico, sino a la falta de criterios claros de circulación.

La información recopilada permitió reconocer patrones de uso que no habían sido documentados previamente y que no requerían estudios complejos para evidenciarse; bastó con observar el movimiento cotidiano.

A partir del diagnóstico, se desarrolló un esquema de señalización horizontal y vertical orientado a:
• ordenar sentidos de circulación;
• pacificar áreas críticas con medidas de bajo costo;
• mejorar la visibilidad y lectura de las intersecciones;
• proteger los desplazamientos peatonales y escolares.

La señalización fue concebida como instrumento de ordenamiento, más allá de su función normativa. Se convirtió en una herramienta para reorganizar flujos, delimitar espacios, jerarquizar prioridades y hacer legible la estructura vial del municipio.

5. APRENDIZAJES REPLICABLES

Este caso muestra que la movilidad sostenible no siempre depende de grandes infraestructuras. Los aprendizajes principales se pueden resumir en tres ideas:

- *Intervenciones pequeñas pueden generar impactos estructurales.*
  - Cuando están alineadas con una visión territorial, las mejoras en señalización reorganizan flujos, reducen riesgos y facilitan la circulación.

- *La lectura del territorio es esencial.*
  - Los patrones de uso no se identifican únicamente con modelaciones complejas, sino mediante observación sistemática del día a día.

- *La articulación institucional y comunitaria garantiza sostenibilidad.*
  - Los procesos participativos generan apropiación, reducen resistencias y facilitan la ejecución de futuras intervenciones.

La experiencia confirma que los municipios colombianos, independientemente de su tamaño o recursos disponibles, pueden avanzar hacia una movilidad más segura y ordenada mediante estrategias integradas, focalizadas y coherentes con la realidad local.

6. PROPUESTA METODOLÓGICA INTEGRADA

La propuesta metodológica se construye a partir de una premisa fundamental: planificar integralmente, con lo que ya existe, para transformar lo que aún no funciona. Este enfoque evita la formulación de instrumentos aislados, redunda en eficiencia institucional y favorece la coherencia territorial.

El objetivo central es consolidar un solo instrumento técnico-estratégico que articule los diferentes planes exigidos por la normativa, sin perder rigor metodológico ni limitar la creatividad para resolver problemas territoriales.

La metodología se estructura en cinco componentes interdependientes:

6.1 Diagnóstico integrado del territorio

El diagnóstico no parte de cero. La clave está en reutilizar información existente, proveniente de:
- POT vigentes,
- estudios funcionales y de tránsito,
- planes de seguridad vial,
- inventarios de infraestructura,
- observación sistemática del espacio público.

Este diagnóstico integrado permite identificar patrones relevantes:
• puntos críticos de siniestralidad,
• conflictos entre modos,
• accesos prioritarios a equipamientos,
• ocupación del espacio público,
• necesidades de señalización o pacificación.

La síntesis del diagnóstico se convierte en una herramienta para priorizar acciones.

6.2 Jerarquización vial y funcional

Una vez identificados los patrones de movilidad, se propone jerarquizar el territorio según el rol de cada corredor o vía, estableciendo niveles de prioridad para:
• peatones y caminabilidad,
• movilidad escolar y comunitaria,
• bicicleta y modos activos,
• transporte público y de servicio,
• vehículos particulares y carga.

La jerarquización define responsabilidades: no todas las vías deben servir a todos los modos. La claridad funcional reduce conflictos, optimiza circulación y facilita inversiones.

Intervenciones tácticas de bajo costo: Las intervenciones tácticas se diseñan como acciones inmediatas, realizables con recursos limitados, pero con capacidad de generar impactos visibles. Entre las más relevantes se encuentran:
• señalización horizontal y vertical,
• pasos seguros y zonas escolares,
• reconfiguración de sentidos viales,
• pacificación de tráfico en áreas críticas.

Estas soluciones no sustituyen a los proyectos de infraestructura, pero abren camino para ellos: corrigen problemas inmediatos y orientan decisiones futuras.

6.3 Plan de inversiones escalable y realista

La metodología propone organizar proyectos según etapas y disponibilidad presupuestal. El plan de inversiones se organiza por niveles:
• corto plazo: soluciones tácticas inmediatas;
• mediano plazo: infraestructura complementaria;
• largo plazo: obras estratégicas.

Este orden garantiza que las decisiones diarias construyan el camino hacia objetivos de mayor escala.

Gobernanza y participación territorial: La sostenibilidad del proceso depende de la capacidad para involucrar a los actores del territorio.

Las decisiones no se imponen: se construyen colectivamente para garantizar legitimidad y apropiación. La metodología propuesta busca consolidar un instrumento único de planificación que articule los distintos requerimientos normativos, reduciendo cargas administrativas y promoviendo soluciones de alto impacto.

7. CONTRIBUCIONES ESPERADAS

La implementación de una metodología integrada para la planificación de la movilidad urbana genera una serie de contribuciones directas e indirectas que trascienden el alcance de los instrumentos normativos tradicionales. Estas contribuciones se manifiestan en ámbitos institucionales, territoriales, económicos y socioculturales, configurando un impacto sostenible a largo plazo.

Coherencia normativa e institucional: La principal contribución radica en la reducción de la fragmentación documental. El proceso de unificación de instrumentos evita la coexistencia de planes aislados, con diagnósticos repetidos y lineamientos contradictorios. Una sola visión de movilidad permite claridad en la toma de decisiones, simplificación de trámites y procedimientos y fortalecimiento de la gobernanza local.

Esta coherencia institucional evita esfuerzos duplicados, facilita la formulación presupuestal y asegura continuidad administrativa, incluso en escenarios de cambio de gobierno.

Optimización de recursos públicos: El uso eficiente de la información disponible y la priorización de acciones tácticas permiten que los recursos municipales se destinen a intervenciones de alto impacto, sin necesidad de grandes inversiones iniciales. Los fondos pueden ser orientados a obras y proyectos estratégicos, con una secuencia de ejecución definida. Esto permite disminución de costos en estudios técnicos repetidos, reducción de tiempos para la formulación de proyectos y mejor aprovechamiento de presupuestos municipales.

Priorización del transporte público y modos activos

La metodología fortalece el papel articulador del transporte público, complementado por movilidad activa. Los corredores jerarquizados orientan decisiones de uso del espacio, promueven desplazamientos sostenibles y otorgan prioridad a peatones, ciclistas y usuarios vulnerables.

Este enfoque produce beneficios en cadena como la mejora de accesibilidad a equipamientos urbanos, reducción de dependencia del automóvil particular y fomento de hábitos de movilidad saludable.

Impacto en seguridad vial y ordenamiento

Las intervenciones tácticas diseñadas desde el inicio disminuyen conflictos viales y mejoran la percepción de seguridad. La señalización adecuada, el ordenamiento de sentidos viales y la pacificación de zonas críticas son medidas que protegen vidas y reducen los costos humanos y económicos asociados a los siniestros viales.

Modelo replicable para municipios pequeños e intermedios

La experiencia demuestra que no es necesario disponer de grandes presupuestos ni capacidades técnicas extensas para mejorar la movilidad. La metodología se adapta a distintos contextos y puede replicarse en municipios similares en Colombia y Latinoamérica, especialmente aquellos que enfrentan limitaciones institucionales, expansión urbana acelerada, alta dependencia del transporte informal y baja disponibilidad de infraestructura.

Construcción de visión territorial compartida

La participación ciudadana activa fortalece el sentido de pertenencia y la apropiación del espacio público. Las decisiones colectivas generan acuerdos estables y aceptados socialmente, reduciendo resistencias y facilitando la implementación.

La movilidad deja de ser un asunto exclusivo de ingenieros o autoridades de tránsito, para convertirse en una responsabilidad compartida entre comunidad, instituciones y sector productivo.

CONCLUSIONES

La movilidad urbana sostenible se ha consolidado como un componente esencial para el bienestar territorial, la competitividad local y la seguridad vial en Colombia. La transición hacia enfoques integrales no se explica únicamente por la promulgación de nuevas normas, sino por la necesidad real de ordenar el espacio público, disminuir la siniestralidad, mejorar accesos y garantizar equidad en el desplazamiento. Los retos contemporáneos han demostrado que los instrumentos tradicionales, formulados de manera aislada, son insuficientes para resolver problemas complejos de movilidad y ordenamiento.

La experiencia mostró que la planificación efectiva no depende exclusivamente de grandes inversiones, sino de decisiones claras, articuladas y coherentes con el territorio. La señalización vial, cuando se concibe como una herramienta estratégica, no solo organiza la circulación, sino que transforma la percepción del espacio, orienta comportamientos y fortalece la seguridad de los usuarios. Este aprendizaje es replicable en otros municipios, demostrando que la movilidad sostenible es alcanzable incluso con recursos limitados.

REFERENCIAS

Colombia. Congreso de la República. (2006). *Ley 1083 de 2006, por la cual se establecen algunas normas sobre planeación urbana sostenible*. Recuperado de https://www.funcionpublica.gov.co Fecha de recuperación: 09 de diciembre de 2025.

Colombia. Congreso de la República. (2011). *Ley 1503 de 2011, por la cual se promueve la formación de hábitos, comportamientos y conductas seguras en la vía.* Recuperado de https://www.funcionpublica.gov.co Fecha de recuperación: 09 de diciembre de 2025.

Colombia. Ministerio de Transporte. (2020). *Resolución 15885 de 2020, por la cual se adoptan los lineamientos para la formulación de los Planes de Movilidad Sostenible y Segura – PMSS*. Recuperado de https://www.mintransporte.gov.co Fecha de recuperación: 09 de diciembre de 2025.

Colombia. Presidencia de la República. (2015). *Decreto 1077 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio*. Recuperado de https://www.funcionpublica.gov.co Fecha de recuperación: 09 de diciembre de 2025.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2019). *CONPES 3991. Política Nacional de Seguridad Vial.* Recuperado de https://www.dnp.gov.co Fecha de recuperación: 09 de diciembre de 2025.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2021). *CONPES 4029. Política de Movilidad Urbana y Regional*. Recuperado de https://www.dnp.gov.co Fecha de recuperación: 09 de diciembre de 2025.

ASPECTOS DEL ENTORNO URBANO QUE INCIDEN SOBRE LA AFLUENCIA DE PASAJEROS EN SISTEMAS BRT EN CIUDADES LATINOAMERICANAS

Luis Raúl Campana García
COTRANS, Panamá, Rep. de Panamá y University of Florida, Florida, Estados Unidos,
lcampana@grupocotrans.com

RESUMEN

Esta investigación se centra en analizar los aspectos del entorno urbano que rodean los sistemas BRT en las ciudades latinoamericanas que influyen en la afluencia de pasajeros. Se han realizado estudios previos para desarrollar tipologías de Desarrollo Orientado al Transporte (TOD) alrededor de estaciones de transporte masivo para este fin, pero los mismos se han dirigido principalmente a sistemas de transporte por riel. Dado que los sistemas BRT son soluciones de transporte masivo que requieren menos inversión de capital, han sido recibidos con entusiasmo en las ciudades latinoamericanas. Por lo tanto, es importante establecer vínculos entre estas soluciones de movilidad y el entorno construido para asegurar que los sistemas BRT también se conviertan en catalizadores del crecimiento urbano sostenible.

Se recopiló información secundaria y de campo sobre el uso del suelo y la movilidad en tres ciudades latinoamericanas que han invertido fuertemente en sistemas BRT durante los últimos 20 años, y se realizaron entrevistas a funcionarios municipales, con el fin de obtener parámetros que permitan medir la efectividad de diferentes aspectos del entorno urbano. Los resultados muestran que las ciudades analizadas se esfuerzan por mantener aceras continuas y pasos peatonales a nivel debidamente señalizados a lo largo de las rutas del BRT y que la mayor densidad y el uso mixto del suelo a lo largo de las rutas tienen una relación positiva con la afluencia de pasajeros.

1. INTRODUCCIÓN

El Bus de Tránsito Rápido, o Bus Rapid Transit (BRT) por sus siglas en inglés, se ha consolidado como una solución de movilidad sostenible en América Latina, gracias a su capacidad para movilizar grandes volúmenes de pasajeros de manera eficiente y con menor inversión de capital en comparación con sistemas ferroviarios. Sin embargo, su éxito no depende únicamente de la infraestructura de transporte, sino de su integración con el entorno urbano.

El Instituto de Políticas de Transporte y Desarrollo (ITDP) define el BRT como "un sistema de transporte urbano basado en autobuses de alta calidad que ofrece movilidad urbana rápida, cómoda y rentable mediante la provisión de infraestructura de vía segregada, operaciones rápidas y frecuentes, y excelencia en mercadeo y servicio al cliente". Daniel Rodríguez y Erick Vergel Tovar son académicos universitarios que centran su investigación en la relación entre el uso del suelo y el transporte. Ellos definen el BRT como "un modo de transporte que suele caracterizarse por mejoras en la infraestructura que priorizan el transporte público sobre otros vehículos, proveen pago de tarifas fuera del vehículo y permiten un acceso rápido a los mismos" (Rodríguez & Tovar, 2013, p. 14). Ambas definiciones proporcionan los aspectos principales de un BRT: autobuses que circulan por carriles específicamente dedicados para su uso con estaciones diseñadas para un abordaje rápido.

La implementación de sistemas BRT tiene el potencial de redefinir el patrón de crecimiento urbano hacia modelos urbanos más sostenibles. Sin embargo, de no implementarse adecuadamente, se puede invertir una gran cantidad de impuestos en un Proyecto que no logra movilizar la cantidad de pasajeros esperados, promover crecimiento urbano sostenible o suministrar una solución de movilidad eficiente.

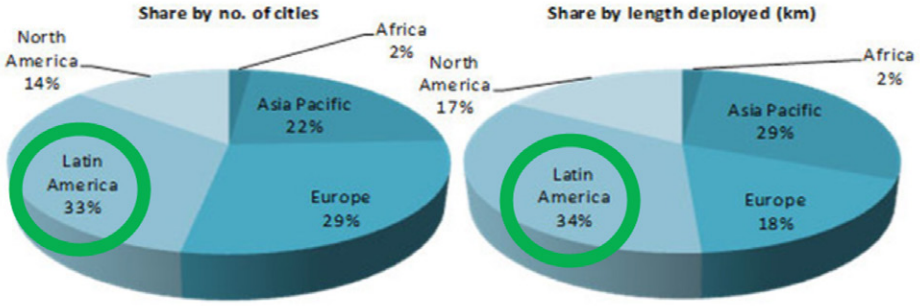
1.1 Contexto Latinoamericano

Según un informe de Transporte Masivo Global de 2017, América Latina lidera globalmente tanto en número de ciudades con sistemas operativos como en longitud de redes BRT (Informe de Transporte Masivo Global, 2017).

Sin embargo, una revisión de la literatura existente indica que, aunque los BRT han sido implementados en varias ciudades en América Latina, expertos están de acuerdo que existe una diferencia entre el enfoque implementado en ciudades como Curitiba en Brasil, donde el BRT fue insertado como parte de un plan integrado de usos de suelo y Bogotá en Colombia donde el BRT se implementó como un proyecto de transporte.

Aunque los sistemas BRT suelen requerir de menos inversión capital para su implementación en comparación con sistemas ferroviarios, aún necesita asegurar un número suficiente de pasajeros para mantener su viabilidad financiera. El entorno construido alrededor de las estaciones BRT debería fomentar la afluencia de pasajeros para ayudar a su viabilidad, pero también para reducir la dependencia del automóvil como parte del sistema de transporte público que respalda el desarrollo sostenible.

Figura 1: Proporción de Sistemas BRT en América Latina en Comparación con las Demás Regiones Mundiales



Fuente: Global Mass Transit Research, 2017.

Esta investigación atiende el problema que, en ocasiones, la inserción de líneas de BRT se conceptualizan como soluciones de transporte sin tomar en cuenta la relación simbiótica con el entorno urbano.

Hasta ahora, la investigación ha identificado el uso del suelo alrededor de las estaciones de BRT como un aspecto fundamental para aumentar la afluencia de pasajeros mediante el incremento de la densidad a lo largo de las rutas de BRT acompañado de desarrollos de uso mixto. No obstante, la accesibilidad peatonal también ha sido identificada como un elemento clave en el éxito del BRT. Por lo tanto, el entorno construido alrededor de las rutas de BRT influirá en la afluencia de pasajeros.

1.2 Objetivo de la Investigación

Identificar los aspectos del entorno urbano que inciden en la afluencia de pasajeros en sistemas BRT, con el fin de orientar su planificación hacia un desarrollo urbano sostenible. La investigación se enfoca en tres ciudades latinoamericanas: Bogotá, Cali y Ciudad de Guatemala.

2. METODOLOGÍA

El alcance de esta investigación incluye el análisis de 3 ciudades ubicadas en Guatemala y Colombia, países que han estado implementando sistemas BRT durante más de 15 años. Específicamente, se analizan Bogotá, Colombia; Cali, Colombia y Ciudad de Guatemala, Guatemala. Las dos ciudades en Colombia han sido reconocidas internacionalmente como proyectos exitosos de mejora de la movilidad. Por ejemplo, en el libro Transporte Urbano y Pobreza: Efectos de los Sistemas BRT Apoyados por el BID sobre la Movilidad y la Accesibilidad en Cali y Lima (BID, 2016), los autores indican que el objetivo del sistema MIO en Cali fue diseñado como una solución de movilidad para una ciudad con mucho congestionamiento de tráfico con el fin de ofrecer una solución eficiente y asequible para los ciudadanos de bajos ingresos. Otro objetivo, como suele ser el caso en la mayoría de las ciudades latinoamericanas, era reemplazar el antiguo sistema de buses compuesto por propietarios individuales que competían por pasajeros en la misma ruta, por un sistema de tránsito integrado.

Tabla 1: Población Estimada al Año 2020 para las Tres Ciudades Seleccionadas para el Análisis

Ciudad	Población estimada al Año 2020	Km de BRT Operativos	Nombre del Sistema BRT
Guatemala	3,515,775	88	TransMetro
Bogota	7,743,955	134	Transmilenio
Cali	3,866,560	36	MIO

Fuente: www.dane.gov.co y www.muniguate.com

Guatemala, por otro lado, siguió el ejemplo de Curitiba y desarrolló un plan urbano que incorpora el modelo de transectos urbanos a rurales en torno a las líneas BRT. Estas tres ciudades acumulan aproximadamente el 17% de la longitud total de los corredores BRT en la región, según los datos del Informe Global de Transporte Masivo de 2017, lo que constituye una muestra adecuada de la población. La siguiente tabla resume la población y la cantidad de kilómetros operativos de BRT para cada una de las tres ciudades.

La metodología incluyó la ejecución de los siguientes procesos:

2.1 Revisión de documentación previa

Se realizó una revisión de estudios y literatura existente sobre los aspectos relacionados al tema de la investigación incluyendo autores expertos en temas de la relación entre usos de suelo y uso de sistemas de transporte público en áreas urbanas alrededor del mundo.

2.2 Recolección de datos secundarios sobre población, viajes motorizados y uso del BRT en cada ciudad

De acuerdo con la revisión de documentación inicial realizada para esta investigación, los aspectos del entorno urbano que podrían tener incidencia sobre la afluencia de pasajeros en sistemas de transporte público incluyen el uso de suelo en los alrededores, densidad y accesibilidad. Por lo tanto, se recopilaron los siguientes datos en cada ciudad.

• Datos socioeconómicos incluyendo población e ingresos.

• Datos generales de movilidad incluyendo viajes y reparto modal (porcentaje de viajes realizados en transporte público).

• Datos de la oferta de BRT incluyendo ubicación de las líneas, estaciones, longitudes, pasajeros transportados por día, tipologías de buses, flota, entre otros.

2.3 Reconocimiento de campo en Bogotá y Cali mediante observación a pie y análisis remoto en el caso de Ciudad de Guatemala de las características urbanas alrededor de estaciones BRT

Por medio de recorridos y observación por medios remotos (en el caso de Ciudad de Guatemala) se realizó un inventario de las condiciones de los aspectos del entorno

urbano cercano a las estaciones de las líneas de BRT incluyendo aspectos como el uso de suelo, densidad, presencia de aceras y accesibilidad universal, integración con otros modos, entre otros.

2.4 Entrevistas a expertos en transporte y urbanismo para conocer sus impresiones sobre la importancia de ciertas características relevantes del entorno urbano construido sobre la afluencia de pasajeros en las estaciones de transporte público

Esta encuesta incluiría la siguiente pregunta: "Priorice los siguientes aspectos del entorno urbano de acuerdo a su importancia en incrementar la afluencia de pasajeros en el sistema de BRT en su ciudad". A la pregunta le seguiría una serie de aspectos que, de acuerdo a la revisión de documentación realizada podrían ser relevantes.

Los siguientes aspectos fueron incluidos:

• Densidad alrededor de las estaciones

• Presencia de usos mixtos

• Estructura de las cuadras (i.e. cuadras con longitudes menores a 150m)

• Accesibilidad peatonal con cruces seguros e inclusivos

• Aceras continuas con mobiliario urbano (bancas y árborización)

• Edificios con fachadas vivas y frentes contiguos a las aceras

Finalmente, se le realizó una pregunta abierta para que incluyeran cualquier otro aspecto que consideraran de importancia.

3. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DESCRITA

3.1 Datos de población y reparto modal

Se recopilaron datos de población y viajes en cada ciudad. Cada una desarrolló levantamientos de datos de viajes que permiten estimar el reparto modal, aunque en distintos años. Al momento del Desarrollo de esta investigación, Cali había realizado su levantamiento en 2015, Bogotá en 2019 y Guatemala poseía la data más reciente realizada a inicios de 2020. La siguiente table muestra la población y datos de viajes para cada ciudad bajo estudio.

Tabla 2: Datos de Población y Viajes para Cada Ciudad bajo Estudio

	Guatemala	Bogotá	Cali
Población	3,515,775	7,743,955	3,866,560
Total de Viajes Motorizados	3,341,758	10,172,762	2,737,506
Estimación de Viajes Diarios en BRT (2020 pre-COVID)	484,550	2,614,400	536,550
Porcentaje de Viajes Motorizados en BRT	14.5%	25.7%	19.6%
Porcentaje de Viajes Motorizados en Transporte Público	52.7%	80.5%	49.0%
Porcentaje de Viajes de Transporte Público Realizados en BRT	27.5%	31.9%	40.0%
Km de BRT Operativos	88	134	36
BRT Inició Operaciones en el Año:	2007	2000	2009
Tarifa Básica (en US$)	0.13	0.64	0.59

Fuentes: DANE Colombia, 2020; Municipio de Guatemala, 2015 y 2020; Steer & CNC, 2015 y 2020

Como se puede observar en la tabla, Guatemala y Cali son ciudades con tamaños de población similares entre tanto Bogotá posee una población mucho mayor. Las tres ciudades iniciaron las operaciones de sus BRT entre los años 2000 y 2009, por lo que las tres llevan más de 10 años de experiencia operativa en estos sistemas.

La tarifa para el uso del BRT es similar en el caso de las dos ciudades colombianas, mientras que es mucho más bajo en Guatemala. Ciertamente el PIB de Colombia es mayor que el de Guatemala pero no en la misma proporción que la diferencia en tarifas.

A pesar de la tarifa reducida, el BRT en Guatemala muestra el porcentaje de partición más bajo de las tres ciudades. El Sistema en Bogotá tiene la participación más alta al ser comparada con todos los modos motorizados. Sin embargo, el BRT de Cali posee la participación más alta al ser comparado con todos los modos de transporte público. Esto se explica mediante la siguiente tabla.

Tabla 2. Otros Aspectos de Partición Modal de Interés en las Ciudades Estudiadas

	Guatemala	Bogotá	Cali
Porcentaje de Viajes Motorizados en Otros Sistemas de Buses	NA	6.20%	8%
Porcentaje de Viajes Motorizados en Motos	10.1	8.4	28.9
Porcentaje de Viajes en Bicicletas	0.06%	9.80%	8%

Fuente: Steer & CNC, 2015 y 2020. Municipio de Guatemala, 2020

Como se puede observar, Cali registra un porcentaje muy alto de viajes motorizados realizados en motocicletas. Como el parámetro de reparto modal de viajes en BRT comparado a todos los modos de transporte público no incluye viajes en motocicletas, entonces el porcentaje de participación de BRT es más alto.

Finalmente, vale mencionar que en ambas ciudades colombianas se muestra un porcentaje de viajes en bicicletas significativamente más alto comparado con Guatemala. En el caso de Bogotá, se han implementado facilidades para bicicletas en sus estaciones BRT, incluyendo servicios a los usuarios para guardarlas de forma segura.

El análisis de los pasajeros transportados revela que los viajes en BRT para el caso de Bogotá se generan casi equitativamente de todos los sectores de la ciudad. Por lo tanto, los viajes se dan de forma más balanceada en comparación con Guatemala que registra una afluencia de viajes generados más notable del sector suroeste de la ciudad.

Finalmente, las estaciones de BRT que son puntos de intercambio modal o integración con otros servicios de transporte público muestran captación de pasajeros notablemente más altos en las tres ciudades.

3.2 Reconocimiento de las Características Urbanas

Bogotá se ha desarrollado históricamente como una ciudad compacta y Cali también, aunque con un grado menor de densidad. Esto ha establecido un marco de Desarrollo urbano que beneficia la afluencia de pasajeros que utilizan transporte público en estas dos ciudades. Las áreas alrededor de las líneas de BRT han sido desarrolladas con usos residenciales y comerciales con mediana y alta densidad en el caso de Bogotá y con mediana densidad en el caso de Cali, ambas con algunos sectores con usos mixtos. Inclusive algunos de los desarrollos se han dado a causa de la implementación de las líneas de BRT.

Entretanto Ciudad de Guatemala se ha desarrollado de forma más esparcida. De las tres ciudades analizadas, el BRT de Guatemala tiene la participación más baja en el reparto modal a pesar que la tarifa es relativamente baja (US$0.13 por viaje).

Con relación al entorno construido, Bogotá mantiene aceras continuas en muy buen estado en la mayor parte de las áreas alrededor de las líneas de BRT. A pesar que existen aceras continuas en Cali también, algunas áreas alrededor de las líneas BRT necesitan mejoras. Finalmente, Ciudad de Guatemala presenta aceras continuas únicamente en las áreas del centro urbano.

Las tres ciudades analizadas han implementado cruces peatonales con diseños inclusivos en las cercanías de la mayor parte de las líneas BRT. En el caso de aquellas áreas que requieren cruces por vías más amplias, han construido pasos a desnivel.

3.3 Entrevistas a Expertos

Se aplicó la entrevista descrita en la sección de Metodología de este documento a los siguientes cuatro expertos identificados:

• Jaime Monroy, Director Técnico de BRT, Transmilenio, Bogota

• Luis Pinzon, Ingeniero de Transporte y Ex-planificador para Transmilenio, Bogota

• Eddy Morataya, Director de Movilidad Urbana, Municipio de Guatemala

• Daniel Rubio, Director de Ordenamiento Territorial para IDOM Consulting, Latinoamérica

La tabla 3 resume las respuestas obtenidas de los cuatro expertos entrevistados con relación a la primera pregunta. Los resultados indican que los expertos están en acuerdo que los aspectos principales del entorno urbano que ejercen influencia sobre la afluencia de pasajeros de sistemas BRT en su ciudad es la densidad y presencia de usos mixtos alrededor de las estaciones. De los demás aspectos, consideran clave aquellos que atienden directamente a la movilidad peatonal: accesibilidad y aceras continuas. Las tres ciudades analizadas mostraron mucha inversión en este tipo de instalaciones en las áreas alrededor de las líneas BRT.

Tabla 3. Resumen de los Resultados de la Primera Pregunta Realizada a los Expertos

	Jaime Monroy	Luis Pinzon	Eddy Morataya	Daniel Rubio	Average
Density surrounding stations	2	1	1	1	1.25
Presence of mixed use	1	2	2	2	1.75
Pedestrian accesibility with safe and inclusive crossings	3	3	5	3	3.50
Continuous sidewalks with urban furnishing such as benches and trees	4	4	3	5	4.00
Street-oriented buildings with active building fronts contiguous to the sidewalks	6	6	4	4	5.00
Block structure (i.e. blocks less than 150m in length)	5	5	6	6	5.50

En la pregunta abierta los expertos brindaron los siguientes comentarios:

• La integración adecuada del servicio BRT con otros modos de transporte público y acitvos (i.e. ciclovías) incrementa la afluencia de pasajeros. De hecho, Jaime Monroy de Transmilenio indicó haber observado incrementos en la afluencia de pasajeros en estaciones después de haber sido integradas con otros modos. Eddy Morataya también indicó este aspecto como vital para incrementar la demanda del BRT.

• Es esencial contar con un fortalecimiento institicional para crear desarrollo alrededor de las estaciones que incorpore los aspectos urbanos discutidos en esta investigación. Las entidades gubernamentales deben entender la importancia aspectos esenciales del entorno urbano como densidad, uso mixto, accesbilidad peatonal adecuada e integración con otros modos de transporte para mejorar la afluencia de pasajeros y así planificar los sistemas adecuadamente y asegurar su financiamiento.

4. CONCLUSIONES

La densidad, así como la presencia de usos de suelo mixtos es crucial para el éxito de un sistema BRT como se podía esperar para cualquier sistema de transporte público. Una de las razones que pareciera explicar la diferencia notoria de afluencia de pasajeros al comparar los sistemas BRT de Bogotá con Guatemala, por ejemplo, es que la anterior se ha desarrollado como una ciudad compacta mientras que la última se desarrolló de forma esparcida.

Con relación al entorno a las líneas BRT, las tres ciudades anallizadas han realizado esfuerzos conscientes para sumininstrar facilidades peatonales incluyendo aceras continuas y cruces con accesibilidad universal.

Además, de acuerdo a los expertos entrevistados, la integración de las estaciones BRT con otros modos de transporte público aumenta la afluencia de pasajeros. Aquellas estaciones que conectan con otros modos muestran un caudal más alto de pasajeros movilizados. Dado a que los Municipios reconocen la importancia de este aspecto, han implementado instalaciones peatonales en la mayoría de los puntos de intercambio modal en las tres ciudades analizadas. Esto aplica no solamente para otros modos de transporte público motorizados, si no para modos activos también como ciclovías. En el caso específico de Bogotá, el Municipio ha integrado aspectos operativos y de diseño para atender las necesidades de usuarios que se movilizan con bicicletas. Los expertos Monroy y Morataya han identificado la importancia de integrar el sistema BRT con sistemas de movilidad activa para incrementar la afluencia de pasajeros en el sistema.

Por lo tanto, las ciudades que planean invertir en sistemas BRT deben buscar incluir los aspectos del entorno urbano aquí analizados como parte de sus proyectos para evitar planificar un BRT solamente como una solución de transporte. Suministrar los aspectos del entorno urbano para incrementar la afluencia de pasajeros permitirá que el BRT sea un catalizador para promover el crecimiento urbano sostenible. En resumen, esta investigación concluye que para lograr esto, las ciudades deben:

• Revisar la zonificación alrededor de las líneas de BRT para promover mayor densidad y usos mixtos.

• Asegurar la accesibilidad cómoda y segura a las estaciones construyendo aceras continuas, amplias, preferiblemente con arborización e iluminación y cruces apropiados.

• Construir estaciones que permitan integrarse con otros modos de transporte e incluir instalaciones para atender las necesidades de movilización active de los usuarios.

5. BIBLIOGRAFÍA

Cervero, R. B. (2013). Linking urban transport and land use in developing countries. Journal of Transport and Land Use, 6(1), 7. doi:10.5198/jtlu.v6i1.425

Cervero, R., & Dai, D. (2014). BRT TOD: Leveraging transit oriented development with bus rapid transit investments. Transport Policy, 36, 127-138. doi:10.1016/j.tranpol.2014.08.001

Cervero, R., & Seskin, S. (1995). *An evaluation of the relationships between transit and urban form.* Washington, D.C.: Transportation Research Board, National Research Council.

DANE Colombia. Proyecciones de Población. Obtenido el 26 de Octubre de 2020.

Dittmar, H. & Ohland, G. (2004). The new transit town: Best practices in Transit Oriented Development. Washington, D.C: Island Press.

Estupiñán, N., & Rodríguez, D. A. (2008). The relationship between urban form and station boardings for Bogotá's BRT. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42(2), 296-306. doi:10.1016/j.tra.2007.10.006

Global Mass Transit Report (2017, March 1). BRT systems in Latin America: A comparative analysis. Obtenido el 28 de Julio 2020, de https://www.globalmasstransit.net/archive.php?id=25398.

Hantono, D., & Prayogi, L. (2018). Bus Rapid Transit-oriented Development: A Review of built environment qualities potentially triggering Bus Rapid Transit passengers' modal shift. *International Journal of Engineering Research and Technology, V7*(08). doi:10.17577/ijertv7is080100

Heres, D. R., Jack, D., & Salon, D. (2013). Do public transport investments promote urban economic development? Evidence from Bus Rapid Transit in Bogota, Colombia. *Transportation, 41*(1), 57-74. doi:10.1007/s11116-013-9471-8

Interamerican Development Bank. (2016). *Urban Transport and Poverty: Effects of the BRT Systems Supported by IADB on Mobility and Accessibility in Cali and Lima.* Washington, D.C.

Municipio de Guatemala (2015). Estimaciones y Proyecciones Municipales.

Municipio de Guatemala (2020). Levantamiento de Datos de Viajes.

Municipio de Guatemala. Obtenido el 24 de Octubre de 2020, de www.muniguate.com

Rodriguez, D. & Tovar, E.V. (2013). Bus Rapid Transit and Urban Development in Latin America. *Land Lines*. Lincoln Institute of Land Policy.

Steer & CNC (2019). *Mobility Surveys Performed at the Greater Bogota Area*. City of Bogota.

Steer & CNC (2015). *Mobility Surveys*. MetroCali. City of Cali.

Suzuki, H., Cervero, R., & Iuchi, K. (2013). *Transforming cities with transit: Transit and land-use integration for sustainable urban development.* Washington, D.C.: World Bank.

United Nations Centre for Human Settlements (Habitat). (2013). *Global report on human settlements.* New York: Routledge.

ZONAS DE BAJAS EMISIONES EN AMÉRICA LATINA: LECCIONES DEL CASO CIUDAD VIEJA DE MONTEVIDEO

Santiago Beiró, Juan Pablo Bianchi, Reena Mahajan, Cecilia Olivieri y Tim Voßkämper
Universidad de la República, Montevideo, Uruguay
Cecilia.olivieri@cienciassociales.edu.uy

RESUMEN

La peatonalización de centros históricos constituye una herramienta clave para la movilidad sostenible en América Latina. Este estudio analiza la Ciudad Vieja de Montevideo mediante una base georreferenciada de 275 cuadras clasificadas por grado de pacificación, explorando asociaciones entre diseño urbano, actividad económica y vacancia edilicia. Los resultados indican que las calles peatonales y pacificadas presentan mayor presencia comercial y menores niveles de abandono, mientras que las calles con estacionamiento bilateral exhiben dinámicas opuestas. Se discuten implicancias para estrategias locales de bajas emisiones basadas en intervenciones graduales, gestión del estacionamiento y fortalecimiento del transporte público.

1. INTRODUCCIÓN

La transformación del espacio urbano para priorizar modos activos se ha convertido en uno de los ejes más relevantes de las políticas contemporáneas de movilidad sostenible. En las últimas décadas, numerosas ciudades han reconfigurado la distribución del espacio vial para disminuir la circulación automotora, ampliar veredas, crear corredores peatonales y ciclovías, y mejorar la calidad del ambiente urbano. Estas intervenciones han demostrado beneficios en términos de reducción de emisiones, disminución del ruido, mayor seguridad vial y revitalización comercial.

En América Latina, la aplicación de estas políticas presenta desafíos estructurales. La coexistencia de tejidos urbanos patrimoniales, informalidad comercial, dependencia del automóvil, debilidades institucionales y tensiones entre accesibilidad vehicular y uso social del espacio público condiciona la implementación de estrategias de pacificación. A pesar de ello, la evidencia en ciudades como Medellín, Lima o Cuenca muestra que intervenciones participativas y graduales pueden transformar positivamente la movilidad y la habitabilidad urbana.

La Ciudad Vieja de Montevideo constituye un caso especialmente interesante por su valor patrimonial, su mezcla compleja de usos y su escala caminable. No obstante, el barrio enfrenta problemas persistentes: deterioro edilicio, vacancia, saturación del espacio destinado al estacionamiento, congestión vehicular y escasez de vegetación. Estos factores afectan tanto la calidad de vida de los residentes como la vitalidad económica del área.

Desde 2020, la Intendencia impulsa el programa Late Ciudad Vieja, que desarrolla intervenciones tácticas orientadas a ampliar el espacio peatonal, reducir el tránsito automotor y favorecer la movilidad activa. Estas acciones se articulan con el Plan de Acción Climática de Montevideo (2024), que establece metas de reducción de emisiones y creación de zonas de bajas emisiones.

Este artículo examina cómo la configuración del espacio vial, especialmente el grado de pacificación, se relaciona con patrones de actividad económica, abandono edilicio y calidad ambiental en la Ciudad Vieja. A partir de una base georreferenciada de 275 cuadras, se identifican asociaciones entre diseño urbano y dinámicas territoriales, con el fin de aportar evidencia para el diseño de zonas de bajas emisiones en contextos latinoamericanos.

El aporte principal es empírico: la mayoría de los estudios sobre peatonalización provienen de ciudades europeas o norteamericanas, mientras que la evidencia latinoamericana continúa siendo limitada. Este trabajo contribuye a llenar ese vacío.

2. LITERATURA RELEVANTE

La literatura internacional coincide en que la reducción del tránsito motorizado y la ampliación del espacio peatonal generan múltiples beneficios urbanos. Soni y Soni (2016) indican que las áreas peatonales mejoran la calidad del aire, reducen siniestros

de tránsito y aumentan la seguridad. Keserü et al. (2016) destacan la cohesión social y la apropiación del espacio público como efectos adicionales.

Un concepto clave es la "evaporación del tráfico". Cairns et al. (2002) demostraron que la reducción de capacidad vehicular no genera congestión adicional de forma sistemática, sino que modifica patrones de viaje y puede reducir la demanda de desplazamientos motorizados. Estudios posteriores, como los de Nello-Deakin (2022) en Barcelona, confirman este fenómeno en intervenciones de urbanismo táctico. Las Low Emission Zones (LEZ) europeas han mostrado impactos ambientales significativos. Holman et al. (2015) documentan reducciones de contaminantes locales y mejoras en salud pública cuando estas intervenciones se combinan con renovación de flotas y restricciones de acceso.

En el plano económico, Arancibia et al. (2019) muestran que reemplazar estacionamiento por infraestructura ciclista aumentó ventas comerciales en Toronto. En Berlín, Betzien (2021) encuentra que los comerciantes tienden a sobrestimar la importancia del automóvil en el consumo. En Melbourne, Lee y March (2010) muestran que peatones y ciclistas aportan una proporción considerable de ingresos comerciales.

En América Latina, Parajuli y Pojani (2017) analizan barreras sociopolíticas, destacando resistencia de actores locales ante restricciones vehiculares. No obstante, señalan que procesos participativos y políticas complementarias pueden superar estas dificultades.

En el plano ambiental, estudios recientes enfatizan el rol del arbolado urbano. Orlando y Berazategui (2024) muestran que la Ciudad Vieja presenta vulnerabilidades térmicas importantes debido a su escasa vegetación. Yaşlı et al. (2023) documentan reducciones térmicas significativas cuando se incorporan árboles en calles densamente construidas.

3. CONTEXTO URBANO

3.1 Área de estudio

Montevideo, capital de Uruguay, concentra 1,9 millones de habitantes dentro de su área metropolitana. La ciudad combina rasgos de urbes de ingresos medios con niveles de desarrollo social comparables a los de países de altos ingresos (Olivieri y Fageda, 2021). Su estructura urbana es compacta y costera, organizada en torno a un centro histórico denso y un tejido residencial que se expande hacia la periferia norte y oeste, donde se concentran los sectores de menores ingresos.

El transporte público se basa casi exclusivamente en una extensa red de buses que articula la movilidad diaria de cerca de un millón de viajes, mientras que los desplazamientos en automóvil privado representan algo menos de un tercio del total. En contraste con otras capitales latinoamericanas, Montevideo exhibe una alta proporción de viajes peatonales y una escala urbana que favorece la caminabilidad, aunque sufre limitaciones asociadas a la escasez de la infraestructura adecuada para incentivar la movilidad activa y el deterioro del espacio público en áreas centrales.

El análisis se focaliza en la Ciudad Vieja de Montevideo junto con una zona de influencia ampliada, definida con el propósito de captar los flujos de movilidad asociados al barrio y estacionamiento de vehículos. La Ciudad Vieja es un barrio patrimonial que combina funciones residenciales, culturales y administrativas. Es el primer barrio de la ciudad y se sitúa en una península a la orilla de la Bahía de Montevideo. Comparte con otras áreas centrales de la región problemas de congestión, contaminación y vacancia edilicia. Al mismo tiempo, su escala compacta y su tejido urbano histórico la convierten en un espacio propicio para implementar intervenciones urbanas de pequeña escala, pero con alto impacto social.

3.2 Patrones de movilidad de referencia

Según estimaciones basadas en registros de uso de tarjetas del transporte metropolitano, la Ciudad Vieja recibe alrededor de 40.000 ingresos diarios en ómnibus, lo cual refleja su importancia como nodo de actividad económica y administrativa. A ello se suma un ingreso aproximado de 9.000 personas en automóvil en hora pico, lo que genera congestión y presión sobre la infraestructura vial. El estacionamiento en superficie ocupa una porción significativa del espacio urbano, limitando oportunidades de incorporar arbolado, mobiliario y soluciones basadas en la naturaleza.

La normativa departamental de transporte de cargas agrega complejidad: zonas con diferentes restricciones horarias y límites de tonelaje obligan a gestionar el espacio vial de manera diferenciada. En este contexto, las iniciativas de pacificación plantean un equilibrio entre las necesidades logísticas del barrio y la mejora de la habitabilidad urbana.

El programa *Late Ciudad Vieja* ha implementado intervenciones experimentales de urbanismo táctico, tales como ampliaciones temporales de veredas, restricción de estacionamiento y creación de espacios peatonales. Estas acciones, sumadas a los compromisos climáticos de Montevideo, conforman el marco estratégico para avanzar hacia una transición más amplia hacia zonas de bajas emisiones.

4. METODOLOGÍA Y DISEÑO EMPÍRICO

El diseño empírico se organiza en tres etapas complementarias que articulan información cuantitativa y cualitativa.

4.1 Diagnóstico

La primera etapa consistió en la elaboración de un diagnóstico exhaustivo sobre las condiciones actuales de movilidad, uso del suelo y morfología urbana. Se integraron datos de fuentes públicas (Sistema de Información Geográfica de la Intendencia de Montevideo, Encuesta Origen–Destino 2016, datos del STM) y de un relevamiento presencial realizado en octubre de 2023. En este trabajo de campo se clasificaron todos los padrones del área según su uso (gastronómico, comercial, educativo, residencial, estacionamiento o abandonado), construyendo una base georreferenciada central para el análisis.

El diagnóstico incluyó el conteo de vehículos que acceden a la Ciudad Vieja por la Rambla, la revisión de la normativa departamental de transporte de cargas —que define tres zonas de circulación según peso y horario— y la identificación de puntos críticos de congestión, disponibilidad de estacionamiento y concentración de siniestros de tránsito. También se analizaron los datos de uso de la tarjeta STM para estimar el flujo horario promedio de pasajeros hacia y desde el barrio, y se sistematizó información sobre arbolado urbano, espacios verdes y equipamientos públicos.

4.2 Evaluación

Se desarrolló una tipología de cinco categorías de calle según su grado de pacificación: (1) peatonales, (2) pacificadas, (3) de un carril con estacionamiento en un solo lado, (4) de un carril con estacionamiento en ambos lados y (5) calles con dos o más carriles vehiculares. Cada una de las 275 cuadras del área fue clasificada.

A partir de esta tipología, se calcularon indicadores agregados (densidad de locales comerciales, proporción de padrones abandonados) para cada tipo de calle. El procesamiento se realizó con QGIS, R y Stata. Si bien el estudio no pretende establecer relaciones causales estrictas, el cruce sistemático de información espacial y socioeconómica ofrece una base sólida para orientar la planificación urbana basada en evidencia.

4.3 Elaboración de propuestas

Utilizando los hallazgos previos, se formularon propuestas de intervención progresiva estructuradas en tres fases (corto, mediano y largo plazo), siguiendo un enfoque de urbanismo táctico. Las intervenciones propuestas incluyen la pacificación de ejes clave, la creación de una "calle escolar", la racionalización de las líneas de transporte público, la reducción de los límites de velocidad a 30 km/h, y el reemplazo de espacios de estacionamiento por áreas verdes y jardines de lluvia.

El enfoque general combinó evaluación territorial y análisis funcional, analizando correlaciones entre el grado de pacificación y variables como número de locales comerciales, padrones abandonados y disponibilidad de estacionamiento. El diseño de estas propuestas responde a una lógica incremental: primero se implementan intervenciones temporales de bajo costo (pintura, macetas, bolardos móviles) para evaluar su aceptación comunitaria y su impacto en la movilidad; luego, las medidas exitosas se consolidan mediante obras permanentes. Esta metodología permite minimizar riesgos y generar aprendizaje institucional sobre los efectos reales de la peatonalización en la dinámica barrial.

4.4 Enfoque de análisis

El enfoque general del estudio combina evaluación territorial y análisis funcional del espacio urbano. La unidad de observación —la cuadra— se eligió por su relevancia operativa en la planificación urbana y su capacidad de capturar variaciones finas en el uso del espacio. Sobre esta base, se analizaron correlaciones entre el grado de pacificación y variables como: número de locales gastronómicos y comerciales;

cantidad de padrones abandonados; disponibilidad de estacionamiento en vía pública; presencia de arbolado y mobiliario urbano.

Estos indicadores permiten medir de forma indirecta la vitalidad urbana y el atractivo de cada calle. En conjunto, la estrategia metodológica apunta a construir evidencia local que permita evaluar los beneficios potenciales de la pacificación del tránsito no solo en términos de movilidad, sino también de revitalización urbana y equidad ambiental.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran una correspondencia clara entre el grado de pacificación de las calles y su vitalidad urbana: las vías con mayor prioridad peatonal concentran más actividad comercial y gastronómica y registran menor presencia de padrones abandonados, mientras que las calles con predominio vehicular tienden a mostrar signos de desinversión y desuso. Además, se constata que el estacionamiento en calle significa un mayor problema que el tránsito motorizado para el funcionamiento de la economía barrial.

Estos patrones respaldan la hipótesis de que el diseño urbano incide de manera significativa en la vitalidad económica y social del barrio. Las calles que privilegian la caminabilidad y reducen la presencia de automóviles no solo mejoran la accesibilidad peatonal, sino que también generan condiciones más favorables para la interacción social y la actividad económica de proximidad. En términos conceptuales, estos hallazgos coinciden con la literatura que asocia la calidad del espacio público con el dinamismo comercial y la percepción de seguridad (Gehl, 2010; Lang et al., 2022). En particular, las evidencias locales refuerzan el argumento de Kuhnimhof y Merten (2023), quienes demostraron que un exceso de estacionamientos en la vía pública reduce las rentas minoristas y limita la diversificación del comercio urbano.

La distribución espacial de la actividad gastronómica y comercial también muestra una fuerte concentración en torno a los ejes peatonales preexistentes, como la calle Sarandí y sus transversales, y una gradiente decreciente hacia las zonas más alejadas de dichos corredores. Esta estructura sugiere un proceso de retroalimentación positiva: la densidad de usos activos atrae más peatones, lo que a su vez incentiva nuevas inversiones y mejora la percepción de seguridad. Las calles de tránsito medio —de un solo carril y estacionamiento en un lado— se ubican en un punto intermedio, mostrando un potencial de reconversión hacia esquemas más amigables con el peatón si se redujera la capacidad vehicular o se incorporaran elementos verdes y de mobiliario urbano.

Desde un punto de vista económico, la relación observada entre pacificación y dinamismo comercial se alinea con experiencias documentadas en otras ciudades. En Toronto y Melbourne, por ejemplo, la sustitución de estacionamientos por infraestructura ciclista o espacios peatonales incrementó las ventas minoristas y la afluencia de visitantes (Arancibia et al., 2019; Lee y March, 2010). Del mismo modo, estudios realizados en Berlín indican que los comerciantes tienden a sobrestimar la dependencia del automóvil en la clientela, sub-valorando el peso de los peatones y ciclistas en sus ingresos (Betzien, 2021). El caso de Montevideo muestra una tendencia

similar: la mayor presencia de locales comerciales y gastronómicos y la menor tasa de abandono en calles peatonales sugieren que la vitalidad económica no depende del acceso vehicular, sino de la calidad del espacio público y del flujo peatonal.

En el plano social, la evidencia apunta a que las calles más habitables favorecen la apropiación colectiva y el sentido de pertenencia. Durante el trabajo de campo se observó que las zonas pacificadas albergan con mayor frecuencia actividades espontáneas —desde eventos culturales hasta uso recreativo de las veredas—, lo que refuerza la función social de la calle como espacio de encuentro. Este tipo de dinámicas coincide con la literatura sobre urbanismo táctico y su capacidad para catalizar transformaciones más amplias de la cultura de movilidad (Nello-Deakin et al., 2024). La existencia de un entramado mixto, donde coexisten tramos activos y otros dominados por el tránsito, constituye además una oportunidad para ensayar intervenciones experimentales de corto plazo antes de consolidar obras definitivas.

Aunque el análisis se concentra en dimensiones socioeconómicas, los resultados también tienen implicancias ambientales relevantes. Las calles pacificadas y peatonales ofrecen un mayor potencial para la incorporación de arbolado, vegetación y jardines de lluvia, elementos que contribuyen a mitigar las islas de calor urbanas y mejorar el confort térmico. Estudios recientes para Montevideo demuestran que la Ciudad Vieja se encuentra entre los barrios con mayor riesgo de acumulación térmica debido a la escasez de vegetación y la predominancia de superficies asfaltadas (Orlando y Berazategui, 2024). La implementación de diseños más permeables y sombreados, como los propuestos en este estudio, permitiría reducir entre 1 °C y 4 °C la temperatura superficial, en línea con los hallazgos internacionales sobre el rol de los árboles urbanos en la regulación climática (Yaşlı et al., 2023). De esta forma, las estrategias de movilidad sostenible no solo repercuten en la eficiencia del transporte, sino también en la resiliencia ambiental del barrio, especialmente en Ciudad Vieja, que es el barrio con menor arbolado en toda la ciudad.

El análisis comparado sugiere, además, que las políticas de pacificación pueden operar como una herramienta de revitalización urbana inclusiva, siempre que se implementen con mecanismos de participación y control del suelo que eviten procesos de exclusión.

En otros contextos, la mejora del entorno urbano ha derivado en incrementos del valor inmobiliario y en procesos de gentrificación que desplazan a residentes o actividades tradicionales (Parajuli y Pojani, 2017). En el caso de Montevideo, la escala moderada de las intervenciones y la persistencia de un tejido social mixto podrían permitir un equilibrio entre renovación y permanencia. Sin embargo, la evidencia de vacancia edilicia muestra que, sin políticas complementarias de vivienda y gestión del suelo, los beneficios de la peatonalización podrían concentrarse en sectores específicos del barrio.

En conjunto, los resultados confirman que la reconfiguración física del espacio urbano es un componente clave para alcanzar los objetivos de sostenibilidad y calidad de vida planteados por el Plan de Acción Climática de Montevideo (2024). Las calles orientadas al peatón no solo reducen la presión vehicular y las emisiones, sino que promueven entornos más saludables, seguros y económicamente activos. Estas conclusiones respaldan la necesidad de una política de movilidad integrada

que combine la mejora del transporte público con la expansión progresiva de zonas pacificadas y de bajas emisiones.

La siguiente sección sintetiza estas implicancias en términos de políticas públicas y discute cómo las lecciones de Ciudad Vieja pueden servir como modelo para otros centros urbanos latinoamericanos en proceso de transición hacia la sostenibilidad.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de la Ciudad Vieja de Montevideo muestra que las transformaciones físicas del espacio urbano orientadas al peatón generan impactos tangibles en la vitalidad económica, social y ambiental. Se concluye que las calles que priorizan al peatón concentran mayores niveles de actividad comercial, menores tasas de abandono y un mayor potencial para la incorporación de vegetación. La calidad del espacio público es un determinante central del dinamismo urbano.

Los resultados refuerzan la idea de que la movilidad sostenible es una transformación cultural en la forma de habitar la ciudad. La peatonalización funciona como un catalizador de nuevas prácticas que combinan beneficios ambientales, sociales y económicos, alineándose con los objetivos del Plan de Acción Climática de Montevideo (2024) y con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 11 y 13 (Naciones Unidas, 2014), relativos a la creación de ciudades inclusivas, seguras y resilientes y a la acción frente al cambio climático.

A pesar de las limitaciones del estudio (enfoque transversal, escala de cuadra), los hallazgos ofrecen lecciones valiosas para la gestión urbana. Se sugieren al menos tres orientaciones estratégicas:

• Adoptar un enfoque de implementación gradual y participativo, utilizando el urbanismo táctico para ensayar transformaciones con bajo costo y alta capacidad de aprendizaje.

• Integrar movilidad, vivienda y gestión del suelo para abordar simultáneamente la vacancia edilicia y evitar presiones inmobiliarias que deriven en desplazamiento.

• Revalorizar el transporte público como columna vertebral de la movilidad sostenible, mediante la racionalización de líneas y la mejora de la calidad y cobertura.

La evidencia apunta a la necesidad de rediseñar los accesos a la Ciudad Vieja mediante un esquema integrado de medidas *pull* (corredores exclusivos de buses) y *push* (reducción de estacionamiento en superficie). La transformación hacia una movilidad sostenible exige, en definitiva, un cambio cultural para reconfigurar los imaginarios urbanos hacia una ciudad para las personas.

Agradecimientos
Este estudio forma parte del proyecto financiado por el Fondo Óscar Maggiolo 2021, con apoyo de la Intendencia de Montevideo y la Comisión Sectorial de Investigación Científica de la Universidad de la República.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arancibia, D., Farber, S., Savan, B., Verlinden, Y., Smith Lea, N., Allen, J., Vernich, L. (2019). Measuring the local economic impacts of replacing on-street parking with bike lanes: A toronto (canada) case study. *Journal of the American Planning Association*, 85(4), 463-481.

Betzien, J. (2021). Local business perception vs. mobility behavior of shoppers: A survey from Berlin. *Findings*.

Cairns, S., Atkins, S., Goodwin, P. (2002, March). Disappearing traffic? The story so far. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer* (Vol. 151, No. 1, pp. 13-22). Thomas Telford Ltd.

Gehl, J. (2010) *Cities for People*. Washington, DC: Island press

Holman, C., Harrison, R., Querol, X. (2015). Review of the efficacy of low emission zones to improve urban air quality in European cities. http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.04.009.

Intendencia de Montevideo (2024). Plan de Acción Climática. https://montevideo.gub.uy/plan-de-accion-climatica-de-montevideo

Keserü, I., Wuytens, N., De Geus, B., Macharis, C., Hubert, M., Ermans, T., Brandeleer, C. (2016). Monitoring the impact of pedestrianisation schemes on mobility and sustainability: State of the art paper, literature review. (pp. 97-106). BSI-BCO.

Kuhnimhof, T., Merten, L. (2023). Impacts of parking and accessibility on retail-oriented city centres, *Journal of Transport Geography*, 113, DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2023.103733

Lang, J. J., Pinault, L., Colley, R. C., Prince, S. A., Christidis, T., Tjepkema, M., Villeneuve, P. J. (2022). Neighbourhood walkability and mortality: Findings from a 15-year follow-up of a nationally representative cohort of Canadian adults in urban areas. *Environment international*, 161, 107141.

Lee, A., March, A. (2010). Recognising the economic role of bikes: sharing parking in Lygon Street, Carlton. *Australian Planner*, 47(2), 85-93.

Naciones Unidas (2014). *Delivering the Post-2015 Development Agenda. Opportunities at National and Local Levels*, Nueva York, Naciones Unidas.

Nello-Deakin, S. (2022). Exploring traffic evaporation: Findings from tactical urbanism interventions in Barcelona. *Case Studies on Transport Policy*, 10(4), 2430–2442. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.11.003

Nello-Deakin, S., Sancho, C., Zeynep, S. (2024). Who's afraid of pedestrianisation? Residents' perceptions and preferences on street transformation. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2024.103117

Olivieri, C., and Fageda, X. (2021). Urban mobility with a focus on gender: The case of a middle-income Latin American city. *Journal of Transport Geography*, 91, 102996.

Orlando, L., Berazategui, M. (2024). An urban ecology primer for Montevideo: Heat island in a Latin American social-ecological context, Urban Climate, Volume 57, 2024,102091, ISSN 2212-0955, https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.102091.

Parajuli, A. and Pojani, D. (2017). Barriers to the pedestrianization of city centres: Perspectives from the Global North and the Global South, *Journal of Urban Design*, 22(5), pp. 671–690. https://doi.org/10.1080/13574809.2017.1369875

Soni, N. K., Soni, N. (2016). Benefits of pedestrianization and warrants to pedestrianize an area. *Land Use Policy*, 57, 139–150. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.05.009.

Yaşlı, R., Yücedağ, C., Ayan, S., Simovski, B. (2023). The Role of Urban Trees in Reducing Land Surface Temperature. *SilvaWorld*.

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE CONECTIVIDAD DE LA INFRAESTRUCTURA DE MOVILIDAD SOSTENIBLE (CASO DE ESTUDIO: PARROQUIA TUCACAS, MUNICIPIO JOSÉ LAURENCIO SILVA, EDO. FALCÓN, VENEZUELA)

Villegas, I - Migliorisi, A
Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela

Cordero, Y
Universidad UNELLEZ, Guanare, Venezuela
Isandravillegas@gmail.com

RESUMEN

A nivel global, los entornos costeros enfrentan una creciente presión debido a procesos de urbanización desorganizada, lo cual deteriora su valor ecológico, paisajístico y funcional. Esta situación se agudiza en territorios donde la interacción entre lo natural y lo antrópico carece de planificación, generando impactos negativos sobre el ambiente, la estructura urbana y la economía local. El municipio José Laurencio Silva, en el estado Falcón (Venezuela), constituye un caso crítico: pese a su proximidad al Parque Nacional Morrocoy y su designación como ABRAE desde 1974, ha experimentado un crecimiento urbano desordenado y ocupación ilegal del borde costero, contraviniendo normativas como el Decreto-Ley de Zonas Costeras (2001). Esta expansión ha fragmentado el espacio público, reducido la conectividad y limitado el potencial turístico del área. El estudio, de carácter cualitativo y territorial-integrador, utilizó un diseño exploratorio-descriptivo con indicadores de ocupación y conectividad. Los resultados muestran que la infraestructura vial actual representa aproximadamente un 36.5% del espacio urbano, dentro del rango aceptable según ONU-Hábitat (30–50%), pero con un déficit crítico en movilidad no motorizada: ciclovías inexistentes y aceras que apenas alcanzan un 8%, por debajo del mínimo recomendado (10–20%). Estos desequilibrios limitan la cohesión territorial y la competitividad turística. Se propone un modelo de ocupación que priorice la movilidad peatonal y ciclista, con índices de 25–35% para vialidad vehicular, 15–20% para aceras y 10–15% para ciclovías, alineado con estándares internacionales y los ODS 2030- # 11.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento desorganizado de los centros urbanos constituye uno de los principales desafíos para la sostenibilidad y la calidad de vida en el siglo XXI. Según Naciones Unidas (2022), para el año 2050 la población urbana mundial se duplicará, sin que este crecimiento haya sido acompañado por una planificación adecuada ni por inversiones proporcionales en infraestructura y servicios públicos. En América Latina, esta brecha se traduce en problemas de movilidad, fragmentación del espacio público y presión sobre los ecosistemas naturales (CAF, 2011; Cutillo & Langers, 2012).

En Venezuela, esta realidad se evidencia con especial fuerza en municipios costeros como José Laurencio Silva (JLS), en el estado Falcón. A pesar de su cercanía al Parque Nacional Morrocoy —reconocido como ABRAE desde 1974—, el municipio presenta patrones de ocupación territorial espontánea, escasa conectividad urbana y creciente deterioro ambiental. La ausencia histórica de un Plan de Desarrollo Urbano Local (PDUL) ha favorecido un crecimiento desordenado, limitando la posibilidad de implementar políticas de ordenamiento integral.

La situación es crítica en la parroquia Tucacas, donde el incremento del turismo no ha estado acompañado por una infraestructura de movilidad adecuada, afectando la calidad de vida de habitantes y visitantes. Esta problemática responde, en parte, a limitaciones económicas y técnicas que dificultan la formulación de instrumentos de planificación. Urbina (2024) advierte que la falta de un PDUL genera un uso anárquico del suelo urbano, afectando la cohesión territorial y el aprovechamiento eficiente del espacio.

Ante este panorama, el respaldo institucional del gobierno nacional resulta indispensable para apoyar la formulación y ejecución de políticas urbanas coherentes, en concordancia con la Constitución Nacional de 1999 y la Ley Orgánica de Ordenación Urbanística (1987). De igual manera, este esfuerzo se enmarca en compromisos internacionales, como la Nueva Agenda Urbana (ONU-Hábitat, 2016) y Hábitat III, que promueven ciudades más inclusivas, resilientes y sostenibles. En este contexto, el municipio JLS ha iniciado la formulación de su primer PDUL, orientado a consolidar un modelo territorial funcional y sostenible que articule armónicamente ecosistemas costeros y espacios urbanos.

En este estudio, se han agrupado los indicadores en dos dimensiones analíticas: Conectividad Físico-Espacial e Inclusión Social. La matriz correspondiente permite comparar distintos tramos urbanos y evaluar su grado de integración en función de estándares internacionales sobre uso del espacio público, con énfasis en vialidad, aceras, ciclovías y espacios peatonales verdes. Estos valores de referencia resultan útiles para la revisión del sistema de movilidad del PDUL formulado en el año 2025, propuestas de intervención territorial y diagnósticos comparativos al caso de estudio.

2. PROCEDIMIENTO

La metodología se estructuró en cuatro etapas secuenciales destinadas a diagnosticar, cuantificar y formular recomendaciones para mejorar la conectividad urbana en el marco del PDUL del Municipio JLS:

1. Identificación de la infraestructura vial existente: revisión documental de instrumentos normativos (Ordenanzas Municipales, POU, anteproyecto del PDUL), levantamiento de información técnica (SIG-QGIS, imágenes satelitales, cartografía) y elaboración de un inventario métrico de la red vial, peatonal y ciclista.

2. Procesamiento y análisis de la información: diagnóstico analítico de la infraestructura de movilidad, jerarquización vial, cuantificación del espacio público destinado a cada componente, determinación de indicadores de ocupación y conectividad nacionales e internacionales.

3. Cálculo y definición de indicadores: delimitación del área de estudio (512 km^2, parroquia Tucacas), clasificación tipológica de infraestructura, densidad vial (km/km^2) y porcentaje de ocupación de suelo urbano por cada tipología (arteriales, colectoras, locales, ciclovías y aceras).

4. Presentación de resultados y recomendaciones: síntesis del grado de conexión de la infraestructura de movilidad sostenible con los espacios urbanos, comparación con indicadores internacionales y formulación de lineamientos técnicos para el PDUL bajo criterios de sostenibilidad, accesibilidad e integración territorial.

2.1 Identificación de la infraestructura vial

En esta etapa se procedió a la revisión del marco legal existente que acompaña al plan de desarrollo de la infraestructura de movilidad, a través del SIG-QGIS se cuantifico y se identificaron los espacios e infraestructura de movilidad a evaluar de la red vial y su jerarquía en la parroquia Tucacas, además de los espacios ciclísticos y peatonales determinado en los planos del área sobre la cual se llevó a cabo el análisis.

2.2 Procesamiento y análisis de la información y selección de Indicadores de ocupación de espacio público

Se seleccionaron estándares nacionales e internacionales con el fin de evaluar el nivel de adecuación del sistema de movilidad en el contexto urbano del área en estudio.

En la Tabla 1, se muestran valores de referencia internacionales para indicadores de uso del espacio público en ciudades, con énfasis en vialidad, aceras y ciclovías; estos valores son útiles para planes de desarrollo urbano, intervenciones territoriales y diagnósticos comparativos con los obtenidos de la evaluación del caso de estudio Tucacas.

Tabla 1. Indicadores Internacionales de Ocupación del Espacio Público urbano

Indicador	Valores de Referencia Internacional	Fuente / Ejemplos
% del espacio público destinado a vialidad vehicular	30% - 50% del espacio público urbano	ONU-Hábitat (2020), ITDP; Cartagena >50%, Barcelona ~35%
% del espacio público destinado a aceras y peatones	10% - 20% del espacio público urbano	ONU-Hábitat; Copenhague, Medellín
% del espacio urbano como espacio público total (vías, aceras, parques.)	Mínimo 30% (ONU-Hábitat)	Global Public Space Toolkit
Proporción de red vial para movilidad no motorizada	Al menos 30% del espacio vial	ITDP, NACTO; Ámsterdam, París post-2020, Bogotá 600 km de ciclovías.

Nota: Valores en infraestructura de movilidad. Fuente: referidas en la tabla.

En la Tabla 2, se presenta situación en el contexto venezolano, donde la ocupación del espacio público urbano presenta desafíos significativos relacionados con la planificación, el mantenimiento y la equidad en el acceso. Aunque existe una escasez de datos actualizados y sistematizados, diversas investigaciones académicas, observaciones empíricas y planes urbanos permitieron establecer estimaciones aproximadas sobre el uso y ocupación del espacio público en ciudades venezolanas.

Tabla 2. Estimaciones de Ocupación del Espacio Público en Ciudades Venezolanas

Ciudad	% Vialidad	% ciclovías construidas	Uso funcional ciclovías	% Aceras y Zonas Peatonales
Caracas	~45%	19 km	28 %	~10–12%
Maracaibo	~50%	0	No cuantificado	~8–10%
Valencia	~48%	11 km	1-3%	~10–12%
Barquisimeto	~40%	0 km	Hasta un 45 %	~12–14%
Tucacas (urbano)	~35%	5	0	~8%

Fuente: Obtenido de Debates IESA, 2022, El Pitazo 2021, La Patilla 2022, PDUL, 2025.

2.3 Cálculo y definición de indicadores en zona de estudio

Para determinar los valores de ocupación la red de movilidad construida y la propuesta en el PDUL, su jerarquización, su nivel de integración con servicios conexos existentes y espacios peatonales recreativos de alto impacto propuestos, para esto se elaboró cuatro matrices de cálculo con los datos reflejados en la Tabla 3. El procedimiento para el cálculo y definición de indicadores se hizo lo siguiente:

1. Se estableció un área de estudio de 512 km^2 correspondiente a la parroquia Tucacas del municipio José Laurencio Silva.

2. Construcción de cuatro (4) matrices clasificando la tipología de infraestructura de movilidad (Vialidad, ciclovías, aceras y espacios peatonales).

3. Selección de la red vial y mediciones de áreas que ocupan en el ámbito geográfico la infraestructura de movilidad en estudio.

4. Se Calculó la densidad ocupada por cada una de la tipología de infraestructura de movilidad en el espacio territorial, de la manera siguiente:

La densidad se calcula como la longitud total de kilómetros lineales por km² de suelo Ecuación (1):

$$Densidad\ Vial\ = \frac{Long.Total\ [km]}{Área\ de\ Suelo\ [km^2]}$$

El porcentaje de superficie asignada a la vía es el área total de suelo cubierto por las calles como porcentaje de la superficie de suelo total.

Ecuación (2):

$$\%\ Superficie\ de\ Malla\ vial\ = \frac{Área\ de\ la\ Red\ Vial\ [km^2]}{Área\ de\ las\ Superficie\ de\ la\ parroquia\ [km^2]}$$

Ecuación (3):

$$\%\ Superficie\ de\ Malla\ Peatonal\ = \frac{Área\ de\ la\ Red\ Peatonal\ [km^2]}{Área\ de\ las\ Superficie\ de\ la\ parroquia\ [km^2]}$$

Tabla 3. Matriz de cálculo de ocupación del espacio de infraestructura de movilidad (Solo el ejemplo de la vialidad arterial y ciclovias).

1. Vías Arteriales Existentes, Superficie de la Parroquia Tucacas = 512km²			
Red Vial [km²]	Longitud [km]	Densidad Vial [km/km²]	% de Ocupación de la Vialidad
1,337	64,581	0.1261	26,11
Vías Arteriales Propuestas, Superficie de la Parroquia Tucacas = 512km²			
2.34	85.52	0.17	45.7

2. Ciclovías Propuestas Parroquia Tucacas.			
Red de Ciclovías Propuestas, Superficie Parroquia Tucacas = 512 km²			
Red Vial [km²]	Longitud [km]	Densidad Vial [km/km²]	% Ocupación Malla Ciclovías
0.103	62.00	0.102	3.00

Fuente: propia, valores calculados de ocupación territorial, 2025

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados evidencian una tendencia hacia el transporte motorizado y una escasa inclusión del peatón y del ciclista. La propuesta de índices busca corregir este desequilibrio, fomentando un modelo urbano turístico, accesible y sostenible.

La matriz con indicadores de porcentaje de ocupación de la infraestructura de movilidad existente y propuesta por el PDUL reflejados en la Tabla 4, los cuales a continuación serán analizados y contrastados con los indicadores internacionales y nacionales.

Tabla 4. Porcentaje de ocupación territorial de la infraestructura de movilidad

N°	Infraestructura de Movilidad	Ocupación (%)
1	Vías Arteriales Existentes	26.11
2	Vías Arteriales Propuestas	45.7
3	Vías Colectoras Existentes	3.19
4	Vías Colectoras Propuestas	11.9
5	Vías Locales Existentes	7.17
6	Vías Locales Propuestas	0.24
7	Ciclovías	3.01
8	Vías Peatonales Existentes	11.8
9	Vías Peatonales Propuestas	14.01

Al comparar los resultados obtenidos para el caso de estudio de Tucacas (Tabla 4) con los valores de referencia internacionales (Tabla 1) y con estimaciones de otras ciudades venezolanas (Tabla 2), se identifican diversos hallazgos clave sobre el nivel de ocupación del espacio público urbano destinado a infraestructura de movilidad del espacio territorial evaluado, así como sobre su grado de integración con los principios de sostenibilidad y conectividad urbana.

a. Porcentaje de ocupación del espacio urbano por infraestructura vial.
En Tucacas, la infraestructura vial actual (arteriales, colectoras y locales existentes) representa aproximadamente 36.47% del espacio urbano, dentro de un rango aceptable. Si se incluyen las vías planificadas, este valor ascendería hasta un 45.70%, ubicando al municipio dentro del rango medio-alto según ONU-Hábitat (30%–50%). Lo que puede generar desequilibrio con el espacio público no vehicular.

b. Densidad vial (km/km^2)
La densidad vial total para Tucacas se estimó en 0.61 km/km^2 considerando vías existentes y planificadas. Esto indica una malla moderadamente densa, aunque su efectividad dependerá de la jerarquización funcional y conectividad de los tramos.

c. Infraestructura para movilidad no motorizada.
Ciclovías existentes: 0%. Aunque están planificados 62 km (3 % del suelo urbano), aún no se ha materializado. Crítico, ya que los estándares internacionales recomiendan que al menos 30% del espacio vial se destine a modos no motorizados.

Aceras y paseos peatonales: ocupación aproximada del 8%, por debajo del mínimo recomendado (10–20%).

d. Comparación con ciudades venezolanas
En cuanto a infraestructura vial, Tucacas (~35%) se encuentra por debajo de ciudades como Valencia (48%) o Maracaibo (40-50%). En movilidad activa, presenta valores inferiores a Barquisimeto (45% en uso de ciclovías). En movilidad activa, Barquisimeto destaca con mayor porcentaje de ciclovías en uso (hasta 45%), mientras que Tucacas muestra fuerte rezago, cero por ciento construidas y 3 % planificadas en el anteproyecto PDUL.

En términos cuantitativos, la evaluación indica que Tucacas presenta una ocupación vial actual de aproximadamente 36,5 %, valor que se sitúa dentro del rango aceptable establecido por ONU-HABITAD (30-50 %), aunque se aproxima al límite inferior. El porcentaje de áreas planificadas para uso vial totaliza 45,7 %, lo que representa un límite superior que requiere equilibrarse con la dotación de espacios públicos y áreas verdes urbanas.

Respecto a la infraestructura para movilidad no motorizada, los resultados muestran ausencia total de ciclovias, situación crítica si se considera que los estándares internacionales recomiendan al menos un 30 % de red destinada a modos no motorizados. En cuanto a aceras y pasos peatonales, la cobertura estimada es de apenas 8 %, por debajo del rango mínimo sugerido (10-20 %), lo cual limita la conectividad peatonal y la accesibilidad universal.

Por su parte, la densidad promedio alcanza 0,61 Km de vía por Km2 una cifra considerada moderada, aunque susceptible de mejora mediante estrategias de jerarquización vial y optimización de cobertura, especialmente en sectores con alta densidad habitacional y transito turístico.

El análisis demuestra que Tucacas presenta una ocupación vial dentro del rango aceptable; sin embargo, existen deficiencias en infraestructura no motorizada. Es necesario priorizar ciclovías, caminerías y aceras que garanticen una conectividad urbana sostenible, dado que actualmente estos elementos se encuentran por debajo de los mínimos estándares recomendados.

En contraste con diversos autores en el área, se observa que:

Según Gehl (2010), la movilidad debe entenderse como un componente esencial de la conexión espacial, destacando accesibilidad peatonal y continuidad del espacio público.

De acuerdo con Fernández Durán (2006) y Harvey (2012), la fragmentación urbana es producto de la informalidad y falta de planificación adecuada, generando desconexión territorial.

Por su parte, Borja (2003) y Carrasco (2014) conciben el espacio público como soporte físico y simbólico de cohesión urbana, lo cual cobra mayor relevancia en territorios costeros como Tucacas.

Finalmente, Villegas y Ocaña (2020) sostienen que es necesario repensar el paradigma del desarrollo urbano, orientándolo hacia un modelo que considere las restricciones de movilidad como un factor clave para enfrentar inequidades y desigualdades espaciales. Ello implica garantizar que la ciudadanía más vulnerable tenga acceso a espacios públicos de calidad, evitando su segregación territorial en función de su condición social.

4. PROPUESTA DE ÍNDICES DE OCUPACIÓN PARA TUCACAS COMO CIUDAD COSTERO-TURÍSTICA

En la Tabla 5, se recomienda un modelo de ocupación urbana que equilibre funcionalidad vial con sostenibilidad, accesibilidad y calidad del espacio público. Los índices propuestos buscan fortalecer atractivo turístico, inclusión social y resiliencia frente al cambio climático.

Tabla 5. Propuesta de Índices de Ocupación para Tucacas

Componente de Infraestructura	Índice Propuesto	Justificación
Vialidad vehicular	25% – 35%	Reducido para priorizar movilidad peatonal y turística.
Aceras y zonas peatonales	15% – 20%	Fundamental en zonas turísticas para accesibilidad y comercio.
Ciclovías y senderos	10% – 15%	Conectividad entre playas, centros urbanos y atractivos turísticos.
Espacio público total	≥ 35%	Recomendación ONU-Hábitat para calidad urbana.
Vialidad para transporte público	≥ 5%	Asegura conectividad hacia playas y terminales.
Zonas verdes, plazas y parques	≥ 10 m^2/hab	OMS: ocio y recreación en ciudad costera.
Calles compartidas solo peatonales o turísticas recreativas	10% de red local	Favorece turismo peatonal y comercio.

Fuente: propia, para ser incorporados al anteproyecto del PDUL, 2025

5. CONCLUSIONES

El análisis realizado y la propuesta de índices de ocupación para Tucacas permiten orientar la planificación urbana hacia un modelo más coherente con su vocación costero-turística. Si bien la infraestructura vial actual presenta rangos aceptables de ocupación (36-45 %), según estándares internacionales (ONU-Hábitat). Sin embargo, el límite superior alcanzado con la red planificada requiere equilibrio con otros usos del espacio público.

Existe un déficit significativo en componentes de movilidad no motorizada: ciclovías inexistentes y aceras con apenas un 8% de ocupación, por debajo del mínimo recomendado. Este desequilibrio refleja una alta dependencia del transporte motorizado privado. De allí la necesidad de adoptar criterios de ocupación equilibrados y alineados con estándares internacionales, el municipio podrá avanzar hacia una mayor integración territorial, mejor calidad del espacio público y un entorno urbano más atractivo para residentes y visitantes.

La baja conectividad peatonal y ciclista limita la cohesión territorial, la inclusión social y la competitividad turística de Tucacas como destino costero. Se evidencia un riesgo de exclusión y deterioro ambiental si se mantiene la actual tendencia de expansión urbana desordenada.

Los índices sugeridos (25–35% vialidad vehicular, 15–20% aceras, 10–15% ciclovías, ≥35% espacio público total) constituyen una guía técnica para el Plan de Desarrollo

Urbano Local (PDUL). Su aplicación permitirá avanzar hacia un modelo urbano más equilibrado, sostenible y resiliente, los cuales siguen una alineación internacional. El modelo propuesto se ajusta a la Nueva Agenda Urbana (ONU-Hábitat, 2016) y al ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), promoviendo inclusión, seguridad vial y resiliencia ambiental.

Recomendaciones Estratégicas para Tucacas.

Evitar expansión vial innecesaria en zonas costeras sensibles. Priorizar redes de movilidad activa que conecten centro urbano con playas y muelle turístico. Incorporar calles peatonales temporales o permanentes en zonas de alta afluencia. Fomentar transporte público turístico (ecobuses, bicitaxis, vans eléctricas). Aplicar criterios de accesibilidad universal en aceras y paseos turísticos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Borja, J. (2003). La ciudad conquistada. Alianza Editorial.

Carrasco, F. (2014). El espacio público como articulador urbano. Revista de Urbanismo, (30), 45–60. https://doi.org/10.5354/0717-5051.2014.32942

Fernández Durán, R. (2006). El tsunami urbanizador español y mundial: Sobreproducción de vivienda y automóvil, territorio y urbanismo. Virus Editorial. Barcelona Virus Editorial, 2006. Disponible en: https://libros.metabiblioteca.org/handle/001/397

Gehl, J. (2010). Cities for people. Island Press. https://doi.org/10.5822/978-1-61091-024-9

Harvey, D. (2012). Ciudades rebeldes: Del derecho de la ciudad a la revolución urbana. Akal.

Izquierdo, L, Villegas, I. (2025). Sistema Integrado de Infraestructura de Movilidad Sostenible. Caso de estudio: Tucacas, PDUL Municipio José Laurencio Silva, Edo Falcón.Facultad Ing. Universidad de Carabobo. Trabajo de Grado, No publicado.

ONU-Hábitat. (2015). Global public space toolkit: From global principles to local policies and practice. United Nations Human Settlements Programme. https://unhabitat.org/global-public-space-toolkit

Organización Mundial de la Salud. (2010). Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud. OMS. https://apps.who.int/iris/handle/10665/44441

Villegas, I., & Ocaña, R. V. (2020). *Movilidad sostenible, eficiencia social y desarrollo:* Caso estudio: *Sectores de la periferia del área metropolitana de Valencia*, do. Carabobo. Editorial Académica Española. https://isbnsearch.org/isbn/9786200035349

IMPACTO DEL METRO DE BOGOTÁ Y DEL ENTORNO URBANO EN EL VALOR DEL SUELO

Juan Pablo Bocarejo Suescún
Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, jbocarej@uniandes.edu.co

Luis Ángel Guzmán
Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, la.guzman@uniandes.edu.co

Hernán Enríquez
Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, hernan.enriquez@usa.edu.co

Natalia Niño
Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, nm.nino@uniandes.edu.co

RESUMEN

El metro es un proyecto de alta trascendencia para Bogotá, una ciudad que ha esperado por casi 50 años una solución estructural a sus problemas de movilidad. Su construcción no solo responde a una necesidad histórica, sino que también marca un punto de inflexión en la forma en que los ciudadanos se desplazan y en el desarrollo urbano. Más que una obra de infraestructura, el metro representa un hito en la movilidad de Bogotá, con el potencial de transformar significativamente la dinámica urbana. Este estudio analiza el impacto del metro en el valor del suelo residencial mediante el método de emparejamiento Coarsened Exact Matching (CEM) y modelos de regresión espacial, considerando variables de diseño urbano, socioeconómicas y características del entorno, tales como la caminabilidad, la densidad de infraestructura ciclística, los estratos socioeconómicos, la antigüedad de las edificaciones, el número de pisos construidos y la proximidad al transporte público. Los resultados revelan una capitalización temprana del valor del metro, con incrementos de 9.24% en el anuncio de la Línea 1 (2019) y 11.65% en el anuncio de la Línea 2 (2023). El índice de caminabilidad mostró un efecto consistente y significativo en todos los modelos, mientras que la densidad de infraestructura ciclística exhibió un impacto positivo y robusto. Estos hallazgos proporcionan información clave para políticas de captura de valor, planificación urbana orientada al transporte (TOD) y desarrollo sostenible en Bogotá.

1. INTRODUCCIÓN

Bogotá, capital de Colombia y ciudad con más de 8 millones de habitantes, enfrenta desafíos históricos en materia de movilidad urbana. Durante casi cinco décadas, la ciudad ha dependido principalmente de sistemas de transporte basados en buses de tránsito rápido (BRT), siendo TransMilenio el más representativo desde su implementación en el año 2000. Si bien este sistema ha sido eficiente en términos de capacidad y cobertura, resulta insuficiente para atender la creciente demanda de pasajeros y las necesidades de una ciudad en constante expansión.

El proyecto del metro de Bogotá representa una transformación estructural en el sistema de transporte de la ciudad. La Primera Línea del Metro de Bogotá (PLMB) inició su construcción en 2019, mientras que la Segunda Línea se encuentra actualmente en proceso de licitación internacional. Este proyecto no solo responde a necesidades de movilidad, sino que tiene el potencial de generar importantes transformaciones en el desarrollo urbano y el mercado inmobiliario de la ciudad.

La implementación de sistemas de transporte masivo tipo metro ha demostrado generar efectos significativos en el valor del suelo en ciudades alrededor del mundo. La teoría económica del valor del suelo establece que la accesibilidad es uno de los determinantes fundamentales del precio de las propiedades, y la proximidad a estaciones de metro mejora sustancialmente esta accesibilidad. Sin embargo, estos efectos no son homogéneos y dependen de múltiples factores contextuales, incluyendo características del diseño urbano, condiciones socioeconómicas y la calidad del entorno construido.

En el contexto latinoamericano, estudios en ciudades como Santiago de Chile, São Paulo y Ciudad de México han documentado incrementos en el valor del suelo entre 5% y 20% debido a la proximidad a estaciones de metro. No obstante, la magnitud y temporalidad de estos efectos varían considerablemente según las características específicas de cada proyecto y contexto urbano.

Una dimensión particularmente relevante, pero menos explorada en la literatura existente, es el rol de la movilidad activa y el diseño urbano en la valorización del suelo asociada a proyectos de transporte masivo. La caminabilidad, definida como la facilidad y calidad del entorno para realizar desplazamientos peatonales, y la densidad de infraestructura ciclística, representan factores complementarios que pueden potenciar o limitar los beneficios de accesibilidad del metro. La integración entre transporte masivo y movilidad activa constituye un elemento fundamental para el desarrollo urbano sostenible y la implementación efectiva de políticas de desarrollo orientado al transporte (TOD).

El presente estudio tiene como objetivo cuantificar el impacto de la proximidad a estaciones del metro de Bogotá sobre el valor del suelo residencial, analizando este efecto en diferentes fases del proyecto: el anuncio de la Línea 1 (2019), la construcción de la Línea 1 (2023) y el anuncio de la Línea 2 (2023). Adicionalmente, el estudio evalúa el rol de variables de diseño urbano, particularmente el índice de caminabilidad y la densidad de infraestructura ciclística, como factores que influyen en la valorización del suelo.

La comprensión de estos efectos resulta fundamental para el diseño de políticas públicas en tres dimensiones clave. Primero, permite identificar oportunidades para implementar mecanismos de captura de valor que contribuyan al financiamiento del proyecto y de infraestructura complementaria. Segundo, facilita la formulación de políticas de planificación urbana orientada al transporte, promoviendo densificación y usos mixtos del suelo en las zonas de influencia. Tercero, proporciona evidencia para políticas integradas de movilidad que articulen transporte masivo con infraestructura para movilidad activa.

2. ESTADO DEL ARTE: SISTEMAS DE TRANSPORTE MASIVO Y VALOR DEL SUELO

La accesibilidad, entendida como el grado en que los sistemas de uso del suelo y transporte permiten a las personas llegar a actividades o destinos (Geurs & van Wee, 2004), es un mecanismo central mediante el cual las inversiones en transporte masivo influyen en los mercados urbanos de suelo. Al reducir fricciones de viaje y ampliar el conjunto de oportunidades alcanzables, la implementación o mejora de servicios de transporte incrementa el atractivo relativo de los predios cercanos a estaciones, elevando la demanda y, con ello, los valores del suelo y de la propiedad (Rodríguez & Targa, 2004; Thomas, 2018; Ünver Göçer, 2023). En este marco, las estrategias de Desarrollo Orientado al Transporte (TOD) capitalizan deliberadamente dicha relación: cuando los entornos de estación se planifican con usos mixtos, densidad y alta calidad peatonal, las ganancias de accesibilidad tienden a maximizarse y reflejarse en el mercado inmobiliario. Un caso emblemático es Hong Kong, donde proyectos Rail + Property asociados a TOD se vincularon con incrementos sustanciales de demanda (ridership) y primas de precio de vivienda superiores al 30% respecto a zonas no integradas (Cervero & Murakami, 2009). Este marco conceptual sustenta la revisión, orientada a comprender cómo mejoras de accesibilidad asociadas al futuro metro de Bogotá podrían traducirse en dinámicas de valorización urbana.

La literatura ha abordado ampliamente la relación entre transporte masivo y apreciación del valor urbano, pero existe heterogeneidad en la variable de resultado utilizada: valor del suelo, valor total del inmueble o valor catastral. En esta revisión se privilegia el valor del suelo comercial (precio de mercado por m^2), por reflejar de manera más directa expectativas y dinámicas de localización y potencial de desarrollo. Sin embargo, dado que muchos estudios no distinguen claramente entre estas medidas o emplean precios de inmuebles como proxy por restricciones de datos, también se consideran evidencias basadas en valores de propiedad o avalúos catastrales cuando resultan informativas para entender efectos de valorización.

Dado el foco en el Metro de Bogotá, la revisión se organiza en dos frentes: (i) evidencia sobre sistemas férreos comparables (internacional y estudios recientes para Bogotá) y (ii) una revisión breve de efectos de sistemas BRT, en particular TransMilenio, para contrastar experiencias previas locales y contextualizar la interpretación de resultados.

Sistemas de metro y valor del suelo

Una revisión amplia del Royal Institute of Chartered Surveyors (RICS) sobre más de 150 estudios en EE. UU., Reino Unido, Europa, Japón y Asia concluye que, en general,

el transporte masivo tiende a aumentar valores del suelo en proximidad a estaciones, aunque la magnitud depende de políticas complementarias que promuevan cambios de uso del suelo o desincentiven el automóvil (Salon & Shewmake, 2011). En contextos asiáticos, se ha documentado una relación negativa entre distancia y valor: el valor del suelo caería alrededor de 1% por cada 10% de aumento en la distancia a una estación (Salon & Shewmake, 2011). En Daejeon (Corea del Sur), por ejemplo, se reporta un incremento significativo del valor del suelo comercial dentro de un radio de 500 m de estaciones, atribuible a mejoras de accesibilidad (Byun & Jang, 2024).

No obstante, los impactos no son uniformes por modo ni contexto. En Medellín, se han encontrado efectos divergentes: el BRT Metroplús se asoció con reducciones del valor de vivienda (−5,7%), mientras que el Tranvía se asoció con aumentos cercanos a estaciones (+4,4%), sugiriendo que externalidades percibidas, forma urbana y condiciones socioeconómicas modulan la capitalización inmobiliaria (García-López & Gómez-Hernández, 2024).

La evidencia también sugiere que los efectos varían según la etapa del proyecto. Para el MRT-3 en Manila, Abiad et al. (2019) muestran que, tras el anuncio (1995), los predios dentro de 1 km de estaciones presentaron apreciaciones mayores que aquellos a más de 2 km: aumentos adicionales de USD 154/m^2 en suelo residencial y USD 545/m^2 en suelo comercial. La estimación conservadora del "uplift" total de valor del suelo atribuible a la inversión pública alcanzaría ~USD 3,4 mil millones, cerca de cinco veces el costo de construcción (~USD 655 millones). El estudio también enfatiza que los efectos tienden a intensificarse cuando el sistema entra en operación y los beneficios se materializan plenamente.

En Bogotá, estudios recientes documentan efectos de anticipación (capitalización previa a la construcción) asociados al anuncio de la PLMB. Cárdenas, Gallego & Urrutia (2023), usando registros administrativos del IDU combinados con web scraping y datos espaciales, encuentran que tras el anuncio de octubre de 2019 los precios de venta residencial aumentaron, con incrementos de 10,5% para apartamentos y 6,5% para casas dentro de 1,5 km de futuras estaciones. De forma complementaria, Vergel-Tovar et al. (2025) analizan precios de venta unitarios de proyectos nuevos (proxy de valor de propiedad) entre 2007 y 2023, delimitando zonas por isocronas peatonales: en el periodo post-anuncio, las zonas más cercanas registran aumentos del orden de 6,7%–7,4%, con variación espacial respecto a una zona de control y una zona periférica con menor incremento. En conjunto, estos resultados indican que los mercados pueden incorporar expectativas de accesibilidad y desarrollo antes de que la infraestructura esté construida, aunque la magnitud depende de la cercanía, el tipo de activo y el contexto urbano.

BRT TransMilenio y valor del suelo

Aunque el foco principal es el transporte férreo, la evidencia sobre BRT es relevante para Bogotá por la experiencia de TransMilenio. Dado que los BRT difieren de los metros en capacidad, permanencia de infraestructura y percepción pública, sus efectos sobre valorización pueden ser más heterogéneos y sensibles al contexto.

En Bogotá, Guzmán, Enríquez y Hessel (2021) estiman el impacto de TransMilenio sobre el valor del suelo residencial usando datos catastrales y un enfoque de emparejamiento (CEM), encontrando efectos heterogéneos por corredor y nivel socioeconómico. En Caracas Sur/Carrera 10 observan primas positivas dentro de 200 m y aún mayores entre 200–500 m, mientras que en sectores de ingresos medios-altos y altos (especialmente al norte) la proximidad al corredor puede no tener efecto o incluso asociarse con impactos negativos. Por su parte, Vergel-Tovar & Welch (2019), en un análisis longitudinal a nivel predial (2000–2013) con avalúos catastrales por m^2, hallan que los predios comerciales tienden a concentrar mayor desarrollo y valores más altos cerca de estaciones (especialmente dentro de 100 m), mientras que los residenciales muestran patrones distintos, con concentración relativa de desarrollo y valor entre 200 y 500 m, evidenciando efectos espacialmente diferenciados por uso del suelo y distancia.

En síntesis, la literatura indica que tanto los sistemas férreos como los BRT pueden inducir cambios en valores urbanos vía mejoras de accesibilidad, pero los efectos dependen de (i) políticas urbanas complementarias, (ii) etapa del proyecto (anuncio, construcción, operación), (iii) modo y externalidades percibidas, y (iv) condiciones socioeconómicas y de uso del suelo. Para Bogotá, la evidencia disponible respalda la existencia de capitalización anticipada asociada al metro y sugiere que el contraste con la experiencia TransMilenio es útil para interpretar resultados bajo diferentes configuraciones de infraestructura y entorno urbano.

3. CONTEXTO: EL METRO DE BOGOTÁ

Iniciativas

La idea de implementar un metro en Bogotá ha estado presente en la planeación urbana de la ciudad por más de medio siglo. Durante décadas, distintas administraciones promovieron estudios y propuestas orientadas a materializar el proyecto, como respuesta a la expansión demográfica y urbana y a la necesidad de un sistema de transporte masivo de mayor capacidad.

Un hito institucional determinante ocurrió en 2016, cuando se creó la Empresa Metro de Bogotá (EMB) mediante el Acuerdo 642 del Concejo de Bogotá, con el propósito de liderar la planeación, estructuración y ejecución del proyecto. Posteriormente, en 2019 se contrató la ejecución del proyecto con apoyo financiero de la banca multilateral, incluyendo el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Mundial y el Banco Europeo de Desarrollo.

Primera Línea del Metro de Bogotá (PLMB)

Aunque el metro ha sido una aspiración de la ciudad desde mediados del siglo XX, su consolidación como política pública con soporte técnico, financiero e institucional se aceleró especialmente entre 2014 y 2020. En 2014 se desarrolló un estudio de ingeniería básica avanzada para una alternativa de metro subterráneo. En 2015, se elaboró un ejercicio de ingeniería de valor para evaluar la viabilidad financiera de alternativas, complementado con análisis financieros, legales y operacionales.

En 2016 se realizó una revisión comparativa entre las alternativas de metro subterráneo y metro elevado, así como un estudio específico para definir la ubicación del patio-taller. A partir de 2017 se dio inicio a la estructuración técnica, legal y financiera con miras al proceso licitatorio. En 2018 se lanzó la licitación internacional y, en 2019, se adjudicó el contrato. Finalmente, en 2020 se anunció el inicio oficial de la construcción, marcando el paso de la estructuración a la fase de implementación.

En términos técnicos, la PLMB corresponde a un corredor elevado de aproximadamente 24 km, que inicia en el suroccidente (Portal de las Américas) y finaliza en el sector de la Calle 72 con Avenida Caracas, desarrollado sobre un viaducto. El sistema contempla 16 estaciones, con integración directa con TransMilenio en una parte significativa de ellas, y se implementa bajo un esquema DBOM (Diseñar, Construir, Operar y Mantener) mediante una concesión a 20 años adjudicada a Metro Línea 1 S.A.S. En la estructuración financiera se estimó un CAPEX cercano a USD 4,3 mil millones (en precios constantes de 2017) y un OPEX anual promedio de USD 90 millones, asociado a operación y mantenimiento durante la vigencia contractual.

Segunda Línea del Metro de Bogotá (SLMB)

La Segunda Línea se incorporó formalmente como parte de la expansión de la "red de metro" en el Plan Distrital de Desarrollo 2020–2024, y desde entonces avanzó en su estructuración y preparación para contratación. En 2021 se desarrolló su estructuración integral (componentes técnicos, legales y financieros). En 2022, se aprobó el CONPES 4104 y se suscribió el convenio de cofinanciación, consolidando el marco de soporte nacional para su ejecución.

En 2023 se lanzó el proceso de contratación internacional, incluyendo etapas de precalificación y publicación de documentos definitivos, y se concretó respaldo financiero multilateral mediante préstamos aprobados por CAF y BID. En 2024, el proceso enfrentó ajustes de cronograma con extensión de plazos y aplazamiento de la adjudicación. La adjudicación del contrato se proyecta para 2025, de acuerdo con el cronograma reportado por la EMB.

Según la EMB, la SLMB tendrá una longitud aproximada de 15,5 km y se conectará con la PLMB en el sector de Chapinero. El trazado iniciará en el entorno de Calle 72 con Carrera 10, avanzará hacia el occidente hasta la Avenida Ciudad de Cali, y posteriormente se orientará hacia el norte, conectándose con corredores longitudinales hasta llegar a la zona del patio-taller proyectado en Fontanar del Río. La línea contempla 11 estaciones, principalmente subterráneas (con una estación elevada), y un tiempo de recorrido del orden de 20 minutos de extremo a extremo.

En términos de magnitudes financieras, la estructuración estima un CAPEX entre COP 11,7 y 12,1 billones (dependiendo del alcance de adquisición predial) y un OPEX anual promedio cercano a COP 115,1 mil millones, expresados en pesos constantes según los supuestos del estudio. En el ámbito de beneficios, se proyecta que la SLMB ampliará de forma significativa la red férrea urbana y contribuirá a reducciones de emisiones de CO_2 y ahorros de tiempo de viaje para usuarios del transporte público.

Actualmente, la SLMB se encuentra en fase de Licitación Pública Internacional, y su desarrollo está previsto en paralelo con la Línea 1, como parte de una estrategia de consolidación de un sistema de transporte masivo más integrado, eficiente y sostenible para Bogotá.

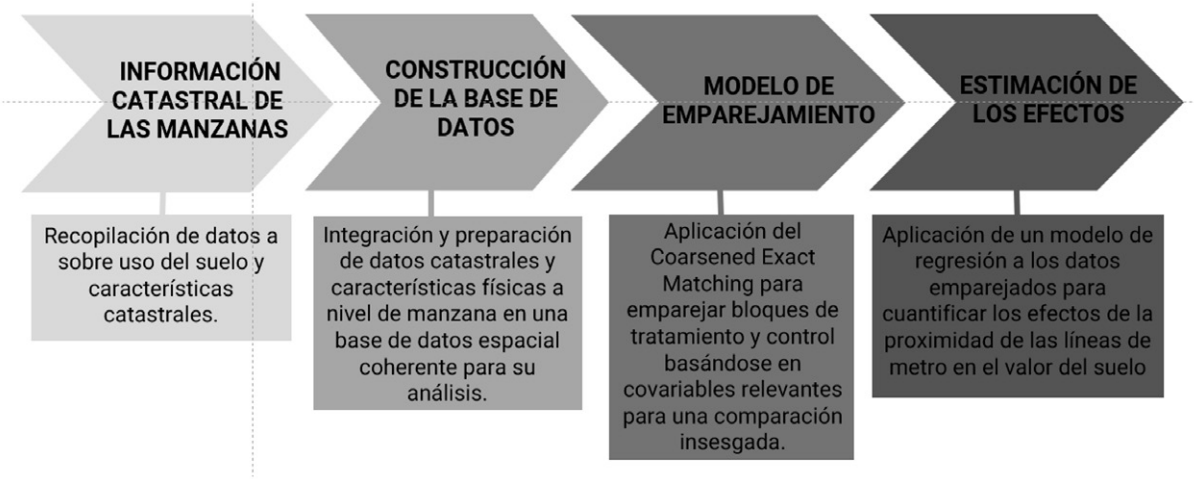
4. METODOLOGÍA

Este estudio utiliza datos catastrales de la Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital (IDECA) para los años 2019 y 2023. La variable dependiente es el logaritmo natural del valor catastral del suelo por metro cuadrado. Las variables de tratamiento son dummies de proximidad a estaciones (D800_L1 y D800_L2) que indican si una manzana se ubica dentro de 800 metros de una estación.

El índice de caminabilidad fue construido siguiendo la metodología de Castro Mesa (2021), incorporando 25 variables en cinco componentes: robustez de infraestructura peatonal, seguridad vial, seguridad personal, acceso a destinos y confort. La densidad de infraestructura ciclística se calculó como la longitud total de ciclorrutas dentro de un radio de 800 metros.

Para estimar el impacto causal del metro, se implementó el método Coarsened Exact Matching (CEM) para emparejar áreas tratadas con áreas de control similares en características observables. Sobre la muestra balanceada se estimó un modelo de regresión espacial controlando por características físicas (número de pisos, antigüedad, densidad residencial), accesibilidad (distancia al CBD, distancia a TransMilenio), diseño urbano (caminabilidad y densidad de ciclorrutas) y estrato socioeconómico.

Figura 1: Metodología propuesta



Fuente: Elaboración propia.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Tabla 1: Resultados del anuncio Línea 1 – 2019.

Variable	Estimate	Std. Error	t-Statistic	p-Value
Intercept	11,84	0,128	92,27	< 2e-16
L1_800	0,0884	0,00861	10,27	‘1.30e-24
Walkabilit	5,56	0,202	27,55	‘5.71e-161
Dred_TM	-0,0000183	0,00000346	-5,29	‘1.22e-7
DIST_CBD	-0,00000313	0,00000178	-1,76	‘7.87e-2
Age	-0,004	0,000312	-12,8	‘3.27e-37
PH_Porcent	-0,0237	0,0206	-1,15	‘2.51e-1
SESMedium	0,112	0,0702	1,6	‘1.10e-1
SESLow	-0,243	0,0709	-3,43	‘5.98e-4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Resultados de construcción Línea 1 – 2023.

Variable	Estimate	Std. Error	t-Statistic	p-Value
(Intercept)	12,50	0,12	107	< 2e-16
L1_800	0,09	0,01	11,4	‘8.24e-30
Walkabilit	4,30	0,18	23,8	‘2.83e-121
Dred_TM	-0,000016	0,0000031	-5,26	‘1.51e-7
DIST_CBD	-0,0000082	0,0000016	-5,16	‘2.54e-7
Age	-0,0019	0,00028	-6,72	’1.98e-11
PH_Porcent	-0,04	0,02	-2,03	0,0423
SESMedium	0,16	0,06	2,41	0,0158
SESLow	-0,17	0,07	-2,63	0,00851

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados revelan que la proximidad a estaciones de la Línea 1 generó un incremento de 9.24% ($p < 0.001$) en el valor del suelo en 2019, inmediatamente después del anuncio de adjudicación del contrato. Este efecto se mantuvo estable en 9.17% durante la fase de construcción en 2023.

Tabla 3: Resultados del anuncio en Línea 2 – 2023.

Variable	Estimate	Std. Error	t-Statistic	p-Value
(Intercept)	13,19	0,11	125,64	< 2e-16
L1_800	0,11	0,013	8,21	3.25e-16
Walkabilit	2,42	0,20	12,19	2.36e-33
Dens_Bike	0,000013	0,0000012	10,77	1.50e-26
DIST_CBD	-0,0000094	0,0000020	-4,79	1.77e-6
Age	0,0023	0,00043	5,28	1.42e-7
PH_Porcent	-0,06	0,028	-2,25	0,0246
SESLow	-0,19	0,011	-17,36	3.04e-64
MAXNPISOS	0,02	0,0063	3,67	0,00025

Fuente: Elaboración propia.

Para la Línea 2, el efecto anticipatorio fue más pronunciado: 11.65% ($p < 0.001$). Esta mayor magnitud sugiere que el mercado ha aprendido de la experiencia de la primera línea y genera expectativas más fuertes sobre proyectos subsecuentes.

El índice de caminabilidad mostró efectos consistentes y significativos en todos los modelos: 5.56 en L1 Anuncio (2019), 4.3 en L1 Construcción (2023), y 2.42 en L2 Anuncio (2023), todos con $p < 0.001$. La densidad de infraestructura ciclística exhibió un efecto positivo y significativo en el modelo de L2 (coeficiente 0.0000129, $p < 0.001$), aunque de menor magnitud.

La capitalización temprana del valor del metro (9.24% en 2019) demuestra que los mercados inmobiliarios anticipan rápidamente los beneficios de accesibilidad. Esta capitalización temprana tiene implicaciones cruciales para políticas de captura de valor: los instrumentos deben implementarse durante las fases de anuncio y construcción, no esperar hasta la operación del sistema. Los efectos robustos de la caminabilidad confirman que la calidad del entorno peatonal es un determinante fundamental del valor del suelo, comparable en magnitud al efecto del metro mismo. Esto refuerza la importancia de políticas TOD que articulen transporte masivo con mejoras del entorno peatonal.

El efecto positivo de la infraestructura ciclística en el modelo de L2 representa un hallazgo novedoso, sugiriendo que el mercado bogotano está comenzando a valorar positivamente la presencia de infraestructura para movilidad en bicicleta. Políticas de integración multimodal deben promover conexiones ciclísticas a estaciones de metro.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este estudio documenta cuatro hallazgos principales: (1) capitalización temprana del valor del metro (9.24% en anuncio, estable en construcción), (2) efectos amplificados en L2 (11.65%), (3) importancia crítica de la caminabilidad, y (4) efectos emergentes de infraestructura ciclística.

Se recomienda: implementar contribución por valorización durante fases tempranas del proyecto; promover densificación y usos mixtos en zonas de influencia; priorizar inversiones complementarias en infraestructura peatonal y ciclística; y diseñar estaciones como hubs multimodales que faciliten integración con movilidad activa.

El metro de Bogotá representa una transformación estructural de la movilidad y el desarrollo urbano. Este estudio ha demostrado que sus efectos en el valor del suelo son significativos, tempranos y complementados por factores de diseño urbano. La comprensión rigurosa de estos efectos es fundamental para diseñar políticas que maximicen los beneficios del metro, aseguren un desarrollo urbano sostenible y equitativo, y contribuyan al financiamiento de inversiones en movilidad e infraestructura urbana.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abiad, A., Farrin, K., & Hale, C. (2019). Sustaining transit investment in Asia's cities: A beneficiary-funding and land value capture perspective. Asian Development Bank. https://doi.org/10.22617/ARM190085-2

Alonso, W. (1964). Location and Land Use. Cambridge: Harvard University Press.

Byun, J., & Jang, K. (2024). The effects of subway operation for commercial land values: A case study in Daejeon, South Korea. Research in Transportation Economics, 106, 101462. https://doi.org/10.1016/j.retrec.2024.101462

Cárdenas, J., Gallego, J. M., & Urrutia, M. A. (2023). Announcement of the first metro line and its impact on housing prices in Bogotá. Case Studies on Transport Policy. https://doi.org/10.1016/j.cstp.2022.100941

Castro Mesa, W. (2021). Metodología para la Estimación del Índice de Caminabilidad a Nivel Ciudad y su Aplicación al Caso de Estudio de Bogotá. Universidad de los Andes. Recuperado de https://hdl.handle.net/1992/53799

Cervero, R., & Murakami, J. (2009). Rail and property development in Hong Kong: Experiences and extensions. Urban Studies, 46 (10), 2019–2043. https://doi.org/10.1177/0042098009339431

Debrezion, G., Pels, E. y Rietveld, P. (2007). The Impact of Railway Stations on Residential and Commercial Property Value: A Meta-Analysis. Journal of Real Estate Finance and Economics, 35(2), 161-180.

Garcia-López, M.-À., & Gómez-Hernández, L. Y. (2024). Housing prices, buses and trams in Medellín (Colombia). Research in Transportation Economics, 106(1), 101464. https://doi.org/10.1016/j.retrec.2024.101464

Geurs, K. T., & van Wee, B. (2004). Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: Review and research directions. Journal of Transport Geography, 12(2), 127–140. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005

Guzman, L. A., Enríquez, H. D., & Hessel, P. (2021). BRT system in Bogotá and urban effects: More residential land premiums? Research in Transportation Economics, 90, 101039. https://doi.org/10.1016/j.retrec.2021.101039

Rodríguez, D. y Targa, F. (2004). Value of Accessibility to Bogotá's Bus Rapid Transit System. Transport Reviews, 24(5), 587-610.

Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS) Policy Unit, & Office of the Deputy Prime Minister. (2002, October). Land Value and Public Transport: Stage 1 – Summary of Findings. United Kingdom.

Salon, D., & Shewmake, S. (2011). Opportunities for value capture to fund public transport: A comprehensive review of the literature with a focus on East Asia. Transport Policy, 18(4), 550–557. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.11.007

Thomas, D. (2018). Land value capture and urban public transport. NESC Secretariat Papers, No. 13. National Economic and Social Council. Recuperado de http://www.nesc.ie/

Ünver Göçer, Ü. Ö. (2023). The value-creation role of accessibility through the critical realism method: Istanbul Bus Rapid Transit System. Kent Akademisi Dergisi, 16(4), 2633–2650. https://doi.org/10.35674/kent.1378474

Vergel-Tovar, C. E., & Welch, P. (2019). Are land use and development changes associated with value capture as a result of Bus Rapid Transit (BRT) investments? A longitudinal land parcel data analysis of the first phase of the BRT system in Bogotá, Colombia (Working Paper WP19EV1). Lincoln Institute of Land Policy.

Vergel-Tovar, C. E., García, J. S., Álvarez, J. P., Mesa, S., Molano, I. L., Canon-Rubiano, L., & Correa-Garzón, L. M. (2025). Estimation of the anticipation effects of the metro project on real estate dynamics in Bogotá, Colombia. Journal of Transport and Land Use, 18(1), 123–173. https://doi.org/10.5198/jtlu.2025.2593

Von Thünen, J. H. (1826). Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie (Part I). Hamburg: Perthes.

MOVILIDAD AL TRABAJO. ARTICULACIÓN PARA UNA MOVILIDAD SOSTENIBLE EN LA PROVINCIA DE SANTA FE

Mg. Mónica Alvarado
Secretaria de transporte. Ministerio de Desarrollo Productivo de la provincia de Santa Fe. Argentina
monicalvr20@gmail.com

Mg. Andrea Magnani
Directora de movilidad sustentable. Ministerio de Ambiente y Cambio Climático de la provincia de Santa Fe. Argentina
andrea.magnani.000@gmail.com

RESUMEN

La movilidad al trabajo constituye una parte central de los desplazamientos cotidianos en la provincia de Santa Fe y, sin embargo, suele carecer de diagnósticos específicos que permitan comprender cómo se mueven las personas, qué dificultades enfrentan y qué alternativas existen para mejorar su acceso al empleo.

Este trabajo presenta los resultados del estudio piloto realizado en la localidad de Alvear, donde tres parques industriales concentran diariamente un flujo significativo de trabajadores y trabajadoras provenientes de distintas ciudades del área metropolitana de Rosario. El objetivo fue caracterizar los patrones de viaje, identificar problemáticas asociadas a la dependencia del auto particular y proponer medidas de mejora en el marco del *Programa Provincial de Movilidad Sustentable*.

La metodología combinó relevamiento territorial, encuesta a 1.477 personas de 137 empresas, análisis espacial de orígenes y modos de viaje, a través de un convenio de colaboración técnica con el Instituto de Estudios del Transporte de la UNR. Los resultados muestran fuerte predominio del auto particular y el uso de la moto, altos niveles de concentración horaria y una marcada disposición al cambio modal si existieran alternativas viables. El documento propone una hoja de ruta con acciones de corto, mediano y largo plazo orientadas a mejorar la seguridad vial, promover modos sostenibles y fortalecer la articulación público–privada. La experiencia demuestra la viabilidad de construir diagnósticos replicables y de integrar la movilidad laboral como política pública estratégica en la provincia.

1. INTRODUCCIÓN

La movilidad al trabajo es una de las dimensiones más relevantes de la movilidad cotidiana y, al mismo tiempo, una de las menos estudiadas. En la provincia de Santa Fe, los desplazamientos laborales se definen por una configuración territorial particular: los parques industriales y logísticos se ubican tanto en las inmediaciones de ciudades densas como también en áreas del sistema metropolitano que se encuentran alejadas de esos núcleos urbanos. Esta localización híbrida —cercana en términos funcionales, pero físicamente distante— genera flujos diarios intensos entre localidades, tracciona viajes rutinarios desde distintos puntos del área metropolitana y exige a miles de trabajadores y trabajadoras desplazarse todos los días hacia zonas que no siempre cuentan con alternativas de movilidad diversas.

Esa estructura territorial, combinada con la dispersión de los orígenes y la concentración horaria de los ingresos y egresos, vuelve muy difícil sostener la demanda exclusivamente mediante servicios de transporte público tradicionales. La oferta existente no siempre logra cubrir recorridos interjurisdiccionales, horarios específicos de turnos laborales o necesidades operativas de los parques industriales. Como resultado, el auto particular se convierte en la opción predominante, con impactos visibles en la seguridad vial, los costos de movilidad, las emisiones de GEIs y la equidad en el acceso al empleo.

En este escenario, abordar la movilidad al trabajo desde una perspectiva pública y territorial resulta fundamental. Contar con diagnósticos precisos permite comprender cómo se mueven las personas, qué obstáculos enfrentan y qué oportunidades existen para mejorar la accesibilidad laboral, reducir la dependencia del vehículo privado y promover formas de movilidad más seguras y sostenibles.

2. MARCO CONCEPTUAL Y NORMATIVO

El componente de planes de movilidad al trabajo se enmarca en el Programa provincial de movilidad sustentable. En este esquema, la movilidad laboral aparece como un componente específico, ya que combina cuestiones de transporte, producción, accesibilidad, clima y seguridad vial que no siempre se abordan de manera articulada.

A nivel conceptual, se toman como referencia cuatro enfoques que hoy orientan las políticas de movilidad en ciudades y regiones:

a) Accesibilidad laboral como derecho y condición de equidad territorial: Poder llegar al trabajo en tiempos razonables y con alternativas disponibles es una condición básica de inclusión. Cuando la única opción real es el auto particular, se profundizan desigualdades entre quienes tienen y quienes no y se restringen las posibilidades laborales de gran parte de la población.

b) Gestión de la demanda y eficiencia del sistema: Los planes de movilidad al trabajo se enfocan en reorganizar patrones existentes, reducir viajes innecesarios, fomentar opciones compartidas y mejorar la coordinación entre empresas, municipios y

operadores. Dicho de otra manera, se mejora la eficiencia de todo el ecosistema que forma parte de esta articulación público-privada.

c) Seguridad vial: Los viajes hacia los polos productivos ubicados en ámbitos suburbanos concentran riesgos específicos. La movilidad laboral exige intervenciones puntuales para reducir conflictividad y proteger a los trabajadores y las trabajadoras.

d) Transición climática del transporte y reducción de GEI: Los viajes al trabajo representan una porción relevante de las emisiones asociadas a la movilidad cotidiana. La provincia incorpora esta línea dentro de su política porque reducir la dependencia del auto particular y promover modos más sostenibles contribuye directamente al cumplimiento de sus objetivos ambientales. El Programa Provincial de Movilidad Sustentable adopta esta perspectiva y la integra con infraestructura, normativa y gestión.

Normativa provincial que enmarca la movilidad al trabajo

El entramado normativo brinda a este tipo de políticas públicas un marco de continuidad institucional y legitimidad, permitiendo que los diagnósticos y planes desarrollados por municipios y empresas se integren a las políticas provinciales de movilidad, seguridad vial y acción climática.

- Ley de movilidad sustentable de Santa Fe, que reconoce el derecho a una movilidad segura, accesible y ambientalmente responsable.

- Ley 14.019 de Acción Climática, que orienta políticas públicas hacia la reducción de emisiones y la adaptación.

- Resolución 261/2024, que crea el Programa provincial de movilidad sustentable y define sus componentes.

3. COMPONENTE MOVILIDAD AL TRABAJO: ENFOQUE, METODOLOGÍA Y APLICACIÓN TERRITORIAL

Los planes de movilidad al trabajo se definen como una herramienta específica para conocer y mejorar los desplazamientos cotidianos hacia áreas industriales y logísticas. En muchas localidades de la provincia —y de manera muy marcada en el área metropolitana de Rosario— los parques productivos están ubicados a cierta distancia de los núcleos urbanos densos. Esta configuración genera viajes frecuentes y previsibles que, en la práctica, se sostienen mayormente sin alternativas diversas más allá del auto o la moto.

En este contexto, la localidad de Alvear fue seleccionada como primer territorio para desarrollar y aplicar esta política pública debido a su rol dentro del AMR: concentra varios parques industriales de escala regional, recibe diariamente trabajadores provenientes de múltiples ciudades y tiene accesos que, en horarios específicos, funcionan con niveles de presión muy elevados. Esa convergencia de infraestructura productiva, empresas y flujos laborales la convierte en un caso crítico y representativo para iniciar el componente a escala provincial.

Contar con este aprendizaje en un espacio territorial específico, permite a la provincia calibrar una estrategia que brinde a gobiernos locales, parques industriales y empresas una base común de información que permita comprender la movilidad cotidiana de trabajadoras y trabajadores, identificar los puntos más conflictivos y avanzar en alternativas que reduzcan la necesidad de depender del vehículo particular. El componente se integra tanto a los objetivos de accesibilidad y seguridad vial como a las metas provinciales de reducción de gases de efecto invernadero, ya que los desplazamientos laborales representan una porción significativa de los viajes diarios.

Metodología utilizada

La metodología aplicada en el piloto en la localidad de Alvear se pensó para ser simple, práctica y replicable en otras localidades, combinando aportes del municipio, las áreas provinciales y las empresas, con el acompañamiento del IET-UNR para organizar y analizar la información.

a) Articulación institucional: Se conformó una mesa de trabajo integrada por el municipio de Alvear, áreas del gobierno provincial vinculadas al programa de movilidad, los tres parques industriales (PIA, MICROPI y AVANT) y empresas radicadas en ellos. El Instituto de Estudios del Transporte (IET-UNR) colaboró en ordenar los criterios de relevamiento y en analizar los patrones que surgieran de la información.

b) Construcción del diagnóstico:

- Relevamiento territorial, para identificar accesos, maniobras habituales, puntos de conflicto y condiciones del entorno vial.

- Encuesta a trabajadores y trabajadoras, que obtuvo 1.477 respuestas de 137 empresas, permitiendo conocer orígenes, modos de viaje, tiempos y distancias, percepción del entorno, experiencias de siniestros y disposición a cambiar de modo.

c) Organización y análisis de la información: Con los datos reunidos se consolidó una imagen clara de cómo llegan las personas a cada parque industrial, desde dónde viajan, en qué horarios ingresan y qué opciones consideran posibles. Este trabajo permitió definir los aspectos más críticos y ordenar las propuestas en función de prioridades y factibilidad: acciones de corto plazo que pueden implementarse rápidamente y líneas de trabajo más amplias para abordar con municipios y empresas.

Los datos del relevamiento

El piloto permitió caracterizar de forma precisa la movilidad laboral hacia los parques industriales PIA, MICROPI y AVANT, identificando patrones que explican por qué el sistema funciona como funciona y qué oportunidades existen para mejorarlo.

a) Orígenes y estructura de los viajes: La movilidad hacia los parques es claramente metropolitana

• 54% de quienes trabajan allí reside en Rosario,

• 21% en Villa Gobernador Gálvez,

• el resto se distribuye entre Pueblo Esther, Alvear, Arroyo Seco y otras localidades.

b) Concentración horaria: Los ingresos se concentran fuertemente entre las 7 y las 8 de la mañana, acumulando casi el 40% de los desplazamientos en esa franja. Esto genera picos de circulación que presionan sobre accesos que no siempre están preparados para recibir motos, autos, camiones, transporte corporativo y colectivos en un lapso muy corto.

c) Modos de viaje: Los modos individuales son predominantes:

• Auto particular: 39,7%

• Moto: 21,8%

• Auto compartido: 16,5%

La bicicleta aparece con el 5,4%, aunque sus tiempos muestran potencial para crecer en distancias cortas. El transporte corporativo es relevante únicamente en AVANT; en PIA y MICROPI prácticamente no existe.

d) Seguridad vial: El 7,8% de las personas encuestadas declaró haber tenido al menos un siniestro en el trayecto al trabajo. La participación de la motocicleta es muy alta, lo que se relaciona con el uso extendido del modo y con las condiciones del entorno vial en los accesos.

e) Disposición al cambio modal: Un dato central es que el 81,7% estaría dispuesto a cambiar su modo de viaje si existieran alternativas viables. Las opciones preferidas son transporte corporativo y colectivo, seguidas por esquemas de viajes compartidos. Esto confirma que la configuración actual responde más a la oferta disponible que a decisiones individuales estables.

Con la información reunida se elaboró una primera hoja de ruta con medidas de corto plazo y acciones de mediano plazo vinculadas a transporte corporativo, movilidad compartida e integración con el transporte interurbano.

Principales aprendizajes

La experiencia en Alvear permitió identificar una serie de aprendizajes que sirven tanto para fortalecer el componente dentro del Programa Provincial como para mejorar futuras aplicaciones en otras localidades.

En primer lugar, el nivel de respuesta de los parques industriales y de las y los trabajadores mostró que existe interés en mejorar las condiciones de acceso. La articulación temprana fue clave para lograr una encuesta amplia y representativa.

En segundo lugar, quedó claro que los municipios necesitan contar con información organizada para poder orientar intervenciones en los entornos productivos. Muchos de los problemas detectados son conocidos, pero no estaban sistematizados ni vinculados a datos que permitieran priorizar acciones.

Otro aprendizaje relevante es que la localización de los parques condiciona el sistema de movilidad metropolitano. La dispersión de orígenes y la concentración horaria exigen soluciones que combinen medidas locales con opciones que dependen de acuerdos interjurisdiccionales o del trabajo conjunto con empresas.

Finalmente, el relevamiento mostró que hay margen real para transformar los patrones actuales: la disposición al cambio modal es alta y la mayor parte de las personas no descarta alternativas; simplemente no cuentan con ellas. Esto habilita avanzar en medidas que amplíen opciones sin generar conflictos ni exigir cambios abruptos.

4. CONCLUSIONES

El trabajo realizado en la localidad de Alvear permitió construir un diagnóstico claro sobre cómo se desarrollan los desplazamientos laborales hacia los parques industriales del distrito y qué factores condicionan la movilidad cotidiana. La información recogida muestra que la dependencia del auto particular no es una elección estable, sino el resultado de una combinación de distancia, falta de alternativas y organización del entorno vial.

La experiencia también mostró que es posible avanzar en cambios progresivos y realistas. Muchas medidas de corto plazo pueden implementarse con recursos acotados. Otras, como el transporte corporativo, la movilidad compartida o la vinculación con el transporte interurbano, requieren acuerdos y una mirada más amplia, pero están dentro de las posibilidades reales del territorio.

El relevamiento y el análisis de la información obtenida deja una base sólida para seguir trabajando la movilidad laboral como parte de la política pública provincial. La metodología es replicable, el involucramiento de las empresas y la articulación entre municipio, provincia y actores productivos permitió construir un enfoque común. A partir de esta experiencia, la provincia cuenta con un punto de partida para escalar el componente a otras localidades y consolidar la movilidad al trabajo como una línea estable del Programa Provincial de Movilidad Sustentable.

5. BIBLIOGRAFIA

Observatorio de Movilidad Metropolitana (España). (2022). Movilidad laboral, patrones y tendencias.

UITP – Unión Internacional del Transporte Público. (2020). Workplace Mobility and Employer-Based Travel Demand Management.

UN-Habitat. (2020). Accessibility and Mobility: Principles for Inclusive Urban Transport.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2018). ¿Cómo se mueven las personas al trabajo? Movilidad urbana y acceso al empleo en América Latina. Washington, D.C.

Banco Mundial. (2019). Moving to Access: Transforming Transport and People's Lives. Washington, D.C.

C40 Cities. (2020). Employee Commute Toolkit: Low-carbon strategies for the journey to work.

MOVILIDAD DE PROXIMIDAD: LA CIUDAD DE LOS 15 MINUTOS, EXPERIENCIAS EUROPEAS DEL PROYECTO FORTHCOMING

Dr. Andrés Monzón, Catedrático Ingeniería del Transporte
Dra. Elena López, Profesora Ayudante Ingeniería del Transporte
Dra. Anna Ibraeva, Investigadora postdoctoral
Mariluz Brownrigg-Glesson, estudiante doctorado
Centro de Investigación del Transporte Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Universidad Politécnica de Madrid, España - email contacto: andres.monzon@upm.es

RESUMEN

El concepto de la ciudad de los 15 minutos plantea retos importantes para asegurar el acceso a los servicios ciudadanos esenciales en esa distancia a pie o en bicicleta. Esos retos resultan posibles en los centros consolidados de las ciudades, donde se concentra la población con altos niveles de densidad demográfica, y también el empleo y los servicios. El objetivo final es reducir la dependencia del coche, favoreciendo una movilidad sostenible y una mayor calidad del espacio urbano. Sin embargo, su aplicación en las periferias urbanas es complicada, pues los desarrollos urbanos de las décadas pasadas han seguido pautas de planificación de ciudad dispersa, de baja densidad y larga distancias entre los lugares de residencia, los puestos de trabajo y los servicios. Por tanto, muy dependientes del coche en su movilidad cotidiana. El proyecto europeo FORTHCOMING ha desarrollado una metodología de planificación para identificar las acciones clave en una diversa tipología de zonas de las periferias urbanas de 6 ciudades de otros tantos países europeos: Madrid, Milán, Hamburgo, Lisboa, Debrecen y Estambul. El método permite definir en cada ciudad qué estrategias de movilidad se alinean más con los objetivos de movilidad urbana sostenible, y tienen un mayor apoyo de los agentes y actores urbanos y de los propios ciudadanos.

1. INTRODUCCION

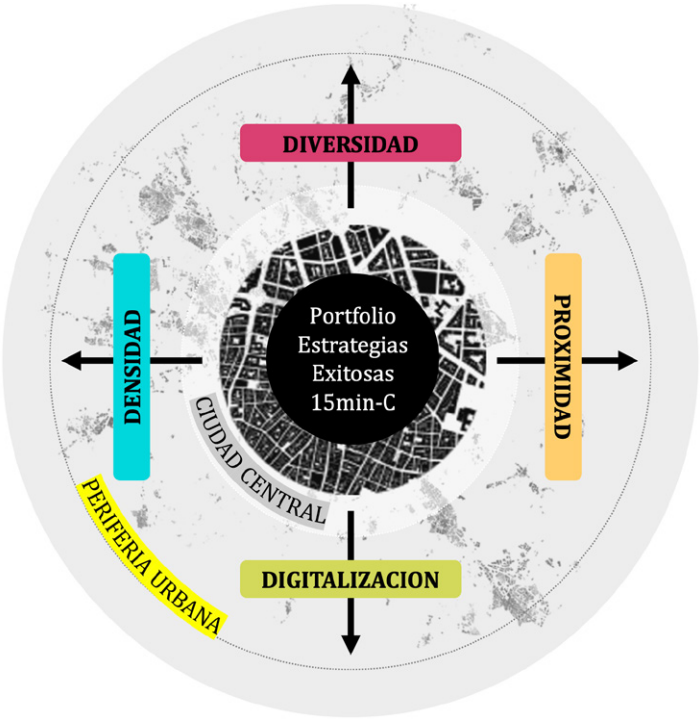
Las ciudades de todo el mundo experimentan un crecimiento acelerado y procesos de urbanización que dan lugar a áreas metropolitanas (AM) extensas y con una gran dispersión geográfica de las actividades. Esta tendencia es creciente, de modo que se estima que el 70 % de la población mundial vivirá en entornos urbanos para 2050 (UN-Habitat, 2022). Esta concentración sin precedentes de personas y actividades conlleva una amplia gama de desafíos apremiantes relacionados con la sostenibilidad y la habitabilidad.

La expansión metropolitana produce áreas suburbanas fragmentadas y de baja densidad, funcionalmente segregadas (Kleemann et al., 2023). Estas dinámicas espaciales refuerzan la dependencia del automóvil, lo que, a su vez, genera impactos sociales, económicos y ambientales. En el plano social, conllevan una accesibilidad limitada para quienes no disponen de automóvil, riesgos para la salud derivados del tráfico y una menor cohesión social (Miner et al., 2024; Moreno et al., 2021). Desde el punto de vista económico, generan mayores costos de transporte para los hogares, pérdidas de productividad por la congestión y costosas infraestructuras viales (Blandin et al., 2024). Desde el punto de vista ambiental, generan más emisiones de gases de efecto invernadero, contaminación atmosférica y un consumo excesivo de energía y recursos (Mouratidis, 2025).

En respuesta a estos desafíos, la planificación basada en la *proximidad* se ha consolidado como una estrategia clave para limitar los desarrollos urbanos centrados en el automóvil. Entre las propuestas más influyentes se encuentra la de la *«ciudad de 15 minutos»*, acuñada por Carlos Moreno en 2016 (Moreno, 2021). Este concepto se basa en el principio de que los ciudadanos deben poder acceder a servicios esenciales en 15 minutos a pie o en bicicleta (Allam et al., 2022a; Moreno et al., 2021). Se basa en *cuatro pilares* interrelacionadas: (i) *densidad*, para asegurar niveles de población sostenibles y garantizar el uso eficiente de los servicios y recursos; (ii) *diversidad*, para promover usos mixtos del suelo y variedad demográfica que contrarresten la segregación; (iii) *proximidad*, para facilitar el acceso a las necesidades diarias en tiempos de viaje cortos mediante modos de transporte sostenibles; y (iv) *digitalización*, un factor transversal que apoya y fortalece los demás pilares (Moreno, 2021).

La *ciudad de 15 minutos* busca mejorar, la sostenibilidad ambiental gracias a la reducción de emisiones y la disminución de la congestión (Chen et al., 2024; Colaço & de Abreu e Silva, 2025), ventajas económicas relacionadas con una mayor productividad mediante el ahorro de tiempo y la reducción de los costos de transporte (Allam et al., 2022) y mejoras sociales como una mejor salud física y mental y el fomento de la interacción social (Sepehri & Sharifi, 2025; Both et al., 2022). A pesar de su atractivo, el concepto de ciudad de 15 minutos también presenta limitaciones al aplicarse en áreas metropolitanas. Se concibió para zonas céntricas compactas donde la alta densidad, la diversidad de usos del suelo y social, la proximidad a los servicios y una infraestructura digital avanzada permiten su implementación.

Figura 1: Pilares de la ciudad de 15 minutos



Sin embargo, en realidad, nuestras metrópolis comprenden un mosaico de formas urbanas, desde centros densos y vibrantes hasta zonas suburbanas y periurbanas de baja densidad que carecen de estas cuatro condiciones. Esto ha llevado a la evolución del concepto hacia la denominada *«ciudad de X minutos»* (Logan et al, 2022), según la escala de su alfoz. Aunque el grado de proximidad puede variar, la ambición subyacente sigue siendo la misma: reducir los tiempos de desplazamiento mediante modos de transporte sostenibles y potenciar las oportunidades locales (Sepehri & Sharifi, 2025). La ciudad de X minutos ofrece, por tanto, un marco flexible para replantear las estrategias de planificación orientadas a la proximidad en diversos contextos.

En este contexto, es necesario investigar cómo transferir las buenas experiencias de la ciudad de proximidad que se dan en los centros urbanos densos a las periferias metropolitanas (Figura 1), donde la sostenibilidad se ve comprometida por la dispersión de actividades y la baja densidad demográfica, lo que conduce a una gran dependencia del coche para los viajes cotidianos.

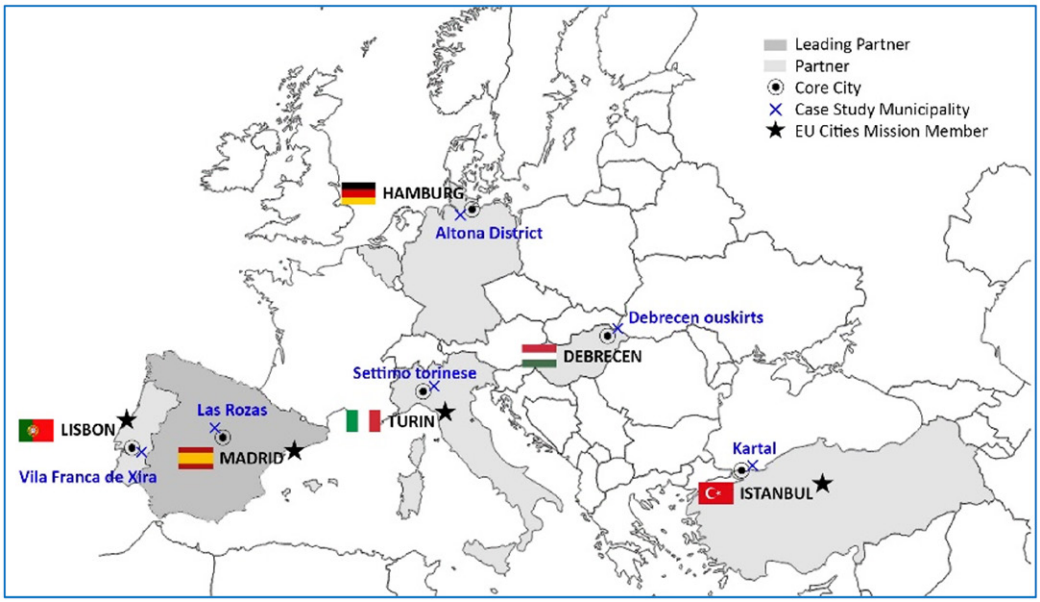
2. EL PROYECTO EUROPEO FORTHCOMING

Financiado por el programa *Europeo Driving Urban Transitions* (DUT), el proyecto FORTHCOMING (*Fomentando la Ciudad de Proximidad a través de la Integración de Servicios de Movilidad*) estudia cómo transferir los cuatro pilares del modelo de ciudad de los 15 minutos a contextos suburbanos, aprendiendo de las mejores prácticas de las ciudades centrales, poniendo al ciudadano como elemento central del proceso de planificación urbana.

Se trata, por tanto, de reformular los 4 pilares de densidad, proximidad, diversidad y digitalización en desarrollos urbanos de baja densidad.

En el proyecto participan socios de 6 países europeos, que agrupan centros de investigación universitarios y agentes del sistema de transporte urbano.

Figura 2: Ciudades europeas participantes en el proyecto FORTHCOMING



Los objetivos del proyecto se orientan a fomentar la proximidad y asegurar la aplicación de políticas de movilidad urbana sostenible en las periferias, en el marco de una planificación alineada con los Planes de Movilidad Urbana Sostenible de cada ciudad, mediante:

a) la digitalización para una gestión e información fiables;

b) la integración multimodal de la movilidad, no solo de los diferentes modos de transporte, sino también de personas y mercancías;

c) la redistribución del espacio urbano y la diversificación de usos, mediante la cocreación, para lograr soluciones de movilidad con efectos transformadores a corto plazo y asumibles económicamente.

3. METODOLOGÍA

El primer paso ha sido realizar un análisis de las características socioeconómicas en los 6 casos de estudio seleccionados. El diagnóstico confirma lo recogido en la literatura, que pone de manifiesto que en las periferias metropolitanas la movilidad y los usos del suelo son mucho menos sostenibles.

Tabla 1: Indicadores de movilidad, población y densidad en los casos de estudio

CASE STUDIES -central -suburb		SPAIN	GERMANY	HUNGARY	ITALY	PORTUGAL	TURKEY
		Madrid **-Las Rozas**	Hamburg **-Altona District**	Debrecen **-Kertváros**	Turin **-Settimo Torinese**	Lisbon **-Vila Franca de Xira**	Istanbul **-Küçükçekmece**
Core city & Case study	Inh.	M:3,286,662 LR: 94,862	H: 1 845 229 A:275,000	D:217,707 K:71 172	2,219,206 S: 45,852	L:544 851 V: 136 866	I: 15 514 128 K: 792 821
	Area	M:604.45 km2 LR: 59.14 km2	H:755.22 km2 AD: 77.9 km2	461.65km2	Area: 6,827 km2	L: 100.05 km2 V:317.7 km2	I: 2 576.85 km2 K:34.43 km2 A. 39.23 km2
	Modal split	*Las Rozas* 70% car: 16% PT 11% walking 3% other	*Altona District* 30% car 29% walk 22% bike 19% PT	*Kertváros* 37% car 37% PT 26% walk-cycle	*Settimo Torinese* 66% car/moped 15% PT 25% bike 17% walking	*Alverca do Ribatejo* 59% private car 27% walking 13% PT 1% Other	*Küçükçekmece* 20% private car 31% PT 48% walking 1% Bicyle

A la vista de esta información, se define cómo analizar los impactos sobre cada uno de los 4 pilares de la ciudad de 15 minutos.

Pilar 1: Impacto en la densidad – acelerar la transición hacia estrategias de movilidad y planificación urbana centradas en el usuario. La ciudad de 15 minutos demuestra la importancia de una planificación local y equitativa basada en las necesidades de la ciudadanía. Por un lado, FORTHCOMING situará al usuario en el centro de las estrategias de planificación urbana para mejorar la calidad del espacio público en contextos suburbanos, reduciendo así la expansión urbana descontrolada. Por otro lado, lo situará en el centro de las estrategias de planificación de la movilidad para facilitar la toma de decisiones informadas y fomentar el cambio de movilidad.

Pilar 2: Impacto en la proximidad – facilitar la integración de los modos de transporte en una red multimodal para mejorar tanto la accesibilidad como la conectividad. Asimismo, fomentará la adopción de opciones de movilidad más sostenibles, lo que conducirá a estilos de vida menos dependientes del automóvil y promoverá los modos activos, como caminar y la bicicleta. Así, la ciudad de 15 minutos también puede mejorar la salud a largo plazo mediante el aumento de la actividad física.

Pilar 3: Impacto en la diversidad – promover la transición hacia desarrollos urbanísticos de uso mixto para todos los miembros de la sociedad. Con un acceso más fácil a los servicios básicos, los residentes de las ciudades con acceso a 15 minutos disponen de más tiempo para atender sus necesidades personales y sociales, lo que puede mejorar significativamente su calidad de vida y crear un mayor sentido de comunidad, fortaleciendo así el tejido social. Quienes se encuentran en desventaja por no conducir, ya sea por edad, discapacidades físicas o motivos económicos, serán los principales beneficiarios de FORTHCOMING.

Pilar 4: Impacto en la digitalización – FORTHCOMING impulsa la adopción de herramientas digitales en las periferias urbanas. Los socios del consorcio, en el ámbito de las TIC y la movilidad, compartirán experiencias y conocimientos para impulsar el desarrollo de estrategias de MaaS (*Mobility-as-a-Service*).

Para medir el desempeño de las acciones para cada uno de los pilares se ha diseñado un conjunto de indicadores de desempeño (KPI) que cubren las siguientes seis dimensiones:

1) movilidad multimodal e integrada para pasajeros y mercancías,

2) espacio urbano de uso mixto y conectado,

3) servicios de movilidad sostenibles y climáticamente neutros,

4) digitalización y soluciones de ciudad inteligente,

5) habitabilidad y calidad de vida, e

6) intensificar la colaboración ciudadana para el desarrollo de las medidas.

Para identificar las medidas a aplicar en relación con los 4 pilares, se han desarrollado diversas acciones de planificación. En primer lugar, se han realizado Grupos Focales con diversos grupos de actores (*stakeholders*) –gestores de movilidad, instituciones, academia, empresarios– y a ciudadanos, para elaborar un análisis DAFO en cada ciudad, a fin de identificar debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades.

Y, a partir del DAFO de cada ciudad, la consulta se ha orientado a identificar las estrategias de movilidad prioritarias en cada una. Para ello se han realizado con todos los participantes en los Grupos Focales una encuesta tipo MAMCA (*Multi Actor Multicriteria Analysis*) para hacer una valoración de las estrategias identificadas en relación con los objetivos (Chrysanidis, T., & Nalmpantis, D. ,2022; Macharis, C., De Witte, A., & Turcksin, L., 2010)

Finalmente se está realizando una encuesta a más de 400 residentes en cada una de las ciudades, para validar las propuestas, y caracterizar las preferencias según el perfil de cada grupo de residentes, de acuerdo con su edad, sexo, actividad, lugar de la vivienda, nivel de renta, pautas de movilidad, etc.

4. RESULTADOS

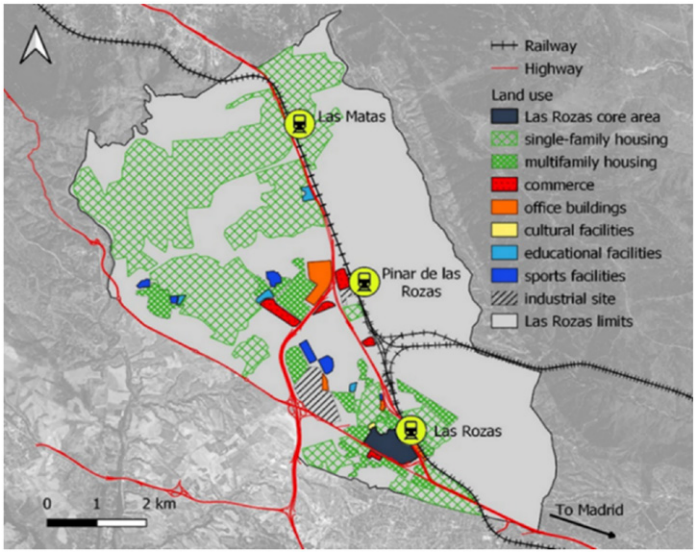
Como punto de partida se ha realizado un análisis de varios indicadores de las características socioeconómica y relativas a la movilidad de cada uno de los seis casos de estudio.

Tabla 2: Clasificación de los 6 casos de estudio en periferias urbanas

		Popula-tion (000)	Surface area (km2)	Density inh/km2	Land cover: Built-up area	Built up surface per capita	Green space per capita	Residential built-up surface growth	Unem-ployment rate (15-64)	Foreign born population	Motori-sation rate (cars/1000 inh)	Share of car traffic	Share of Public Transport
Hungary	Kertváros	70.000	27,6	2.539	9%	99,2	1.302	9%	5,00%	7,30%	356	36%	36%
Germany	Altona-Lurup	37.451	6,3	5.952	88%	167,9	31,8	6%	7,60%	24,50%	322	31%	19%
Turkey	Küçükçekmece	792.030	37,7	17.977	93%	13	12,4	6%	12,30%	8,30%	209	20%	31%
Portugal	Alverca do Ribatejo	32.273	19,4	1.668	42%	252,4	286,2	7%	7,60%	6,70%	609	65%	13%
Spain	Las Rozas	98.590	58,4	1.639	25%	56	380,4	10%	6,30%	15,40%	537	70%	16%
Italy	Settimo Torinese	45.693	31,5	1.464	33%	104,3	259,5	5%	6,30%	7,00%	650	80%	7%

Entre los 6 casos de estudio, a modo de ejemplo, se presentan en detalle los resultados de *Las Rozas*, ciudad periférica en el Área Metropolitana de Madrid.

Figura 3: Caso de Estudio de Las Rozas, Área Metropolitana de Madrid



Los RETOS identificados han sido:
- Barreras espaciales y segregación agravadas por tres autopistas que cruzan.
- Escasa infraestructura para la movilidad activa.
- Rápido crecimiento demográfico y expansión urbana.
- Acceso peatonal difícil a las estaciones de tren.
- Amenazas derivadas del uso del coche, como la velocidad que disuade de usar la bicicleta.
- La congestión del tráfico hace ineficiente el transporte público y dificulta dar prioridad a los modos de transporte sostenibles para mejorar la accesibilidad.

Se han identificado 8 estrategias para ser evaluadas mediante la metodología MAMCA, que ha permitido priorizarlas en una escala 0-3 puntos.

1. Crear un espacio urbano de mayor calidad y más accesible (1,82)
2. Mejorar la calidad del transporte público en las conexiones dentro de las Rozas y con municipios cercanos (1,70)
3. Crear una estación multimodal de transportes que facilite el intercambio entre modos (1,68)
4. Mejorar la calidad del transporte público en las conexiones con Madrid (1,58)
5. Acondicionamiento y modernización de las paradas de autobús (1,42)
6. Desarrollo de una App que integre todas las opciones de movilidad disponibles, con información en tiempo real (1,35)
7. Crear iniciativas colaborativas para gestionar la movilidad de los niños (1,33)
8. Mejorar la red de infraestructura ciclista (1,27)

Finalmente esperamos los resultados de la validación mediante las encuestas que se están realizando a ciudadanos residentes en Las Rozas de Madrid.

Tabla 3: Resumen retos y estrategias ciudades periféricas 5 casos de estudio

Ciudad	Retos	Estrategias principales
Kertváros *Hungría*	- falta de servicios y empleos descentralizados en los barrios - diseño urbano hace distancias a pie muy largas - falta equipamiento de distribución de mercancías: última milla - servicios de movilidad compartida en barrios de baja densidad	- red ciclista completa y segura que aporte conectividad a los destinos principales - desarrollo de oferta servicios de micro-movilidad, con base en los nodos urbanos y la estación de tren
Lurup *Alemania*	- baja accesibilidad peatonal a estación tren y transporte público en general - poca infraestructura ciclista - falta integración administrativa y regulatoria - riesgo de gentrificación por falta de viviendas asequibles	- Impulso movilidad multimodal entre distritos: creación hubs, con funciones sociales también - Mejorar servicios PT: información en paradas, carriles reservados, prioridad semafórica - Rutas de transporte escolar
Küçükçekmece *Turquía*	- congestión debida al tráfico de camiones - pobre accesibilidad peatonal y ciclista - presión sobre las infraestructuras por la alta densidad - pocas zonas verdes - poca equidad social y segregación espacial de comunidades	- mejora logística de distribución con micro-hubs - mejorar las infraestructuras para los peatones, cruces de carreteras seguros y supresión de barreras
Alverca do Ribatejo *Portugal*	- segregación espacial por la vía del tren y carreteras - poca movilidad interna al municipio - poca accesibilidad a los servicios, que se concentran en 2 zonas - poca movilidad activa	- rediseño del espacio público, creando microcentros urbanos para atraer actividades y servicios. - priorizar el uso de modos activos, conectando los microcentros y transporte público
Settimo Torinese *Turín*	- segregación espacial por vía del tren y autopistas, así como la zona industrial - Congestión recurrente del tráfico - Falta de integración del transporte público - planificación fragmentada del espacio urbano: polarización y falta de consenso - poca infraestructura ciclista y de distribución de mercancías última milla	- desarrollo de hubs multifuncionales en los barrios, integrando servicios de transporte y servicios sociales - prioridad peatonal

El proceso ha sido similar en las 6 ciudades casos de estudio, con resultados diferentes, acorde con las diferentes características y tipología de cada uno. De modo resumido presentamos los resultados de cada uno de ellos.

5. CONCLUSIONES

La reciente propuesta de la ciudad de los 15 minutos (Moreno, 2021) ha planteado una reflexión a nivel internacional sobre las prioridades en la planificación del espacio urbano y de la movilidad. Se trata de diseñar la ciudad y sus servicios poniendo en el centro al ciudadano, con los destinos necesarios en distancias caminables o accesibles en bicicleta –15 minutos– con lo que el objetivo de planificación pasa a ser la proximidad, asociado con los dos pilares de *densidad* –ciudad compacta– y *diversidad* –espacios multifuncionales que favorezcan la integración social (UN-Habitat, 2022).

Pero el resto de la sostenibilidad urbana se acentúa en las periferias urbanas, y las soluciones de la ciudad de los 15 minutos precisan de adaptación a esos contextos donde los destinos están a distancias mayores, la densidad es más baja y la estructura urbana más dispersa. El concepto, aún no consolidado de *la ciudad de X minutos* ofrece, un enfoque más flexible para aplicar el objetivo de proximidad en zonas periféricas de las coronas metropolitanas de las grandes ciudades (Sepehri & Sharifi, 2025).

El proyecto FORTHCOMING aborda el problema estudiando 6 casos de estudios en ciudades de países diferentes y tipología diversas.

El método de análisis, que combina los estudios cuantativos con los cualitativos de participación de los diversos actores se muestra válido para obtener resultados fiables y adecuados a cada contexto, para lograr ciudades menos dependientes del coche para su movilidad cotidiana.

Los resultados del análisis indican que asegurar el acceso a los nodos de transporte público es clave, y que esos nodos deben ser de tipo multimodal, integrando los modos de transporte, con buena accesibilidad caminando y en bicicleta. De ese modo los nodos multimodales cumplen la función de nuevas centralidades urbanas, alrededor de las agrupar servicios ciudadanos de proximidad.

La presentación de este trabajo en el congreso CLAPTU2026 pretende dinamizar intercambios con las ciudades latinoamericanas para que adopten políticas de desarrollo urbano sostenible basados en la proximidad, como el de la *«ciudad de 15 minutos»*.

6. REFERENCES

Allam, Z., Bibri, S. E., Chabaud, D., & Moreno, C. (2022a). The Theoretical, Practical, and Technological Foundations of the 15-Minute City Model: Proximity and Its Environmental, Social and Economic Benefits for Sustainability. Energies, 15(16), 1-20. https://doi.org/10.3390/en15166042

Blandin, L., Vecchio, G., Hurtubia, R., & Tiznado-Aitken, I. (2024). Car dependency in the urban margins: The influence of perceived accessibility on mode choice. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 184, 104098. https://doi.org/10.1016/j.tra.2024.104098

Chen, W., Tan, Z., Wu, Y., Biljecki, F., Liao, S., Zhou, Q., Li, H., Zheng, Y., & Gao, F. (2024). Decarbonizing megacities: A spatiotemporal analysis considering inter-city travel and the 15-minute city concept. Cities, 152. https://doi.org/10.1016/j.cities.2024.105252

Colaço, R., & de Abreu e Silva, J. (2025). Does the 15-minute City Promote Sustainable Travel? Quantifying the 15-minute City and Assessing its Impact on Individual Motorized Travel, Active Travel, Public Transit Ridership and CO2 Emissions. Networks and Spatial Economics. https://doi.org/10.1007/s11067-025-09670-6

Chrysanidis, T., & Nalmpantis, D. (2022). Evaluation of alternative mobility scenarios in the post-COVID-19 period with the use of Multi-Actor Multi-Criteria Analysis (MAMCA). In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1123, No. 1, p. 012056). IOP Publishing.

FORTHCOMING. https://www.forthcoming.info/

Kleemann, J., Struve, B., & Spyra, M. (2023). Conflicts in urban peripheries in Europe. Land Use Policy, 133(March), 106849. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106849

Logan, T. M., Hobbs, M. H., Conrow, L. C., Reid, N. L., Young, R. A., & Anderson, M. J. (2022). The x-minute city: Measuring the 10, 15, 20-minute city and an evaluation of its use for sustainable urban design. Cities, 131, 103924. https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103924

Macharis, C., De Witte, A., & Turcksin, L. (2010). The Multi-Actor Multi-Criteria Analysis (MAMCA) application in the Flemish long-term decision-making process on mobility and logistics. Transport Policy, 17(5), 303-311.

Miner, P., Smith, B. M., Jani, A., McNeill, G., & Gathorne-Hardy, A. (2024). Car harm: A global review of automobility's harm to people and the environment. Journal of Transport Geography, 115(February), 103817. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2024.103817

Moreno, C., Allam, Z., Chabaud, D., Gall, C., & Pratlong, F. (2021). Introducing the "15-minute city": Sustainability, resilience and place identity in future post-pandemic cities. Smart Cities, 4(1), 93-111. https://doi.org/10.3390/smartcities4010006

Mouratidis, K. (2025). Reducing car dependence: benefits, strategies, unintended consequences, and future directions of post-car urban transitions. Planning Practice and Research, 40(4), 889-910. https://doi.org/10.1080/02697459.2025.2507325

Sepehri, B., & Sharifi, A. (2025). X-minute cities as a growing notion of sustainable urbanism: A literature review. Cities, 161, 105902. https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.105902

Silva, C., Büttner, B., Seisenberger, S., & Rauli, A. (2023). Proximity-centred accessibility—A onceptual debate involving experts and planning practitioners. Journal of Urban Mobility, 4 100060. https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2023.100060

Silva, C., Büttner, B., Seisenberger, S., Teixeira, J. F., Baquero-Larriva, M. T., Beyazit, E., Hachette, M., Hernandez, D., Kariuki, W., Lamíquiz-Daudén, P. J., Levine, J., L'Hostis, A., Li, C., Martens, K., Martin, J. C., Martinazzo, L., Mella-Lira, B., Merlin, L. A., Moinse, D., … Visvardis, D. (2025). Proximity-centred accessibility – A conceptual debate involving planning practitioners worldwide. Cities, 167. https://doi.org/10.1016/j.cities.2025.106376

UN-Habitat (2022). World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities. United Nations Human Settlements Programme. https://doi.org/10.18356/9789210028592

O PAPEL DO TRANSPORTE NA REVITALIZAÇÃO DE CENTROS HISTÓRICOS: UMA REVISÃO SISTEMATIZADA NA AMÉRICA LATINA

Cleber Veras Pacheco da Silva
Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, cleber.pacheco@ufpe.br

Leonardo Herszon Meira
Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil. leonardo.meira@ufpe.br

RESUMEN

O estudo investiga como a literatura acadêmica aborda o papel do transporte na revitalização de centros históricos latino-americanos, buscando compreender até que ponto essas intervenções contribuem para a sustentabilidade e preservação patrimonial. Adotou-se uma revisão sistemática da literatura, complementada por análise bibliométrica na base Scopus, com foco em artigos sobre transporte urbano, revitalização e centros históricos. Dos 203 artigos iniciais, 19 atenderam aos critérios de inclusão. A análise de coocorrência de palavras-chave revelou quatro clusters temáticos conectados pelo conceito central de sustentabilidade, indicando uma transição para abordagens integradas entre mobilidade, planejamento urbano e patrimônio cultural. A revisão qualitativa identificou cinco categorias de intervenção recorrentes: mobilidade ativa, transporte coletivo, integração intermodal, planejamento e acessibilidade, e logística urbana sustentável. Os resultados destacam a priorização da escala humana e a necessidade de integração entre modos ativos e coletivos. Conclui-se que o transporte, quando planejado de forma sensível ao contexto patrimonial, pode atuar como agente de revitalização e coesão social, embora ainda haja lacunas entre discurso e prática nas políticas urbanas da região.

1. INTRODUÇÃO

A urbanização, enquanto processo global, tem provocado profundas mudanças nos aspectos ambientais, sociais e urbanos das cidades atuais. Segundo Hickman e Banister (2014), a população nas cidades tem crescido de forma contínua, agravando os desafios relacionados com a utilização de seus recursos e indicando a necessidade de se adaptar às tendências e às novas dinâmicas da urbanização em um cenário em constante mudança. Entretanto, de acordo com Elserafi (2025), essas transformações vêm impondo desafios particulares a determinados espaços, como é o caso dos centros históricos, que, por possuírem valor cultural e simbólico, exigem equilíbrio entre modernização e preservação patrimonial. E embora o conceito de "centro histórico", que surgiu na década de 1960 com a separação da centralidade urbana e histórica, tenha gerado uma reestruturação urbana, a tensão entre globalização e preservação não foi resolvida (Urrutia-Reyes et al., 2025).

Logo, esse espaço que havia sido pensado para percorrer a pé, por ruas estreitas, passou por uma transformação com o surgimento do automóvel, tornando-se inadequado nas cidades pós-revolução industrial, o que influenciou no esvaziamento e deterioração da infraestrutura existente (Machado e Piccinini, 2017). Nesse contexto, sabendo que, como dito por Diego et al. (2024), a preservação e a promoção do patrimônio desempenham um papel significativo no desenvolvimento e na estruturação das cidades, é possível questionar qual o papel das políticas públicas de transporte na regeneração urbana. Afinal, Banister (2008) já havia dito que a mobilidade das pessoas é fundamental no planejamento urbano, influenciando na qualidade de vida e no ambiente das cidades. E Cervero (1998) afirma que todo investimento em transporte deve se alinhar ao desenvolvimento urbano para potencializar os benefícios sociais e econômicos.

Portanto, ainda que haja muito a se discutir sobre o que é o centro histórico e como essa área deve se relacionar e se integrar ao restante da cidade, é evidente que o transporte exerce um papel essencial no planejamento estratégico dessa região (Collazo, 2020). Entretanto, apesar do reconhecimento de sua importância na requalificação de centros históricos, faltam estudos que sistematizem suas contribuições. Especificamente na região latino-americana, que embora Bourzac et al. (2021) indiquem que as cidades dessa região têm tentado resolver problemas de mobilidade, buscando reduzir o tráfego de veículos particulares e promovendo projetos de transporte público. Não se sabe ao certo se as cidades que possuem centros históricos incorporam diretrizes específicas que considerem as particularidades desses territórios em seus projetos de transporte.

Diante disso, este estudo tem como finalidade compreender, por meio de uma revisão sistemática da literatura com uma abordagem bibliométrica, como a literatura acadêmica tem abordado a atuação do transporte em áreas históricas no contexto da América Latina, a fim de identificar até que ponto essas intervenções contribuem no processo de revitalização dessas áreas. Levando em conta que os centros históricos, por possuírem relevância cultural, simbólica e urbana, exigem políticas de transporte sensíveis às suas especificidades. Dessa forma, será possível avaliar os principais desafios e potencialidades apontados pela literatura na integração entre transporte e proteção de áreas patrimoniais.

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa adota como procedimento metodológico a Revisão Sistemática da Literatura (RSL), complementada por uma análise bibliométrica, visando mapear e analisar a produção científica sobre o papel do transporte na revitalização de centros históricos na América Latina. De acordo com Kraus e Proff (2021), a escolha da RSL fundamenta-se na sua capacidade de estruturar o processo de busca e análise de forma objetiva e replicável, alinhando-se às práticas utilizadas em revisões recentes da área de transportes e planejamento urbano.

Para a coleta de dados, a pesquisa foi realizada em agosto de 2025, utilizando a base de dados *Scopus*, reconhecida por sua ampla abrangência de publicações científicas multidisciplinares. A estratégia de busca foi relacionar três áreas principais: Transporte Urbano, Revitalização Urbana e Centros Históricos. Utilizou-se o seguinte *string* de busca, aplicado aos campos de títulos, palavras-chave e resumos (*Title, Abstract, Keywords*): (*"urban transport"* OR *"public transport"* OR *"public transportation"* OR *"sustainable mobility"* OR *"urban mobility"* OR *"transportation planning"*) AND (*"urban revitalization"* OR *"urban regeneration"* OR *"urban renewal"* OR *"urban redevelopment"* OR *"city center regeneration"* OR *"historic center"* OR *"historic centre"* OR *"historic district"* OR *"heritage area"* OR *"old town"*).

Optou-se pela busca em inglês, pois esta é a língua franca da comunicação científica. Adicionalmente, a base Scopus exige que todos os metadados sejam indexados em inglês, assegurando assim a recuperação de artigos relevantes em português ou espanhol sobre a América Latina. Foram estabelecidos como critérios de inclusão os artigos publicados em periódicos e o período de publicação compreendido entre 2015 e 2025. A escolha do recorte temporal se alinha ao marco dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, uma vez que o estudo dialoga com as ODS, ao investigar como projetos de transporte em áreas históricas favorecem a sustentabilidade urbana, a preservação patrimonial e o desenvolvimento local (ONU, 2015).

A aplicação inicial dos filtros de período e tipo de documento retornou um total de 203 artigos. Em uma segunda etapa de triagem, foi aplicado o filtro de contexto geográfico, selecionando-se apenas os estudos focados na América Latina, o que reduziu a amostra para 39 artigos. Estes 39 trabalhos foram, então, submetidos a uma leitura integral para verificar sua relevância e alinhamento direto com a pergunta de pesquisa. Após esta análise de elegibilidade, 19 artigos foram considerados pertinentes ao tema da pesquisa.

Por fim, a análise dos dados foi conduzida em duas frentes. Primeiramente, foi realizada uma análise bibliométrica sobre os 19 artigos selecionados, utilizando o software VOSviewer. Esta ferramenta permitiu mapear as redes de coocorrência de palavras-chave, identificar os principais clusters temáticos e visualizar as tendências do campo de estudo, oferecendo um panorama estrutural da literatura. Complementarmente, foi feita a revisão sistemática do conteúdo desses artigos, focada em sintetizar as evidências, os desafios e as estratégias de transporte que contribuem para os processos de revitalização nos centros históricos latino-americanos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação dos procedimentos metodológicos e dos critérios de seleção resultou em um número final de 19 publicações, conforme dito anteriormente. A análise destes artigos é detalhada a seguir, iniciando pela caracterização quantitativa e estrutural da literatura e, subsequentemente, aprofundando as evidências qualitativas sobre o tema no contexto latino-americano.

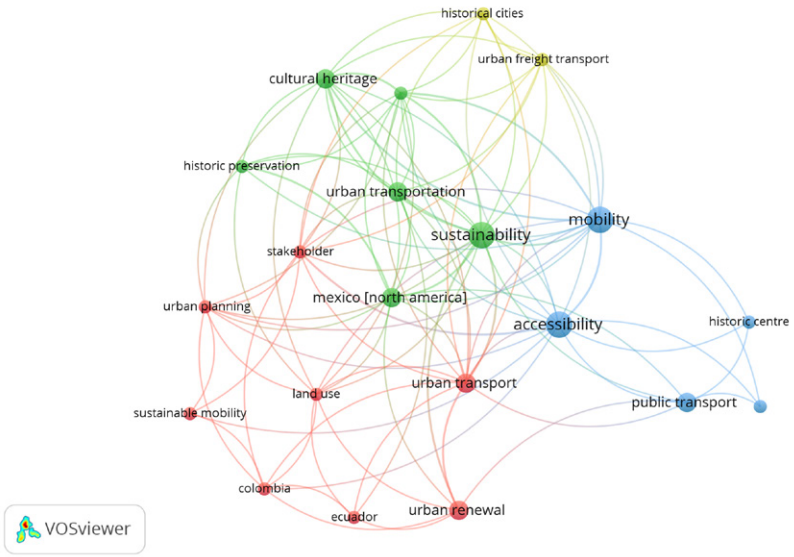
3.1 Análise Bibliométrica

A análise de coocorrência de palavras-chave foi realizada no *software* VOSviewer, a partir dos dados exportados da base *Scopus*. O objetivo dessa etapa foi identificar os principais temas e conexões conceituais presentes na literatura sobre mobilidade urbana e centros históricos, permitindo compreender como o campo tem se estruturado ao longo dos anos.

Inicialmente, foram identificadas 196 palavras-chave. Para assegurar que apenas os termos mais representativos compusessem a rede e reduzir o ruído causado por palavras pouco recorrentes, definiu-se um limiar mínimo de ocorrência igual a 2. Esse valor foi escolhido por equilibrar abrangência e relevância, garantindo a inclusão de termos que aparecem em mais de um estudo, mas evitando a dispersão temática que limiares menores poderiam gerar. Após a aplicação desse critério, 21 palavras-chave atenderam ao requisito mínimo, resultando em uma rede composta por 21 itens, 103 conexões e força total de ligação igual a 117, indicadores que apontam para uma forte inter-relação conceitual entre os temas analisados.

A Figura 1 apresenta a rede de coocorrência de palavras-chave, na qual os termos foram agrupados em quatro clusters principais. Cada cluster representa um conjunto de conceitos interligados que expressam linhas de investigação complementares dentro do campo de estudos sobre mobilidade e sustentabilidade em áreas urbanas históricas.

Figura 1: Rede de coocorrência de palavras-chave (4 clusters) gerada pelo VOSviewer



O Cluster 1 (verde) associa termos como *sustainability, cultural heritage, historic preservation e urban transportation*, refletindo a preocupação com modelos de transporte sustentável que respeitem o patrimônio histórico e cultural das cidades. O Cluster 2 (azul) conecta *mobility, accessibility, public transport e historic centre*, representando o eixo voltado à mobilidade e inclusão urbana em contextos históricos, com ênfase no acesso equitativo e na requalificação dos sistemas de transporte coletivo. Já o Cluster 3 (vermelho) inclui *urban planning*, *urban renewal*, *land use*, *Colombia* e *Ecuador*, destacando estudos sobre planejamento urbano e requalificação territorial com forte presença de casos latino-americanos. Por fim, o Cluster 4 (amarelo), formado por *urban freight transport e historical cities*, evidencia um tema emergente na literatura: o impacto do transporte de carga em centros urbanos históricos e seus desafios para a sustentabilidade.

A rede evidencia que *"sustainability"* atua como conceito central, articulando os diferentes eixos temáticos e servindo de elo entre as discussões sobre mobilidade, preservação patrimonial e planejamento urbano. Essa configuração demonstra uma literatura em consolidação, que vem integrando perspectivas ambientais, sociais e culturais na busca por estratégias de mobilidade mais equilibradas e compatíveis com a preservação dos centros históricos.

3.1 Revisão Sistemática da Literatura

A análise sistemática do conteúdo dos 19 artigos que compõem a revisão revela um panorama geograficamente diversificado, abrangendo estudos de caso em oito países da América Latina. O México destaca-se com o maior número de publicações (5 artigos), seguido de perto pela Colômbia (4). Brasil (3) e Equador (3) também apresentam contribuições significativas, enquanto Peru (2), Bolívia (1), Chile (1) e Uruguai (1) completam o escopo geográfico. Apesar das particularidades de cada centro histórico analisado, a leitura integral dos trabalhos permitiu identificar um conjunto de estratégias de transporte recorrentes. Para sistematizar esses achados, as intervenções e sugestões propostas pelos autores foram consolidadas e agrupadas em cinco categorias temáticas principais, conforme detalhado na tabela a seguir.

Tabela 1: Categorias de Intervenções de Transporte para Revitalização de Centros Históricos

Categorias	Descrição
(1) Priorização da Mobilidade Ativa	Foco na reestruturação do espaço viário para priorizar pedestres e ciclistas, valorizando a escala humana.
(2) Fomento ao Transporte Coletivo	Soluções de transporte público, incluindo qualificação de ônibus/BRTs e implementação de modos estruturantes
(3) Foco na Integração e Intermodalidade	Criação de um sistema coeso que conecta diferentes modos de transporte para facilitar a jornada.
(4) Planejamento, Acessibilidade e Gestão	Aspectos regulatórios e de planejamento, incluindo acessibilidade universal e adequação do espaço.
(5) Logística Urbana e Tecnologias Limpas	Soluções para desafios específicos, como logística de cargas e em tecnologias de baixo impacto ambiental.

Em seguida, a tabela 2 detalha os 19 artigos que compõem o portfólio final desta revisão. Para cada estudo, são indicados os autores, o ano de publicação, o país de estudo e as respectivas propostas de transporte, classificadas segundo as cinco categorias temáticas definidas anteriormente.

Tabela 2: Artigos selecionados e suas respectivas propostas de transporte categorizadas.

Autores	Ano	País do estudo	Categorias presentes no artigo
Aucca, C.A. et al.	2023	Peru	1
Balladares, A.C.G. e Jiménez, R.C.M.	2022	Equador	1, 2 e 3
Barreda-Luna A.A. et al.	2022	México	1, 2 e 3
Bourzac, M.T.P. et al.	2021	México	1 e 2
Collazo, A.A.	2020	México	1 e 2
Diego, E. et al.	2024	Colômbia	4
Fonseca, F.C. e Ramírez, A.C.C.	2020	México	2, 3 e 4
Escandón, A.M.A.C	2022	Equador	5
Gómez H.K.C. et al.	2022	Peru	2
Gonzalez-Urango, H. et al.	2020	Colômbia	1
Greene, M.	2017	Chile	2
Mahajan, R. e Voβkämper, T.	2025	Uruguai	1
Mansilla, M.E.M.	2021	Bolívia	1
Oliveira, L.K. et al.	2019	Brasil	5
Oliveira, L.K. et al.	2021	Brasil	5
Reyes-Schade, E. et al.	2022	Colômbia	2
Santos-Neto, S.C. et al.	2018	Brasil	1, 2 e 3
Urrutia-Reyes, C.A.	2025	México	1
Vergel-Tovar, C.E.	2023	Colômbia e Equador	2

O primeiro grupo temático, Priorização da Mobilidade Ativa, destaca-se como a abordagem mais frequente na literatura analisada sobre centros históricos latino-americanos. Esta categoria é a de maior predominância junto com o segundo grupo, estando presente em 10 dos 19 artigos do portfólio. Tal ênfase corrobora a percepção de que, nestes contextos, a mobilidade ativa é fundamental para incentivar a preservação (Aucca et al., 2023; Mansilla, 2021; Urrutia-Reyes, 2025). Sendo esse sistema um elemento-chave para proteger a paisagem histórica e manter a vitalidade urbana (Collazo, 2020; Gonzalez-Urango et al., 2020; Mahajan e Voβkämper, 2025). A forte presença desta categoria sugere uma tendência em valorizar a escala humana e a fruição do patrimônio como estratégias centrais para o sucesso da revitalização.

Contudo, a análise crítica dos artigos sugere que, embora a mobilidade ativa seja um pilar, ela não atua de forma isolada. A eficácia desta categoria depende diretamente da sua integração com as demais, especialmente a garantia de acesso ao centro por um transporte coletivo eficiente, o que justifica a forte presença do grupo 2, que também aparece em 10 dos 19 artigos analisados. Portanto, para viabilizar essa integração de forma positiva, foram sugeridos desde sistemas de BRT, VLT, linha de metrô, corredores exclusivos para transporte coletivo até projetos de extensão viária (Bourzac et al., 2021; Greene et al., 2017; Reyes-Schade et al., 2022; Santos-Neto et al., 2018;

Vergel-Tovar, 2023). Entretanto, Gómez et al. (2022) ressalta que se deve ter cautela com expansões viárias em áreas históricas, pois quando ocorre sem um planejamento focado na preservação, ainda que tenha a finalidade de melhorar o fluxo e promover a integração, o que pode, de fato, ocorrer é a fragmentação do tecido urbano tradicional e a perda de valor cultural e social em nome da mobilidade.

O terceiro grupo temático, Foco na Integração e Intermodalidade, foi identificado em 4 dos 19 artigos e apresenta-se como o elo estratégico entre os dois grupos anteriores. Esta categoria não propõe um novo modo de transporte, mas sim a costura operacional e física entre eles, através de sistemas intermodais que permitam o desenvolvimento do transporte (Balladares e Jiménez, 2022). A literatura sugere que o sucesso das intervenções nos centros históricos não reside apenas em pedestrianizar ou em prover acesso por transporte público, mas na fluidez da jornada do usuário. Sem essa integração sistêmica, as áreas requalificadas para pedestres podem se tornar locais de difícil acesso, e as redes de transporte coletivo perdem atratividade, reforçando a importância desta categoria como a conexão que garante a funcionalidade do sistema de mobilidade como um todo (Fonseca e Ramírez, 2020; Barreda-Luna et al., 2022).

Os dois últimos grupos temáticos, "Planejamento, Acessibilidade e Gestão" e "Logística Urbana e Tecnologias Limpas", reúnem os desafios operacionais, regulatórios e técnicos que sustentam o sucesso das intervenções de infraestrutura. O Grupo 4, que foi abordado em dois artigos, foca nos aspectos de gestão e regulação do planejamento, incluindo a garantia da acessibilidade universal, para que os espaços revitalizados sejam de fato inclusivos (Diego et al., 2024). A análise deste grupo revela que a acessibilidade, embora seja discutida nos planos, é frequentemente o elemento mais negligenciado na prática, expondo a lacuna entre a retórica da inclusão e a complexidade da sua implementação em tecidos históricos protegidos.

O Grupo 5, por sua vez, presente em 3 artigos, aborda conflitos específicos e críticos dos centros históricos, a logística urbana. Os estudos destacam a necessidade de regular o transporte de cargas para mitigar seus impactos sobre o patrimônio e sobre o espaço do pedestre (Oliveira et al., 2019, 2021). Além disso, este grupo aponta para soluções tecnológicas, como o uso de veículos movidos a hidrogênio, indicando uma preocupação crescente com a sustentabilidade ambiental, redução de ruído e poluição, nas áreas de preservação (Escandón, 2022). Juntos, esses grupos evidenciam que a revitalização exige mais do que novos modos de transporte, dependendo de uma gestão complexa que harmonize a preservação, os usos comerciais e a inclusão social.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo compreender de que forma a literatura acadêmica tem abordado o papel do transporte na revitalização de centros históricos latino-americanos, a partir de uma revisão sistemática da literatura e de uma análise bibliométrica. Os resultados obtidos permitiram identificar que já há um corpo de pesquisas em crescimento, que vem buscando integrar as dimensões da mobilidade urbana sustentável, da preservação patrimonial e do planejamento urbano em contextos de valor histórico e simbólico.

A análise bibliométrica e a revisão sistemática revelam que a literatura sobre transporte em centros históricos latino-americanos se organiza em torno do conceito de sustentabilidade, que reconhecem o transporte como instrumento de regeneração urbana e de impactos socioculturais sob uma perspectiva interdisciplinar.

Os estudos analisados evidenciam que os centros históricos são compreendidos como territórios vivos, cuja vitalidade depende do equilíbrio entre acessibilidade, preservação e qualidade de vida. As estratégias identificadas concentram-se em cinco eixos principais, sendo eles a mobilidade ativa, transporte coletivo, integração intermodal, planejamento e acessibilidade, e logística urbana sustentável, destacando a priorização da escala humana como tendência predominante. Contudo, a literatura ressalta que tais iniciativas, embora eficazes, exigem articulação sistêmica entre modos ativos e coletivos para alcançar resultados duradouros e coerentes com os objetivos de revitalização e sustentabilidade urbana.

O estudo indica que o transporte, quando planejado de forma sensível ao contexto patrimonial, pode atuar como indutor de vitalidade urbana e coesão social, contribuindo para reverter processos de degradação e esvaziamento. Entretanto, a revisão também expõe um descompasso entre a retórica da sustentabilidade e a implementação prática de políticas integradas, indicando a necessidade de avanços tanto na formulação conceitual quanto na prática institucional.

Como caminhos futuros, recomenda-se o aprofundamento de estudos que avaliem o impacto real das intervenções de transporte na dinâmica socioespacial e econômica dos centros históricos, bem como o desenvolvimento de indicadores capazes de mensurar os efeitos sobre o patrimônio cultural e a vida cotidiana. Além disso, é essencial ampliar o diálogo entre urbanismo, transportes e políticas culturais, de modo que a mobilidade deixe de ser tratada apenas como infraestrutura e passe a ser compreendida como parte integrante da experiência urbana e da identidade histórica das cidades.

Por fim, ao consolidar um panorama sobre as relações entre transporte e revitalização de centros históricos na América Latina, esta pesquisa contribui para preencher uma lacuna na literatura, fornecendo subsídios teóricos e metodológicos para o aprimoramento das políticas públicas de mobilidade em áreas de valor patrimonial. O desafio que se coloca é o de articular o passado e o futuro urbano por meio de estratégias de mobilidade que preservem, conectem e requalifiquem, fazendo do transporte não um agente de fragmentação, mas um instrumento de reintegração e sustentabilidade urbana.

5. REFERÊNCIAS

Aucca, C.A. ; J.C. Ordoñez; E.C. Hermoza; Y.B. Guzmán, H.E. Huamanga e R.P. Vásquez (2023) Study of the process of pedestrianization of urban environments in the Historical Center of Cusco. Case of the street of the middle. *Devenir*. Vol.10, n.19, pp.133-152. DOI: http://doi.org/10.21754/devenir.v10i19.866.

Balladares, A. C. G. e Jiménez, R. C. M. (2022) Aprovechamiento y presentación de potencialidades sostenibles en el modelo de movilidad urbana del centro de la ciudad de Ambato. *Hábitat Sustentable*, 12(2), 66–83. DOI: https://doi.org/10.22320/07190700.2022.12.02.05

Banister, D. (2008) The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, v. 15, n. 2, p. 73–80. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005.

Barreda-Luna, A. A.; J. Rodríguez-Reséndiz; O. Rodríguez-Abreo e J. M. Álvarez-Alvarado (2022) Spatial Models and Neural Network for Identifying Sustainable Transportation Projects with Study Case in Querétaro, an Intermediate Mexican City. *Sustainability*, 14(13), 7796. DOI: https://doi.org/10.3390/su14137796

Bourzac, M. T. P.; C. A. Crespo Sánchez e M. L. García Yerena (2021) Espacio público y transporte masivo: usos y percepciones. Paseo Alcalde y línea 3 SITEUR en el Área Metropolitana de Guadalajara, México. *ACE: Architecture, City and Environment*, v. 16, n. 47, p. 9631. DOI: https://doi.org/10.5821/ace.16.47.9631.

Cervero, R. (1998) *The Transit Metropolis: A Global Inquiry*. Island Press, Washington DC.

Collazo, A.A. (2020). Land use planning, mobility and historic preservation in Aguascalientes city. Are cultural sustainability and circular economy possible? *International Journal of Sustainable Development and Planning*, v. 15, n. 5, p. 647-654. DOI: https://doi.org/10.18280/ijsdp.150507.

Diego E.; J. Montoya e C. Moncada (2024) Accessibility and heritage: A measure of connectivity of the historic walled center of Cartagena de Indias. *Heritage and Sustainable Development*, v. 6, n. 1, p. 395–404. DOI: https://doi.org/10.37868/hsd.v6i1.349.

Elserafi, T. (2025) Integrating transit-oriented development in historic urban districts: Enhancing mobility and preservation in ElMosky, Cairo. *Civil Engineering and Architecture*, v. 13, n. 2, p. 1326–1346. DOI: https://doi.org/10.13189/cea.2025.130243.

Escandón, A. M. A. C.; E. A. B. Escandón; E. Z. León e X. Serrano-Guerrero (2022). Hydrogen capacity for use in public transportation using the excess electricity generated by photovoltaics from rooftops in the urban area of Cuenca, Ecuador. *Renewable Energy and Power Quality Journal*. 20, 49-54. DOI: https://doi.org/10.24084/repqj20.215.

Fonseca, F. C. e Ramírez, A. C. C. (2020) Analysis and proposal of sustainable urban mobility: accessibility to the cultural heritage of the City of Guanajuato; Gto. *VITRUVIO - International Journal of Architectural Technology and Sustainability*, 5(1), pp. 17–35. DOI: 10.4995/vitruvio-ijats.2020.13254.

Gómez, H. K. C.; D. E. G. Zanabria; K. E. M. Montoya e Burga, L. M. V. (2022). Crónicas de una heterotopía anunciada: Programa municipal de renovación urbana Prolongación avenida Tacna, distrito del Rímac, 1986. *Devenir - Revista De Estudios Sobre Patrimonio Edificado*, 9(18). DOI: https://doi.org/10.21754/devenir.v9i18.1371

Gonzalez-Urango, H.; G. Inturri; M. Le Pira e M. García-Melón (2020) Planning for Pedestrians with a Participatory Multicriteria Approach. *Journal of Urban Planning and Development. American Society of Civil Engineers (ASCE)*. DOI: http://doi.org/10.1061/(asce)up.1943-5444.0000585

Greene, M.; R. I. Mora; C. Figueroa; N. Waintrub e J. D. D. Ortúzar (2017) Towards a sustainable city: Applying urban renewal incentives according to the social and urban characteristics of the area. *Habitat international*, 68, 15-23. DOI: 10.1016/j.habitatint.2017.03.004.

Hickman, R. e D. Banister (2014) *Transport, climate change and the city*. Routledge. DOI: https://doi.org/10.4324/9780203074435.

Kraus, L. e H. Proff (2021) Sustainable urban transportation criteria and measurement—A systematic literature review. *Sustainability*, v. 13, n. 13, p. 7113. DOI: https://doi.org/10.3390/su13137113.

Machado, F. e L., Piccinini (2017) Medidas de mobilidade: estratégia de competição e gentrificação dos centros urbanos. *Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, v. 21, n. 563. DOI: https://doi.org/10.1344/sn2017.21.18576.

Mahajan, R. e T. Voßkämper (2025). 'This won't work in Uruguay!' Taking on Montevideo's car-centric culture. *Cities & Health*, 1–7. DOI: https://doi.org/10.1080/23748834.2025.2482903.

Mansilla, M.E.M. (2021) Environmental performance of the urban microclimate in pedestrian zones of Tarija, Bolivia. *Urbani Izziv*. Vol. 32, p. 107-122.DOI: 10.5379/urbani-izziv-en-2021-32-supplement-7.

Oliveira, L. K.; J. G. D. C. B. França; C. D. O. L. Nascimento; I. K. Oliveira; L. H. Meira e L. Rabay (2021) Evaluating problems and measures for a sustainable urban freight transport in Brazilian historical cities. *Sustainable Cities and Society*, 69, 102806. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103209

Oliveira, L. K.; A. D. R. Macedo; J. C. L. Sampaio; T. D. P. M. Oliveira; R. L. M. Oliveira e J. G. V. Vieira (2019). Challenges to urban freight transport in historical cities: A case study for Sabará (Brazil). *Transportation Research Procedia*, 39, 370-380. DOI: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.039

ONU (2015) *Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Organização das Nações Unidas. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs.

Reyes-Schade, E., K. Gutiérrez-Torres e S.E. Padilla-Llano (2022) "Imbricació Urbana Del Moviment: Continuïtat, Accessibilitat I Estructuració Al Sistema De Tramvia d'Ayacucho, Medellín". *On the waterfront. Public Art. Urban Design. Civic Participation. Urban Regeneration. Vol. 64* (1):3-29. DOI: https://doi.org/10.1344/waterfront2022.64.1.01.

Santos Neto, S. C. D.; V. D. Cardoso; T. Santos; A. F. S. D. Oliveira; D. R. Terezani e M. D. C. Haiachi (2018) Rio 2016 Olympics: Urban regeneration and social legacy. *Journal of Human Sport and Exercise*. Vol. 13(1proc): S116-S133. DOI: doi:10.14198/jhse.2018.13.Proc1.10

Urrutia-Reyes, C.A.; Cárdenas, G.C.; Manjarrez, P.L.; García J.T.S.; Monjadín, L.C.R. e Torres, L.F.C. (2025) Urban landscape elements for better walkability in Xalapa's historic circuit, Mexico. *GeoJournal*. v. 90, n. 92. DOI: https://doi.org/10.1007/s10708-025-11335-3.

Vergel-Tovar, C. E. (2023) Understanding barriers and opportunities for promoting transit-oriented development with bus rapid transit in Bogotá and Quito. *Land use policy*, 132, 106791. DOI: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2023.106791

SIMULAÇÃO DINÂMICA DE PASSAGEIROS APLICADA AO DIMENSIONAMENTO ESTRATÉGICO DE ESTAÇÕES DE METRÔ

Gerfenson Barbosa Ribeiro
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG / Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia, Belo Horizonte – MG – Brasil
dagap@cce.ufmg.br

Dimas Alberto Gazolla Palhares
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG / Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia, Belo Horizonte – MG – Brasil
dagap@cce.ufmg.br

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo, apresentar como a simulação dinâmica de fluxos de passageiros pode ser uma aliada na fase de planejamento e dimensionamento de estações de metrô, estabelecendo condições para analisar como os fluxos são distribuídos e assim potencializando a implementação de otimizações de projeto. O estudo de simulação realizado por meio do software LEGION, baseia-se na avaliação de mapas de densidade, níveis de serviço (LOS), uso do espaço e formação de filas, permitindo identificar gargalos operacionais nem sempre perceptíveis pelos métodos convencionais. Para objeto de estudo, uma estação de tipologia subterrânea e com túnel de plataforma em NATM, inicialmente dimensionada por meio de métodos estáticos tradicionais é submetida a análises de microssimulação, em uma abordagem comparativa. Os resultados evidenciam que a simulação dinâmica proporciona uma compreensão mais realista e preditiva do comportamento dos usuários, contribuindo para decisões de dimensionamento de projeto mais assertivas e resilientes diante de cenários de saturação. Além disso, ressalta-se o potencial das ferramentas de microssimulação como suporte à concepção espacial, à verificação de condições de conforto e à validação funcional de projetos metroviários, especialmente em estações com papel estratégico na integração multimodal e na promoção da mobilidade urbana sustentável.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado das áreas urbanas tem gerado uma demanda crescente por sistemas de transporte público de alta capacidade. Dentre as soluções, o metrô destaca-se por sua capacidade de transportar grandes volumes de passageiros com rapidez, regularidade e menor interferência na superfície urbana (MATTOS, 2015). No entanto, o desempenho adequado de um sistema metroviário depende não apenas da via permanente e dos trens, mas também do planejamento eficiente das estações, com especial atenção aos elementos das plataformas de embarque e desembarque, e dispositivos de circulação vertical.

Com o avanço das tecnologias digitais, ferramentas de simulação computacional como o *software* LEGION têm sido adotadas para representar de forma mais realista o comportamento dos usuários em ambientes urbanos. Essas ferramentas utilizam modelos baseados em agentes e permitem simular fluxos de passageiros em diferentes cenários operacionais, inclusive em situações críticas como evacuações de emergência (Seriani et al., 2025). Tais simulações oferecem uma perspectiva dinâmica e espacial que pode complementar ou mesmo corrigir limitações do dimensionamento estático.

Nesse contexto, observa-se que a complexidade das estações exige métodos de análise que antecipem com maior realismo os comportamentos em condições operacionais diversas. Estudos recentes reforçam essa perspectiva: Huang et al. (2025) aplicaram o software LEGION em 150 simulações ortogonais para avaliar riscos e otimizar fluxos de passageiros em estações metroferroviárias, enquanto Makinoshima et al. (2022) desenvolveram um modelo *agent-based* com filtro de entidades (usuários) para prever, em tempo real, o comportamento de multidões em ambientes de transporte.

Ao explorar uma lacuna de estudo nesta temática, este trabalho apresenta os resultados obtidos pela possibilidade de avaliar criticamente os dados de dimensionamento gerados com a aplicação dos métodos estáticos, a partir da análise de possíveis otimizações neste dimensionamento, frente a simulação dinâmica de passageiros, contribuindo como facilitador no processo de concepção de projeto e para o aumento da resiliência operacional das estações de metrô. Os resultados obtidos indicam ser possível validar otimizações do dimensionamento da área pública da plataforma e do mezanino de uma estação de metrô, inicialmente dimensionadas por métodos estáticos, através da comparação de cenários de simulação dinâmica de passageiros, utilizando as ferramentas de microssimulação.

2. CONCEITUAÇÃO DO DIMENSIONAMENTO DE ESTAÇÕES DE METRÔ

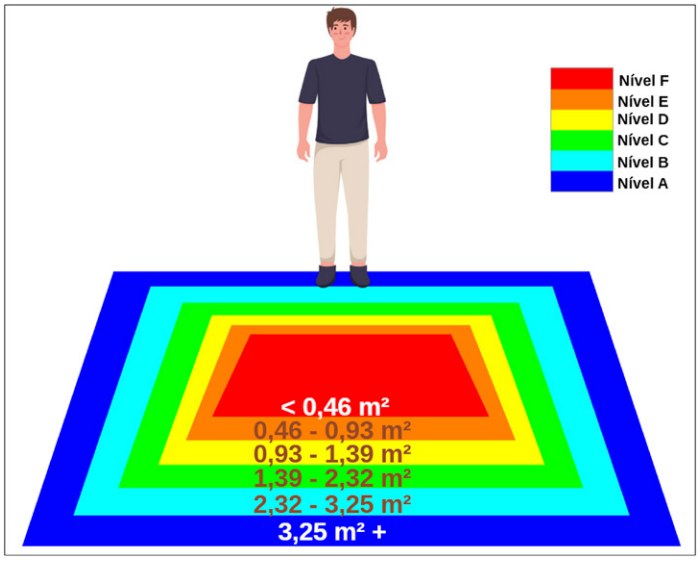
O dimensionamento de estações de metrô, tem por objetivo definir as dimensões físicas mínimas necessárias para garantir a circulação segura e eficiente de passageiros entre os acessos verticais, corredores de conexão, mezaninos e plataformas. Processo onde, com base em métodos determinísticos, são utilizados parâmetros fixos para estimar o espaço necessário a partir de dados de demanda, usualmente considerando a hora pico de maior carregamento e um cenário de contingência. Esse processo defini a base para as fases iniciais de concepção e projeto básico, sendo essencial para garantir a

funcionalidade e a segurança do sistema face a operação regular e, sobretudo, em situações emergenciais.

O dimensionamento estático parte de princípios arquitetônicos alinhados com as diversas disciplinas da engenharia (via permanente, planejamento de transportes, estruturas, método construtivo etc.), tendo por objetivo garantir condições adequadas de fluidez, conforto e segurança nas áreas de circulação de passageiros, mesmo sob cenários de demanda crítica.

A Figura 1 ilustra a base dessa abordagem, que é o conceito de Nível de Serviço (LOS – *Level of Service*), conforme proposto por Fruin (1971), onde a densidade de ocupação (pessoas por metro quadrado) e a vazão (pessoas por metro por hora) é associada a diferentes níveis de qualidade operacional, variando de A (conforto máximo) até F (superlotação e paradas frequentes).

Figura 1: Diagrama de nível de serviço – densidade (m^2/pessoa) proposto por Fruin



Fonte: adaptado de Fruin, 1971.

2.1 Limitações do Método Estático

Segundo a literatura, esse tipo de abordagem é fortemente influenciado pela tradição do racionalismo funcionalista no design de transportes, cujo foco está na eficiência técnica do espaço projetado (WEIDMANN, 1993; FRUIN, 1971). Porém, essa racionalidade acaba ignorando aspectos fundamentais do comportamento humano, como a capacidade de adaptação, preferência individual, percepção do ambiente e interação social (HELBING et al., 2000).

Um dos principais problemas dos modelos estáticos é sua incapacidade de representar fenômenos dinâmicos como a formação de filas, conflitos de fluxo bidirecional, ocupação espontânea de áreas, mudanças de trajetória e aglomerações locais. Como destacam Still (2000) e Kuligowski et al. (2010), o comportamento coletivo de passageiros em situações de alta densidade é não linear e sensível a pequenas variações nas condições

espaciais e temporais, exigindo modelos que incorporem tempo, velocidade, percepção visual e escolha de rotas. Além disso, os métodos estáticos trabalham com médias agregadas, o que reduz sua capacidade de capturar picos instantâneos de carga ou redistribuições espaciais rápidas. Esse problema é especialmente crítico em estações intermodais, onde o volume e a origem dos fluxos variam em função do modo de chegada (ônibus, trem, metrô), das condições climáticas ou do horário.

Outra limitação importante está relacionada à ausência de agentes autônomos nos modelos estáticos. Segundo Batty (2001) e Crociani et al. (2016), o uso de modelos baseados em agentes – nos quais cada indivíduo é tratado como uma entidade com objetivos, percepções e comportamento próprios – permite simular cenários mais realistas de circulação, como reações a alarmes, busca por saídas alternativas e formação de "efeitos de grupo" (*crowd clustering*).

A falta de representação dessas variáveis compromete a eficácia dos modelos estáticos não apenas em contextos operacionais, mas também em situações de evacuação emergencial, nas quais o tempo de resposta, a percepção do risco e a escolha da rota mais próxima são determinantes para a segurança dos usuários (KULIGOWSKI et al., 2010; ABNT, 2001). Portanto, embora os métodos estáticos forneçam uma base importante para o projeto preliminar e para o atendimento a normas técnicas, eles não são suficientes para capturar a complexidade do fluxo de passageiros em ambientes urbanos densos. Sua aplicação isolada pode levar à subestimação de gargalos, falhas na estimativa do tempo de evacuação e desconforto em situações de pico.

3. MODELAGEM DINÂMICA COM O SOFTWARE LEGION

A simulação dinâmica do fluxo de passageiros constitui-se em uma das mais avançadas abordagens para análise e validação de projetos de estações de metrô. Baseando-se na representação de agentes autônomos que interagem com o ambiente e entre si, essa metodologia permite explorar o comportamento realista de multidões sob diferentes condições operacionais e emergenciais (Moussaïd et al., 2011; Lovreglio et al., 2020).

A modelagem baseada em agentes simula a dinâmica espaço-tempo da ocupação e do deslocamento. Com isso, os passageiros são tratados como entidades cognitivas, com preferências de trajetória, percepção de obstáculos, sensibilidade a aglomerações e capacidade de replanejamento de rotas (Schadschneider et al., 2009). Essa abordagem é fundamentada por diferentes paradigmas teóricos, como:

- Modelo de forças sociais: que simula forças atrativas (destino) e repulsivas (outros pedestres, barreiras físicas) (Helbing et al., 2000);
- Modelos baseados em campo visual adaptativo: que integram percepção espacial ao processo de decisão (Zhang et al., 2012);
- E os modelos híbridos cognitivo-físicos: que consideram fatores como ansiedade, familiaridade e comportamento coletivo emergente (Lovreglio et al., 2020).

3.1 Software LEGION e sua arquitetura de modelagem

Para simular o cenário de operação da estação analisada, foi utilizado neste estudo o software LEGION (Bentley Systems). A ferramenta permite modelar com precisão a geometria da estação e os fluxos de passageiros, gerando indicadores quantitativos e visuais de desempenho. A lógica programada por trás do LEGION combina algoritmos de encaminhamento (route finding) com modelos de percepção e ocupação, calibrados com dados empíricos coletados em estações reais. Entre suas principais funcionalidades estão:

- Definição de perfis de passageiros (velocidade, prioridade, acessibilidade);

- Modelagem de ações individuais e coletivas, como espera, formação de filas, desvios e mudanças de rota;

- Geração de indicadores visuais e métricos, como:
  - mapas de densidade espaço-tempo;
  - tempo de permanência por zona;
  - velocidades médias e dispersões;
  - vazões críticas em gargalos.

Dentre os produtos gerados e analisados neste trabalho, destacam-se:

- Space Utilization: indica a taxa de uso de cada área ao longo do tempo, revelando padrões de circulação;

- Mean Density: representa a densidade média por zona, em pessoas/m^2;

- Mean Density Queuing: densidade associada a estados de espera ou fila, útil para identificar estrangulamentos;

O software LEGION permite ainda a configuração de cenários específicos, como evacuação, falha de equipamento, sobrecarga operacional ou bloqueio de acesso, possibilitando testar soluções arquitetônicas ou operacionais antes de sua implementação.

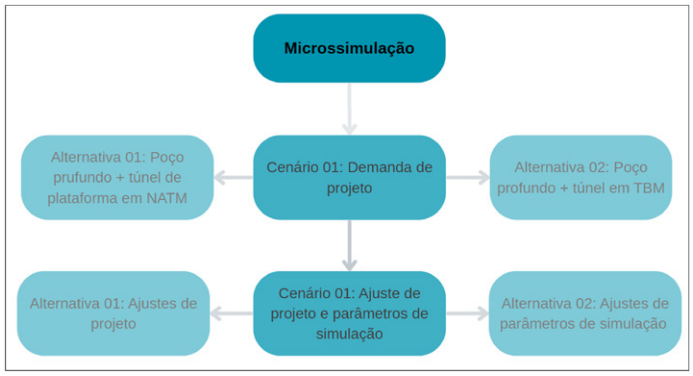
No entanto, apesar de sua robustez, o software LEGION não é um modelo de evacuação baseado em física de pânico, tampouco simula condições extremas de estresse coletivo como empurrões, quedas, ou comportamento não cooperativo. Para esses cenários, ferramentas como Pathfinder, MassMotion ou simuladores acadêmicos desenvolvidos em física estatística oferecem maior fidelidade e capacidade de modelagem de fenômenos caóticos (Lovreglio et al., 2020).

4. MICROSSIMULAÇÃO

Na sequência, são apresentados os dados da análise da aplicação da microssimulação, para o caso de estação de tipologia subterrânea e com túnel de plataforma em NATM, na avaliação do seu desempenho operacional em (i) - operação de referência

(demanda de projeto) e (ii) - ajustes geométricos e de parâmetros da microssimulação. O fluxograma na Figura 2 apresenta o sequenciamento dos passos da microssimulação que foram seguidos.

Figura 2: Fluxograma de sequenciamento da microssimulação



Fonte: elaboração própria, 2025.

No estudo, as análises de simulação foram feitas para as situações de cenários e alternativas 01 e 02 indicados na Figura 2, para hora pico manhã (HPM) e tarde (HPT) entretanto, devido a limitação de espaço, aqui são ilustrados somente alguns desses resultados para situação de HPM. A Tabela 1 ilustra a matriz de origem e destino das viagens entre as entradas e saídas para as plataformas da Linha A (Fictícia), para a situação da HPM, referente a estação Mona Lisa.

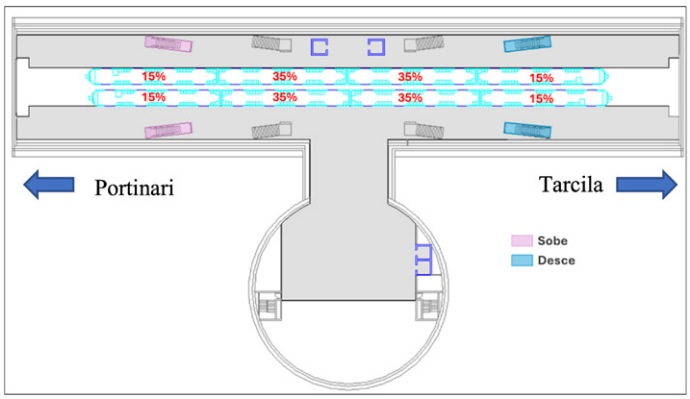
Tabela 1 - Dados de demanda da estação Mona Lisa – HPM

Origem/ destino	Acessos	Linha A Portinari	Linha A Tarsila	Total
Acessos	–	458	3.444	**3.902**
Linha A – Portinari	630	–	–	**630**
Linha A – Tarsila	422	–	–	**422**
Total	**1.052**	**458**	**3.444**	**4.954**

Fonte: elaboração própria, 2025.

A Figura 3 apresenta a distribuição dos passageiros no trem, correspondente a cada carro e em relação aos elementos de circulação vertical, para a situação da HPM.

Figura 3: Distribuição de passageiros no trem – HPM



Fonte: elaboração própria, 2025.

4.1 Análises – algumas situações estudadas

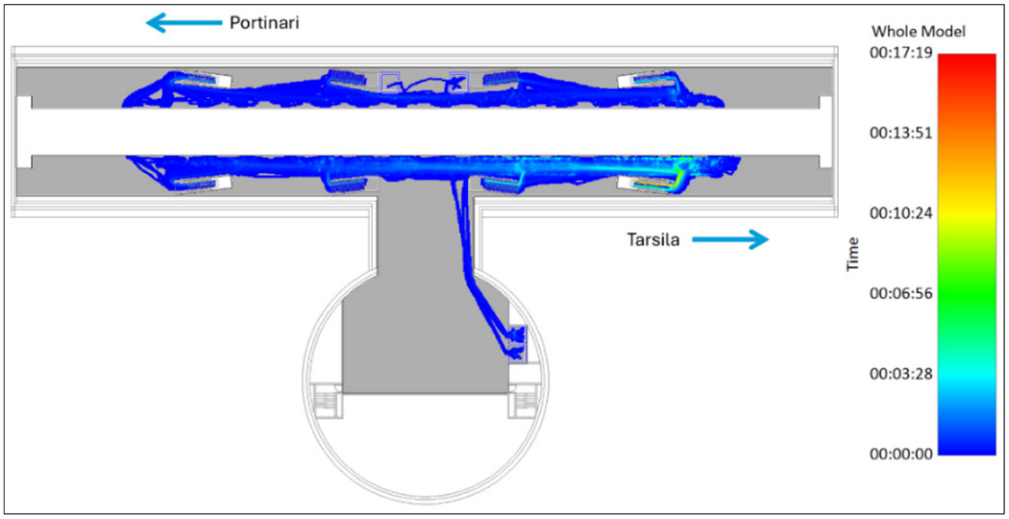
A título de ilustração, são apresentados em sequência a análise do estudo realizado para o cenário 01 e alternativa 01, conforme Fluxograma da Figura 2.

4.1.1 Plataforma

4.1.1.1 Uso do Espaço

A partir dos resultados obtidos na simulação, conforme demonstra a Figura 4, há uma boa distribuição de passageiros ao longo das plataformas. Observa-se que no sentido Tarsila, apresenta uma maior concentração de passageiros próximo à escada rolante de embarque. A condição de uso espacial é confortável, com destaque para as extremidades das plataformas e para o hall dos elevadores, onde observam-se áreas sem uso, que poderão comportar passageiros conforme a necessidade, a exemplo em situações de emergência.

Figura 4: Mapa de uso do espaço da plataforma – HPM

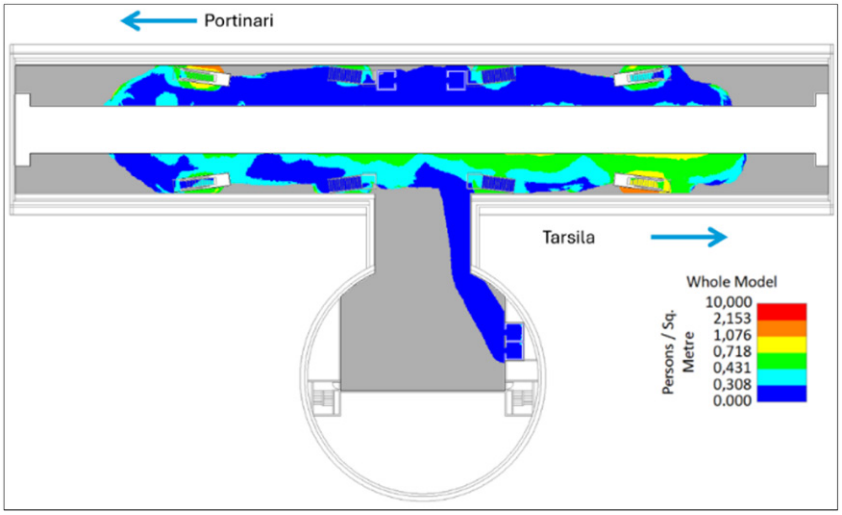


Fonte: elaboração própria, 2025.

4.1.1.2 Densidade Média Acumulada

No que tange à análise de densidade média acumulada, observa-se pela Figura 5 que a plataforma Portinari está bem distribuída. No sentido Tarsila, por sua vez, o nível de serviço tem maior variação, atingindo o nível C nas proximidades da escada rolante de embarque utilizada pelo maior fluxo, sendo que as escadas não fazem parte da análise. Além disso, mantém níveis B e C nas áreas circuláveis. Nota-se através dos níveis de serviço, que as condições de densidade média são satisfatórias em ambos os períodos de análise.

Figura 5: Mapa de densidade média acumulada da plataforma – HPM

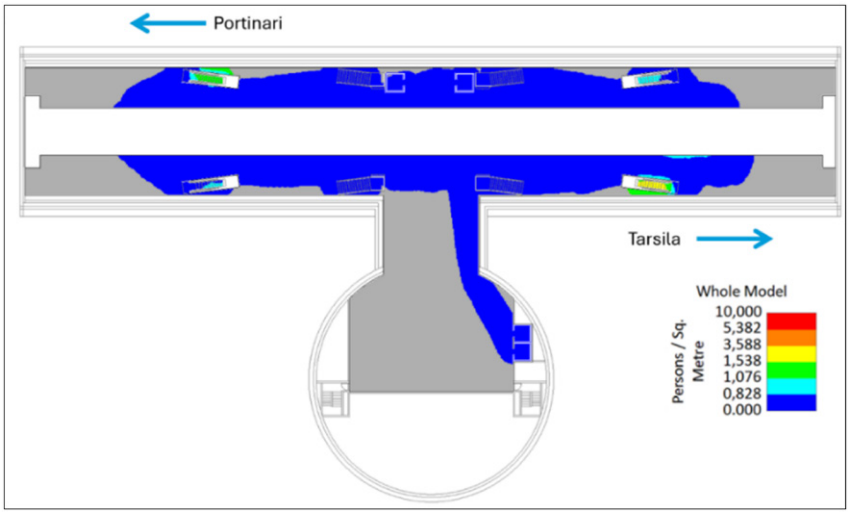


Fonte: elaboração própria, 2025.

4.1.1.3 Densidade Média Acumulada – FILAS

Pela Figura 6, observa-se que o nível de serviço predominante é o A. As filas não obstruem as áreas de circulação, de forma que a qualidade operacional seja garantida.

Figura 6: Mapa de densidade média (filas) acumulada da plataforma – HPM



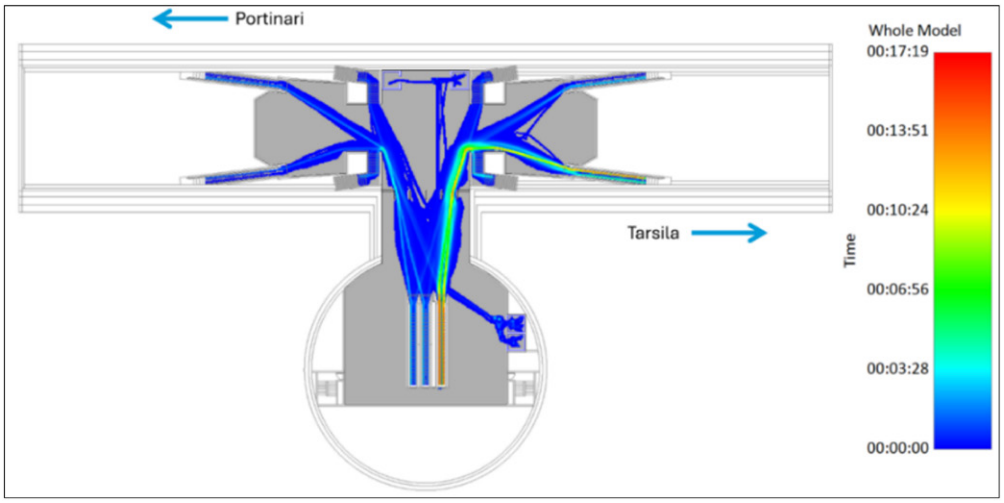
Fonte: elaboração própria, 2025.

4.1.2 Mezanino de distribuição

4.1.2.1 Uso do Espaço

Na Figura 7 estão representadas as áreas de maior utilização do espaço, a partir do comportamento de fluxos definidos anteriormente. O resultado está congruente com os fluxos apresentados, de forma que, o percurso entre as escadas rolantes da circulação vertical e dos elementos de circulação vertical que conectam a plataforma são os mais solicitados.

Figura 7: Mapa de uso do espaço do mezanino de distribuição – HPM

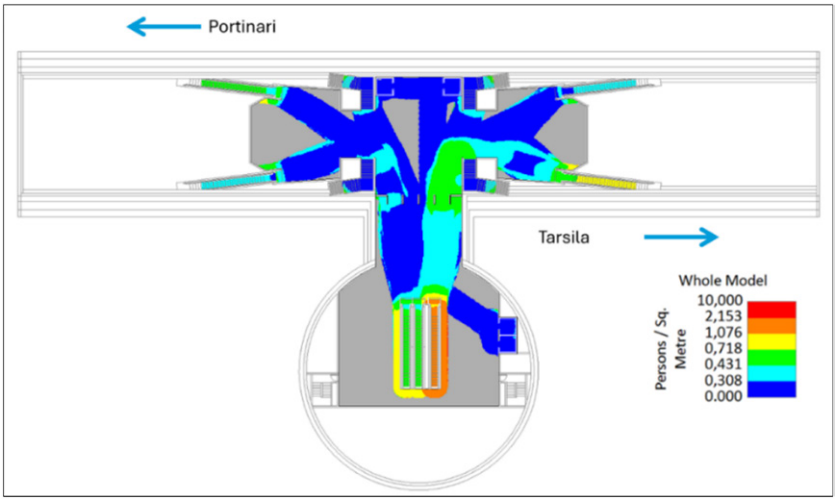


Fonte: elaboração própria, 2025.

4.1.2.2 Densidade Média Acumulada

A densidade média acumulada acompanha o comportamento observado no uso do espaço. Como observado na Figura 8, os níveis de serviço nas áreas de circulação geral predominantes variam de A até C. Os níveis de serviço mais baixos, por sua vez, são encontrados nas áreas onde a velocidade do usuário é naturalmente reduzida ou influenciada pela área de espera dos elevadores e escadas.

Figura 8: Mapa de densidade média acumulada do mezanino de distribuição – HPM

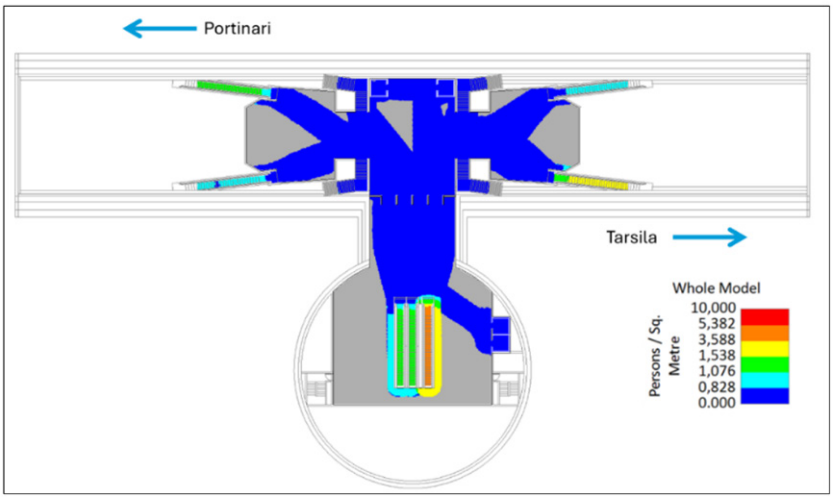


Fonte: elaboração própria, 2025.

4.1.2.3 Densidade Média Acumulada – FILAS

Pela Figura 9, observa-se que o nível de serviço predominante é o A. Além disso, os tempos de espera para acesso aos dispositivos é baixo e não representa uma situação de desconforto para os usuários do serviço.

Figura 9: Mapa de densidade média (filas) acumulada do mezanino de distribuição – HPM



Fonte: elaboração própria, 2025.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando os mapas de densidade média, uso do espaço e formação de filas, foi possível quantificar e espacializar os pontos de maior concentração de passageiros, assim como avaliar o nível de serviço (LOS) atribuído a cada interface da estação. A Tabela 2 sintetiza os resultados.

Tabela 2 – Análise comparativa de LOS – Estação em poço + NATM por pico

Nível/interface da estação	LOS por pico	
	HPM	HPT
Mezanino de distribuição	C	C
Corredor de ligação	B	B
Plataforma Portinari	B	E
Plataforma Tarsila	C	B

Fonte: elaboração própria, 2025.

Constata-se que, devido à variação dos níveis de serviço dos fluxos de passageiros nos diferentes períodos de pico (HPM e HPT), a aplicação da ferramenta de simulação dinâmica permite modelar o comportamento coletivo dos usuários, proporcionando uma leitura mais precisa do desempenho funcional das estações. Essa abordagem possibilita identificar gargalos operacionais e padrões de circulação que não seriam antecipados pelos métodos convencionais de dimensionamento.

Observa-se, ainda, que mesmo ambientes projetados para atender a um nível de serviço máximo podem apresentar desempenho inferior em determinadas condições. Um exemplo é a plataforma Portinari, que, embora tenha mantido o nível de serviço B durante o HPM, apresentou deterioração para o nível E no HPT. Esse comportamento evidencia a influência de múltiplos condicionantes sobre o desempenho operacional, como a presença de elementos de circulação vertical que podem gerar lentidão ou obstruções no fluxo em função do volume de passageiros.

6. CONCLUSÕES

O presente trabalho demonstrou que a integração entre o dimensionamento estático tradicional e a simulação dinâmica de fluxos de passageiros constitui uma abordagem eficaz para aprimorar o processo de concepção e validação de estações de metrô. A aplicação da simulação dinâmica mostrou-se fundamental para compreender o comportamento coletivo dos usuários em diferentes condições operacionais, permitindo identificar gargalos de circulação, variações espaciais de densidade e padrões de uso do espaço não evidenciados pelos métodos convencionais.

Verificou-se que a modelagem dinâmica proporciona uma visão mais realista e preditiva do desempenho funcional das estações, destacando a influência de condicionantes operacionais — como dispositivos de circulação vertical e distribuição heterogênea de fluxos — sobre os níveis de serviço. Essa capacidade analítica amplia a assertividade das decisões de projeto, favorecendo a concepção de soluções mais seguras, confortáveis e resilientes frente a cenários de saturação.

Conclui-se, portanto, que a adoção sistemática da simulação dinâmica em empreendimentos metroviários urbanos representa um avanço metodológico relevante, capaz de complementar os métodos determinísticos tradicionais de dimensionamento, resultando em estações mais adequadas seguras, robustas e de contribuir para a eficiência operacional e a sustentabilidade dos sistemas de transporte.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENTLEY SYSTEMS. LEGION Simulator – (2025), User Manual. Bentley Systems, Disponível em: https://www.bentley.com/software/legion/. Acesso em: 29 ago. 2025.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO – (2011), Normas e Manuais de Projeto – Dimensionamento de Estações. São Paulo - CMSP.

MATTOS, J. R. - (2015), Transporte urbano e desenvolvimento sustentável. São Paulo: Ed. Transporte e Mobilidade.

HUANG, D. et al. - (2025), Simulation-based adaptive optimization for passenger flow. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, DOI: 10.1016/j.trc.2024.104652.

MAKINOSHIMA, F. et al. - (2022), Crowd flow forecasting via agent-based simulations with particle filter. Scientific Reports, v. 12, n. 11025, DOI: 10.1038/s41598-022-14646-4.

TEIXEIRA, Tiago Filipe Alves. - (2022), Dimensionamento arquitetônico de estações de metrô. Dissertação (Mestrado Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura, Universidade do Porto, Porto, 2022. Disponível em: https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/144972/2/589646.1.pdf. Acesso em: 20 set. 2025.

SERIANI, S.; APRIGLIANO, V.; PEÑA, A.; et al. – (2025), Crowd Management at Turnstiles in Metro Stations: A Pilot Study Based on Observation and Microsimulation. Systems, v. 13, n. 2, p. 95, DOI: https://doi.org/10.3390/systems13020095.

ALATPU

Tecnológico de Monterrey

Ponencias

Movilidad, equidad e inclusión

¿EL SERVICIO DE TRANSPORTE PÚBLICO MASIVO Y EL CAPITAL SOCIAL ESTÁN VINCULADOS?, UN CASO DE ESTUDIO

Oscar Sánchez-Flores
Departamento de Posgrado.
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
oscar.sanchezflores@correo.buap.mx

María Isabel Montero Vela
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
mv224470069@alm.buap.mx

RESUMEN

Este artículo tiene como finalidad realizar un análisis exploratorio de la presencia del capital social a lo largo de corredor de la Línea 1 de transporte masivo de la Ciudad de Puebla con el fin de contrastar los niveles de esta variable en los distintos sectores del trazo. Los sectores se delimitaron con la técnica de observación a partir de la identificación de las características de desarrollo del entorno cercano al corredor. El análisis de las variables latentes se realizó con el modelo de Rasch, el cual es un modelo psicométrico que permitió identificar que el sector 1 y 3 tienen mayor nivel de capital social en comparación del sector 2. Este análisis también permite realizar una comparación entre los resultados preliminares de la escala de Likert y los resultados el modelo de Rasch, mostrando que la escala de Likert puede tener sesgos al no validar la confiabilidad de las respuestas y los reactivos.

1. INRODUCCIÓN

La movilidad, entendida como el desplazamiento de personas, bienes y servicios dentro de entornos urbanos, se ha visto afectada por el acelerado crecimiento poblacional de las zonas metropolitanas. En consecuencia, la movilidad enfrenta graves problemas por la saturación de las vialidades, los largos tiempos de viaje, los altos niveles de inseguridad, y un desequilibrio entre la oferta y la demanda del transporte público.

Ante estas problemáticas, los habitantes optan por desplazarse en sus vehículos particulares, lo que genera congestión vial y agrava aún más el problema de movilidad.

Ante esta problemática en México se han implementado sistemas de transporte masivo como una solución para mejorar la movilidad, y ofrecer servicios más rápidos, seguros y confiables. En la Zona Metropolitana de Puebla-Tlaxcala (ZMPT) este tipo de sistema se implementó en 2013 con la puesta en marcha de la Línea 1 Chachapa Tlaxcalancingo de la Red Urbana de Transporte Articulado (RUTA). Sin embargo, tras 12 años de operación, la implementación de esta línea de transporte no ha reflejado los beneficios esperados como lo señalan Cocoletzi, 2021 y Sánchez y Sánchez, 2024.

Ambos análisis coinciden en la necesidad de profundizar en los métodos de diseño y evaluación de los proyectos de transporte masivo, incorporando dimensiones sociales que permitan potencializar sus beneficios. De lo contrario, estos proyectos pueden tener efectos negativos tanto en la economía como en los sectores socialmente desfavorecidos.

Bajo esta perspectiva, en este artículo se explora la potencial relación entre el capital social, el transporte público y la movilidad. El capital social ha cobrado fuerza como un elemento intangible que fortalece los vínculos sociales debido al fortalecimiento de la confianza, la participación y el cumplimiento de normas cívicas. Desde un enfoque estructuralista, se define como el conjunto de recursos que surgen de las redes o estructuras sociales que permite obtener beneficios públicos o satisfacer intereses comunes (Sánchez et al., 2024). De acuerdo con Currie y Stanley (2008) el capital social representa una medida emergente para evaluar la eficiencia de las sociedades, dado a su impacto positivo en los procesos de desarrollo.

En este artículo se busca poner en evidencia la presencia de atributos del capital social a través de un estudio empírico realizado en el entorno del trazo de la Línea 1 de la Red Urbana de Transporte Articulado (RUTA) de la ciudad de Puebla. El documento se estructura de la siguiente manera: en la sección dos se describe el estudio de caso incluyendo las características del corredor y el diseño del instrumento de estudio y el proceso de recolección de datos. Posteriormente se analizan los resultados de la estadística descriptiva y las variables latentes mediante una escala de Likert. Finalmente se aplica un modelo psicométrico denominado modelo de Rasch para medir las variables del capital social en distintos sectores del corredor.

2. ESTUDIO DE CASO

2.1 Descripción del corredor de estudio

La Línea 1 de la Red Urbana de Transporte Articulado (RUTA) es un corredor troncal del sistema BRT (Bus Rapid Transit) de la ciudad de Puebla, de 18.5 km, conectando a los municipios de Amozoc, Puebla y Tlaxcalancingo a través de las vialidades la Diagonal Defensores de la República y Boulevard Atlixco. Cuenta con 36 estaciones y 2 terminales (terminal Chachapa y Terminal Tlaxcalancingo), además de 10 rutas alimentadoras que conectan a los usuarios de la periferia al corredor troncal. El servicio troncal se prestas con 26 unidades, operando de 5:00 a 23:00 diariamente. Todas las estaciones cuentan con rampas de acceso para la accesibilidad de personas vulnerables y guías podo táctiles. El corredor opera con sistema de prepago mediante el uso de tarjetas electrónicas, ofreciendo tarifas preferenciales a personas con discapacidad y adultos mayores (Ruta Puebla, Gobierno del Estado de Puebla).

2.2 Diseño de herramientas de recolección de datos

Para este análisis, se llevó a cabo un análisis exploratorio de tipo cualitativo-cuantitativo, mediante la aplicación de una encuesta dirigida a personas que habitan en las cercanías del corredor de esta Línea de transporte, estructurada en dos secciones para recopilar información socioeconómica y la segunda sección se estructuró con atributos del capital social. La aplicación de la encuesta fue de tipo domiciliaria, cubriendo distintos sectores del entorno de la línea 1. La sectorización se realizó con el fin de identificar las causas del desequilibrio en la distribución de los beneficios observados por la implementación de la línea de transporte masivo, dividiendo el corredor en tres sectores, considerando el uso de suelo, características constructivas y presencia de unidades económicas.

Figura 1. Sectores de estudio del corredor

2.2.1 Resultados de la encuesta

La muestra está conformada por 189 habitantes del entorno del corredor. El 41.3% de las encuestas se aplicaron en el sector uno, el 28.0% en el sector 2 y el 30.7% en el sector 3. En cuanto al perfil sociodemográfico se observó una mayor participación de mujeres quienes representaron el 57.7 % de la muestra encuestada frente al 42.3%

de los hombres. En cuanto a la distribución etaria, la mayor proporción de respuestas corresponde a personas de entre 46 y 60 años correspondiente al 37.0% de la población encuestada. Para identificar el tiempo de residencia de los habitantes en el entorno de este corredor se les preguntó cuánto tiempo llevan habitando en su domicilio, se identificó que el 35.4% de los encuestados lleva residiendo entre 1 a 15 años de los cuales el 13.8%. El 24.9 % tiene un tiempo de residencia de 16 a 30 años con mayor concentración en el sector 3. El 18.0% reportó un tiempo de 31 a 45 años, el 16.4% un tiempo de 46 a 60 años, el 4.8% lleva de 61 a 75 años, y se registró que el 0.5% de la muestra lleva de 76 a 90 años habitando en su residencia actual.

Para la sección de variables latentes del estudio, las preguntas fueron clasificadas según la categoría de capital social analizada. En la tabla inferior se presentan los resultados obtenidos para cada variable, evaluadas mediante una escala de Likert de 5 puntos, donde 1 indica una respuesta negativa a las variables sociales y 5 una respuesta positiva.

Tabla 1. Porcentajes de respuestas de las categorías del capital social

ID	Categoría	Escala de medición				
		1	2	3	4	5
CON1	Confianza	36.5%	30.2%	14.3%	11.1%	7.9%
CON2	Confianza	12.7%	16.4%	10.1%	39.2%	21.7%
REA1	Redes de apoyo	26.5%	56.1%	14.3%	1.1%	2.1%
REA2	Redes de apoyo	6.3%	16.9%	12.7%	48.7%	15.3%
REC1	Reciprocidad	12.7%	18.5%	11.6%	38.1%	19.0%
REC2	Reciprocidad	9.5%	3.2%	3.7%	61.4%	22.2%
SEP1	Sentido de pertenencia	2.1%	10.6%	9.5%	50.3%	27.5%
SEP2	Sentido de pertenencia	2.6%	5.3%	8.5%	45.5%	38.1%
PAC1	Participación comunitaria	17.5%	13.8%	12.2%	9.0%	47.6%
PAC2	Participación comunitaria	28.0%	24.9%	25.4%	10.1%	11.6%

En la dimensión de confianza entre vecinos, el 36.5% de los encuestados indicó que nunca se reúne con sus vecinos para conversar o convivir mientras que un 30.2% lo hace ocasionalmente. Sin embargo, un 39.2% manifestó estar de acuerdo con la afirmación de que confiaría en sus vecinos para recibir un paquete en su ausencia. En cuanto a las redes de apoyo el 56.1% de los encuestados considera qué cuenta con el apoyo de 1 a 5 personas ajenas a su familia, por otro lado, el 26.5% indicó no contar con ninguna persona para enfrentar una emergencia personal.

Se identificó que los encuestados tienen mayor sentido de pertenencia ya que el 77.8% está de acuerdo o totalmente de acuerdo en que su colonia es un buen lugar para vivir y lo recomendarían a otras personas. Asimismo, el 83.6% se siente orgulloso de vivir en su colonia. En cuanto a la participación comunitaria el 47.6% de los encuestados afirmó haber participado en las 3 últimas elecciones.

Si bien la evaluación de las variables en una escala de Likert permite identificar un panorama general de las percepciones de las personas, no es posible determinar con precisión cuál de las dimensiones del capital social está más reforzado. Esto limita

la capacidad de establecer una variable cuantitativa que explique de forma integral estas dimensiones. Por lo tanto, se propone explorar el modelo de Rasch, que es una herramienta probabilista que permite transformar respuestas categóricas en medidas líneas y comparables en una sola escala.

2.3 Aplicación del modelo de Rasch

El modelo de Rasch es una herramienta psicométrica que permite medir variables latentes como habilidades, actitudes o dimisiones sociales. Ha sido altamente empleado en las ciencias sociales, así como en los campos de la educación y medicina.

Antes de comenzar con el análisis de Rasch se procedió a realizar una matriz de correlación para determinar la relación entre las diferentes variables del conjunto de los datos, a partir de ello se identificó que los ítems PAC1, PAC2 y REC1 no correlacionan con los ítems restantes por lo que para este análisis se decidió despreciarlos. Posteriormente se aplicó un análisis factorial exploratorio para identificar la unidimensional del capital social. Aunque Eright y Linacre (1989) citado en León, A. B. (2006) mencionan que en la práctica ningún instrumento es unidimensional, por lo que es recomendable que el instrumento represente un solo factor dominante para afirmar la tendencia a la unidimensionalidad, obteniendo un porcentaje de varianza del 31.09% para el primer factor, por lo que se puede determinar que el instrumento cumple con este criterio al superar el 20% de la varianza de acuerdo con Reackse (1979).

Dado que el diseño del instrumento se realizó con una escala de Likert de 5 puntos. El análisis con el modelo de Rasch se realizó para variables politómicas mediante el modelo de escala de calificación, obteniendo una confiabilidad del modelo del 0.78 lo cual es aceptable para términos investigativos o exploratorios (Alfaro y Rojas, 2013).

En primera instancia el análisis se realizó para todos los encuestados del corredor obteniendo dificultades con valores de +/-2 en escala de logit, siendo REA1 el item de mayor dificultad con 1.23 logits y SEP2 el de menor dificultad con -1.31 logits. En cuanto al ajuste de la dificultad de los ítems se presentan los estadísticos de ajuste infit y outfit, los cuales se encuentran en el rango de 0.7 al 1.3 que es el rango crítico según Wang et al. (2006).

Tabla 2. Medidas de ítems y estadísticos de ajuste

Items	Dificultad	Error estandar	Infit	Outfit
CON1	0.87	0.08	1.24	1.17
CON2	-0.38	0.08	1.05	1.01
REA1	1.23	0.09	0.76	0.85
REA2	-0.48	0.08	0.78	0.76
REC2	-0.29	0.08	1.14	1.17
SEP1	-1.00	0.09	1.01	1.05
SEP2	-1.31	0.09	0.96	0.95

El mapa ítems-personas que se observa en la **Figura 2** permite visualizar simultáneamente la distribución de la probabilidad de respuesta de los encuestados

(habilidades) y dificultad de los ítems en la misma escala de logit. Los ítems con valores >0 son más difíciles de responder, tal es el caso para los ítems REA1, CON1 y REP2 lo que nos sugiere que estas dimensiones están menos reforzadas al requerir un mayor nivel de habilidad para ser contestadas afirmativamente. En contraste, los ítems < 0 presenta menor dificultad en la escala de logit.

En contraste con los resultados de la escala de Likert, analizada en la sección anterior, se identificó un alto sentido de pertenencia y reciprocidad. Con el modelo de Rachs, se confirma que el sentido de pertenencia es el atributo del capital social más reforzado en el entorno del corredor. Presenta dificultades de -1.00 y -1.31 logits, siendo los más fáciles de responder afirmativamente, aunque los participantes tengan habilidades menores a 0 logits. Además, con los estadísticos infit y outfit de los participantes se puede realizar una depuración de datos para tener un mejor ajuste del modelo, ya que se puede observar en la Figura 3 que existen respuestas con mucha aleatoriedad y una alta similitud al tener valores de infit y outfits mayores a 1.5 y menores a 0.5 respectivamente.

Figura 2. Mapa ítems-personas

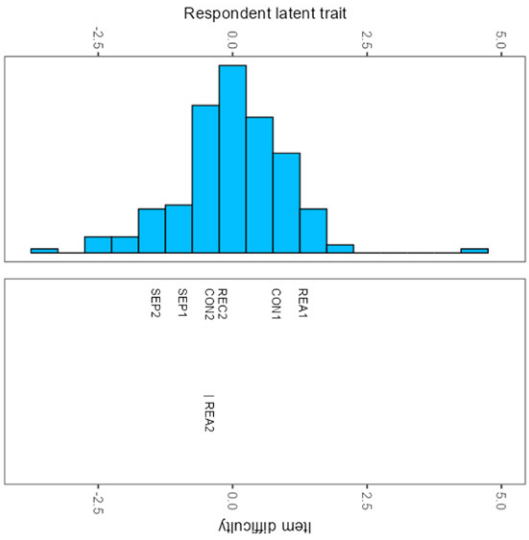
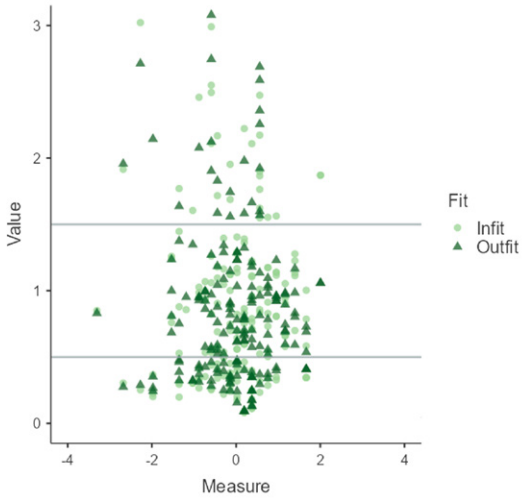


Figura 3. Estadísticos de ajuste de personas



2.4 Analisis sectorial

La medida de dificultad de los ítems es distinta en los tres sectores, sin embargo, las variables de sentido de pertenencia son las más fáciles de responder con medidas menores a -1.0 logit en las tres zonas de estudio.

En la **Figura 4** se muestra la variabilidad en las habilidades de las personas, lo que indica que el capital social no se distribuye de manera homogénea. En el sector 1 y 2, se observa que las variables de reciprocidad son las de mayor dificultad, sin embargo, la presencia de capital social facilitó que los participantes contestaran afirmativamente al tener mayor proporción de encuestados con habilidades superiores a 0 logits En el sector 3 se aprecia una variación de habilidades de -2.5 a 5 logits lo que ocasiona mayor dispersión, sin embargo, hay mayor probabilidad de que los encuestados respondan negativamente.

Las capacidades promedio de los encuestados nos indican que los sectores 1 y 3 presentan mayor presencia de capital social, con valores de 0.19 logits, lo que sugiere que los participantes de estas zonas tienen una probabilidad superior al 50% de responder afirmativamente a los items más exigentes del instrumento de medición. En contraste, el sector 2 muestra un nivel promedio de -0.17 logits, lo que indica una menor expresión del capital social. Este resultado sugiere la necesidad de fortalecer estas dimensiones en el sector 2 para mejorar las condiciones sociales y del entorno donde habitan.

Tabla 3. Medidas de ítems y estadísticos de ajuste por sector

Sector	Items	Dificultad	Error estandar	Infit	Outfit
1	REA1	1.00	0.12	0.88	0.97
1	CON1	0.63	0.11	1.14	1.08
1	REC2	-0.37	0.12	1.14	1.19
1	CON2	-0.47	0.12	1.03	1.00
1	REA2	-0.59	0.12	0.60	0.62
1	SEP1	-1.14	0.14	1.23	1.30
1	SEP2	-1.18	0.15	0.97	0.88
2	CON1	1.06	0.17	1.35	1.30
2	REA1	0.89	0.19	0.64	0.68
2	REC2	-0.24	0.15	1.22	1.23
2	REA2	-0.67	0.16	0.84	0.77
2	CON2	-0.88	0.16	0.97	0.89
2	SEP1	-1.22	0.17	1.01	0.93
2	SEP2	-1.72	0.19	1.11	0.99
3	REA1	1.38	0.16	0.64	0.69
3	CON1	1.13	0.15	1.34	1.20
3	CON2	0.09	0.13	1.09	1.06
3	REC2	-0.21	0.13	1.09	1.05
3	REA2	-0.21	0.13	0.97	0.95
3	SEP1	-0.69	0.14	0.80	0.81
3	SEP2	-1.19	0.16	0.82	0.95

Figura 4. Mapa ítems-personas por sector

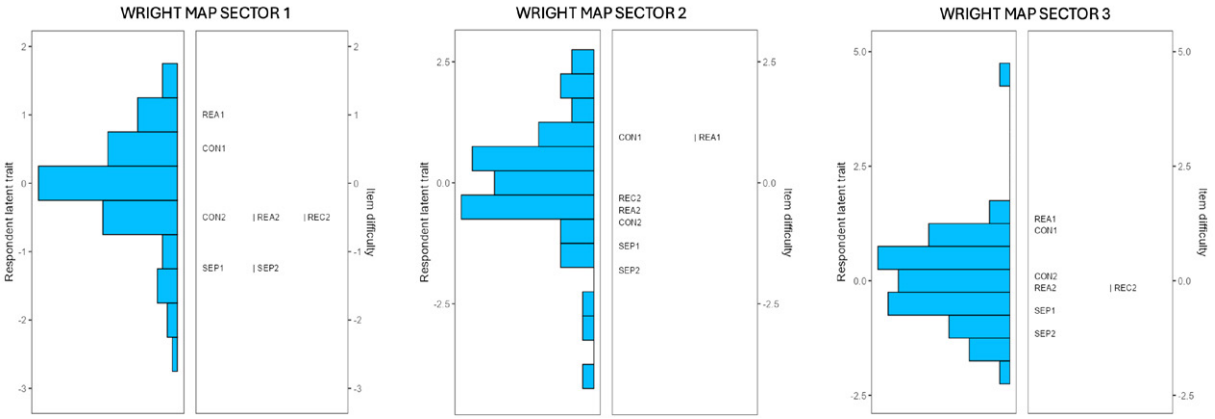
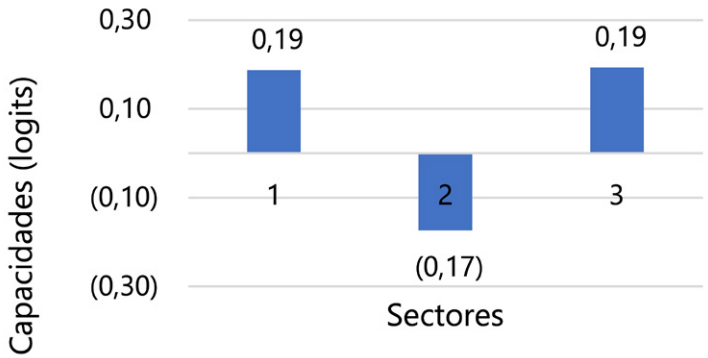


Figura 5. Nivel de capital social a partir de las capacidades de las personas



3. CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos del capital social por sector sugieren que no existe una relación directa entre el capital social y la percepción de los beneficios obtenidos en cada sector por la línea de transporte. Inicialmente, la percepción de beneficios se estimó a partir de la sectorización del corredor, observando mayores beneficios en el sector 1, en el sector 2 se observan pequeños desarrollos y negocios. En contraste, sector 3 presenta carencias significativas en la infraestructura vial, equipamiento urbano.

Sin embargo, los hallazgos del capital social revelan una disparidad significativa, ya que el sector 2 pese a su percepción de desarrollo, presenta niveles bajos de capital social, indicativo de que las mejoras materiales, no necesariamente se traducen en cohesión social o participación ciudadana. Este hallazgo resulta relevante, ya que el fortalecimiento del capital social podría generar la apropiación de los espacios públicos, contribuir a su preservación y mejorar la imagen urbana. Además, podría incentivar el surgimiento de nuevos puntos atractores que incremente la demanda de pasajeros en la línea de transporte.

Por otro lado, la implementación del modelo de Rasch para la validación del instrumento de estudio, así como una herramienta para cuantificar variables cualitativas, ha sido

de gran relevancia para reducir sesgos en los resultados. No obstante, es necesario continuar con exploraciones que incluyan la revisión y reestructuración de los ítems que presentaron índices de ajuste fuera del rango aceptable del modelo de Rasch, para evaluar la consistencia de las respuestas y la calidad de los ítems. Esto permitirá mejorar la estimación y evaluación de variables latentes, elevar la confiabilidad del instrumento y aumentar la probabilidad de obtener respuestas afirmativas que contribuyan a una medición más precisa del capital social.

4. REFERENCIAS

Alfaro, K. J., & Rojas, E. M. (2013). Aplicación del modelo de Rasch, en el análisis psicométrico de una prueba de diagnóstico en matemática. Revista Digital: Matemática, Educación e Internet, 13(1).

Boone, WJ (2016). Análisis de Rasch para el desarrollo de instrumentos: ¿por qué, cuándo y cómo?. CBE—Educación en Ciencias de la Vida , 15 (4), rm4.

Bourdieu, P. (1986). The forms of Capital. En Handbook of theory and research for the sociology of education, pp. 240-268. Editado J. G. Richardson. New York: Greenwood.

Carrasco, J. A., & Cid-Aguayo, B. (2012). Network capital, social networks, and travel: an empirical illustration from Concepción, Chile. Environment and Planning A, 44(5), 1066-1084.

Cheng, Y. H., & Chen, S. Y. (2015). Perceived accessibility, mobility, and connectivity of public transportation systems. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 77, 386-403.

Cocoletzi, E. (2021). Evaluación ex post del sistema RUTA: línea Chachapa–Tlaxcalancingo (Tesis de maestría). Facultad de Economía, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Repositorio Institucional BUAP. https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/58de1382-9c58-4880-92cf-f97511a5e838/content

Coleman, J. S. (1988). Social Capital in the Create of Human Capital, American Journal of Sociology (94), 95-120.

Coleman, J. S. (1990). Foundations of Social Theory. Cambridge: Harvard University Press.

Currie, G., & Stanley, J. (2008). Investigating links between social capital and public transport. Transport Reviews, 28(4), 529-547.

Di Ciommo, F., Comendador, J., López-Lambas, ME, Cherchi, E. y de Dios Ortúzar, J. (2014). Explorando el papel de las variables de influencia del capital social en el comportamiento de viaje. Transportation Research Part A: Policy and Practice , 68 , 46-55.

Gobierno del Estado de Puebla. (s.f.). Línea 1. Red Urbana de Transporte Articulado (RUTA). https://ruta.puebla.gob.mx/linea-1

Hanifan, L. J. (1916). "The Rural School Community Center". Annals of the American Academy of Political and Social Science. 67: 130 - 138. doi:10.1177/000271621606700118. hdl:2027/uiug.30112072163055. S2CID 144587967

León, A. B. (2006). La unidimensionalidad de un instrumento de medición: perspectiva factorial. Revista de psicología, 24(1), 53-80.

Prieto, G. (2003). Análisis de un test mediante el modelo de Rasch. Psicothema.

Putnam, R. D. (1993). The Prosperous Community: Social Capital and Public Life, The America Prospect (13), 35-42.

Putnam, R. D. (1995). Bowling Alone: America's Declining Social Capital, Journal of Democracy (6), 65-78.

Putnam, R. D. (2000). Bowling Alone. The collapse and revival of American community. New York: Simon and Schuster.

Putnam, R. D. y K. A. Goss. (2003). Introducción, en El declive del capital social compilado por R. D. Putnam. Barcelona, Círculo de lectores.

Sánchez Flores, L., Sánchez Flores, O., Gutiérrez Cuba, M., & Salas Mendoza, E. (2024). Enfoques disciplinarios y estudios de caso sobre movilidad, turismo, capital social y desarrollo. Editorial Incunabula.

Sánchez Ruiz, L., & Blanco Rojo, B. (2012). El modelo de Rasch en Dirección de Operaciones.

Sánchez, O &. Sánchez, L. (2024). Efectos sobre el empleo de un sistema de transporte masivo: un análisis ex post de la Ruta 1 de Puebla, México. Memorias del Congreso Latinoamericano de Transporte Público Urbano. Santo Domingo, República Dominicana.

Tristán, A. (1998). Análisis de rasch para todos: Una guía simplificada para evaluadores educativos. México: Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior.

ANÁLISIS DE ACCESIBILIDAD GEOGRÁFICA Y EQUIDAD ESPACIAL A LAS CICLOVÍAS Y RECREVÍAS DE MANIZALES-VILLAMARÍA, CALI Y BOGOTÁ

Santiago Díaz-Ruiz
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Caldas, Colombia. sdiazru@unal.edu.co

Juan Esteban Aristizábal Salazar
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Caldas, Colombia. jaristizabals@unal.edu.co

Diego Alexánder Escobar García
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Caldas, Colombia. daescobarga@unal.edu.co

RESUMEN

Las ciclovías recreativas (o recrevías) consisten en espacios de recreación definidos por las administraciones municipales en las cuales se redistribuye el perfil vial de ciertos corredores viales y se vuelca todo hacia el modo peatonal y ciclista, restringiendo así por unas horas (y generalmente los días no laborales, como el domingo) el uso de vehículos automotores por dichos tramos de vía. Estas iniciativas, conocidas mundialmente como *Open Street Iniciative (Iniciativas de Calles Abiertas)* son realizadas en busca de dar espacios de bienestar y deporte a los residentes, especialmente quienes tienen mayor acceso a las mismas por la cercanía de sus hogares.

En esta investigación se plantea: (1) el estudio de la ubicación geográfica de las ciclovías recreativas de tres (3) ciudades colombianas (Manizales, Cali y Bogotá) a través de análisis de accesibilidad; (2) el análisis la cobertura poblacional de los habitantes por totales y por niveles de ingreso (estratos socioeconómicos); (3) la propuesta de la ampliación de la cobertura de las ciclovías buscando una cobertura proporcional en los distintos niveles de ingresos de la población y (4) el estudio, mediante un análisis espacial simple a través del Índice de Morán Bivariado, si el acceso a la ciclovía incide en el uso de modos no motorizados (caminata y bicicleta) como medio principal de transporte.

1. INTRODUCCIÓN

El sedentarismo, definido como la falta de actividad física y sus efectos negativos para la salud, es un estilo de vida que afecta al 39% de la población en Latinoamérica, convirtiéndola en la región con la prevalencia de sedentarismo más alta a nivel mundial (Instituto de Salud Global de Barcelona (ISGlobl) y Universidad Estatal de Colorado, 2023). Lo anterior, sumado a tener el 81% de la población viviendo en las ciudades y urbes, genera conflictos de salud (Uribe Sarmiento, 2020) y movilidad de las personas. Estos han sido atendidos con la implementación de políticas públicas enfocadas en el ámbito del transporte y la movilidad urbana sostenible (Montero, 2017).

En el presente trabajo se emplea el estudio de la accesibilidad geográfica para evaluar las condiciones actuales de cobertura y equidad espacial de las ciclovías recreativas para el uso y disfrute de los habitantes de Manizales, Cali y Bogotá; como resultado, se presenta: (1) la propuesta de ampliación y distribución de estos espacios con el fin de mejorar la cobertura, reducir la inequidad espacial, promover estilos de vida saludables y velar por la proximidad de acceso a los servicios bajo el concepto de la ciudad de los 15 minutos (Aristizábal, et al., 2023) y se propone estudiar si existe una correlación entre el uso de modos sostenibles no motorizados como medio de transporte principal con el acceso a estas iniciativas de calles abiertas para evaluar su posible implementación masiva como un mecanismo modificador de la partición modal de las poblaciones.

2. MARCO TEÓRICO

El estudio de las ciclovías recreativas se enmarca dentro de la literatura sobre movilidad urbana sostenible, actividad física en el espacio público y accesibilidad geográfica. Estas (también conocidas como recrevías o programas de calles abiertas) han sido implementadas en distintas ciudades latinoamericanas como mecanismos de promoción del bienestar, la salud pública, la convivencia y la movilidad activa (Instituto de Salud Global de Barcelona y Universidad Estatal de Colorado, 2023). Estos programas, cuyo referente más reconocido es la Ciclovía de Bogotá, se consolidan como estrategias urbanas que redistribuyen temporalmente el espacio vial hacia peatones y ciclistas, permitiendo su apropiación recreativa y deportiva (Uribe Sarmiento, 2020).

Desde el campo de la planificación urbana, las ciclovías recreativas también son analizadas como políticas públicas de movilidad activa que, además de generar beneficios en salud, aportan a la transformación cultural de las ciudades e incentivan la adopción de modos de transporte más sostenibles (Montero, 2017). No obstante, estudios como los realizados por Parra et al. (2021) en Bogotá destacan la presencia de grandes desigualdades en el acceso geográfico a las ciclovías, generando inequidades al presentar mayores coberturas en niveles socioeconómicos medio-altos de la sociedad y, por ende, generando mayor segregación e inequidad social y poniendo en duda la implementación de dichas políticas públicas para todos los sectores poblacionales.

Para evaluar estas inequidades, los modelos de accesibilidad geográfica logran ser herramientas efectivas de evaluación al permitir medir parámetros como tiempos, distancias y esfuerzos necesarios para acceder a distintos servicios y equipamientos

desde cualquier parte del territorio de estudio. El modelo de accesibilidad integral (Shen, 2002) ha sido ampliamente utilizado por su capacidad para integrar oferta, demanda y costos de desplazamiento. Por otra parte, la literatura reciente sobre movilidad activa incorpora enfoques como la ciudad de 15 minutos, donde la proximidad a equipamientos y servicios básicos es un factor clave en la calidad de vida urbana (Aristizábal et al., 2023).

Asimismo, la utilización de análisis espacial con herramientas como el Índice de Morán y sus variantes facilita el estudio de la distribución espacial de variables urbanas y la presencia de patrones de autocorrelación que revelan dependencias geográficas significativas (Bivand et al., 2009; Chen, 2013). Aplicado al estudio de ciclovías, este enfoque contribuye a examinar si la accesibilidad a estas iniciativas tiene relación con la elección modal de los habitantes, principalmente en modos activos como la caminata y la bicicleta.

En conjunto (accesibilidad, coberturas y análisis espacial), se logra estudiar las ciclovías recreativas más allá de su función recreativa y de ocio, resaltando su potencial como infraestructura social, de salud pública y de movilidad sostenible, así como la necesidad de evaluar su distribución territorial para garantizar un acceso equitativo por parte de todos los habitantes.

3. METODOLOGÍA

Estudio de ciclovías a través de accesibilidad media integral

Para analizar la localización geográfica de las ciclovías recreativas de Manizales, Cali y Bogotá, se utiliza un enfoque de accesibilidad geográfica sustentado en el modelo de accesibilidad integral propuesto por Shen (2002). En primera instancia, se actualiza y construye la red peatonal de cada ciudad a partir de sus redes viales oficiales y la información de las ciclovías recreativas vigentes; en el caso de Manizales, la red peatonal se basa en los insumos generados por Escobar et al. (2022), mientras que para Cali y Bogotá se utiliza el trazado de red obtenido mediante herramientas libres colaborativas como los Contribuyentes de OpenStreetMap (2024). A la red se le asignan las longitudes de los arcos y una velocidad peatonal de 4.32 km/h, permitiendo modelar la movilidad activa de forma realista.

A continuación, se aplica el algoritmo de caminos mínimos de Dijkstra (1959), incorporado mediante la herramienta Multiple Paths del software TransCAD, con el fin de obtener el vector de tiempos mínimos de viaje entre todos los nodos de la red peatonal y los nodos de las ciclovías recreativas de cada ciudad (Xu et al., 2007).

Una vez obtenidos los tiempos mínimos de viaje, se recurre al software ArcGIS para generar análisis geoestadístico mediante interpolación Kriging ordinario con semivariograma lineal, obteniendo mapas de isócronas que representan los tiempos de viaje hacia la ciclovía más cercana. Se adopta un tope de 15 minutos para definir accesibilidad adecuada, siguiendo la aproximación de ciudad de 15 minutos (Aristizábal et al., 2023). Con esta información, se realiza una comparación entre ciudades para

identificar patrones de distribución espacial, accesibilidad y presencia en sectores con distintos niveles de ingreso.

Análisis de cobertura poblacional por totales y niveles de ingreso

Con los tiempos mínimos de viaje estimados para cada nodo de la red, se procede a evaluar la cobertura poblacional para cada ciudad. Para ello, se integra la información demográfica del Marco Geoestadístico Nacional del DANE (2018; 2023), que provee datos de población y estrato socioeconómico por unidad territorial. A cada manzana censal le es asignada la población y el estrato socioeconómico (siendo 1 el más bajo y 6 el más alto) correspondientes, lo cual permite analizar la cobertura tanto en términos totales como diferenciados por niveles de ingreso.

Posteriormente, se construyen curvas de cobertura poblacional acumulada en función del tiempo de viaje, donde el eje horizontal representa el tiempo mínimo hacia la ciclovía más cercana los ejes verticales el total de población y su proporción con respecto a los niveles de ingresos, evaluando así las posibles inequidades en el acceso a estas recrevías (Parra et al., 2021) por niveles de ingreso, evaluando también las diferencias estructurales entre las ciudades analizadas.

Propuesta de ampliación de cobertura a través de criterios de equidad social

Tras identificar las zonas con mayor inequidad y tiempos de viaje superiores a 15 minutos, se elabora una propuesta de ampliación de la red de ciclovías recreativas orientada a mejorar la cobertura total y reducir estas brechas entre estratos socioeconómicos. Estas propuestas se formula en armonía con la cicloinfraestructura contemplada en los Plan de Ordenamiento Territorial (Alcaldía de Manizales, 2017b; Alcaldía Mayor de Bogotá, 2021; Concejo de Santiago de Cali, 2014) los Planes Maestros de Movilidad (Alcaldía de Manizales, 2017a; Alcaldía de Santiago de Cali, 2018; Alcaldía Mayor de Bogotá, 2023), los cuales proyectan ampliaciones de infraestructura vial para modos sostenibles y trazados y/o consideraciones de las mismos.

Para evaluar el impacto de la propuesta, se diseña una nueva red de equipamiento de ciclovía ampliada y se recalculan los tiempos mínimos de viaje hacia los nuevos tramos, generando nuevamente las superficies interpoladas y posteriormente construyendo las curvas de cobertura poblacional, siguiendo el mismo procedimiento empleado para el escenario actual. Este análisis permite medir el aumento de cobertura en cada estrato y determinar si la ampliación propuesta contribuye efectivamente a reducir las inequidades espaciales, en concordancia con las recomendaciones de equidad (Parra et al., 2021).

Análisis de correlación entre el acceso a la ciclovía dominical y el uso de modos no motorizados

Con el objetivo de evaluar si la accesibilidad a las ciclovías recreativas incide en el uso de modos no motorizados (caminata y bicicleta) se emplea un análisis espacial basado en el Índice de Morán Bivariado (Bivand et al., 2009; Chen, 2013). Para ello, se construyen dos variables por unidad espacial: (i) el tiempo mínimo de viaje a la ciclovía recreativa más cercana obtenido en el análisis de accesibilidad y (ii) la proporción de

viajes realizados en modos no motorizados, derivada de las encuestas de movilidad disponibles para cada ciudad.

Ambas variables se integran mediante una matriz de pesos espaciales basada en contigüidad o distancia Euclidiana. El cálculo del Índice de Morán Bivariado permite identificar si existe autocorrelación espacial entre la accesibilidad a ciclovías y el uso de modos activos, siguiendo principios metodológicos utilizados en estudios de movilidad urbana. Un índice positivo indicaría que zonas con mejor accesibilidad presentan mayor uso de caminata o bicicleta, mientras que valores negativos señalarían patrones inversos. La significancia estadística se evalúa mediante pruebas de permutación. Este análisis contribuye a determinar si las ciclovías recreativas pueden actuar como catalizadores para fomentar la movilidad sostenible (ISGlobal y Universidad Estatal de Colorado, 2023).

4. RESULTADOS ESPERADOS

Se espera que el análisis de accesibilidad revele diferencias significativas en la cobertura de ciclovías recreativas entre las tres ciudades estudiadas, poniendo en evidencia patrones espaciales de concentración y exclusión territorial. En particular, es previsible que Bogotá presente mayores niveles de cobertura total debido a la extensión de su red de ciclovía, mientras que Manizales y Cali podrían mostrar accesibilidad más limitada, especialmente en zonas de estratos socioeconómicos bajos.

Asimismo, se anticipa que las curvas de cobertura poblacional evidencien una inequidad marcada entre estratos, donde los hogares de mayores ingresos dispongan de mejores tiempos de acceso a las ciclovías recreativas, tal como ha sido identificado previamente en Bogotá por Parra et al. (2021).

En cuanto a la propuesta de ampliación, se espera una mejora sustancial en la accesibilidad general de las tres (3) ciudades, reduciendo los tiempos de viaje en sectores actualmente desprovistos de cobertura y aumentando la inclusión de los estratos socioeconómicos bajos (1 y 2). El análisis comparativo entre los escenarios actual y propuesto debería mostrar una disminución significativa de las brechas de acceso.

Finalmente, en relación con el análisis espacial mediante el Índice de Morán Bivariado, se espera encontrar autocorrelación espacial positiva entre la accesibilidad a ciclovías y el uso de modos no motorizados, indicando que las zonas mejor conectadas con estas iniciativas tienden a presentar mayores proporciones de caminata y bicicleta como modo principal de transporte, concordando con lo expuesto por el ISGlobal y la Universidad Estatal de Colorado (2023).

5. DISCUSIÓN

Los resultados esperados sugieren que, aunque las ciclovías recreativas constituyen programas inclusivos en su intención, su distribución espacial no siempre garantiza un acceso equitativo para toda la población, demostrando cómo factores socioeconómicos

y espaciales pueden influir en el acceso efectivo a iniciativas de calles abiertas. En este sentido, las ciudades colombianas presentan patrones similares, donde las zonas de estratos altos suelen coincidir con mejores niveles de accesibilidad, mientras que sectores vulnerables afrontan mayores barreras espaciales.

Las ampliaciones propuestas se convierten entonces en una oportunidad estratégica para reequilibrar estas desigualdades, integrando criterios de proximidad, equidad espacial y coherencia con los lineamientos de movilidad de los municipios. La adopción de un enfoque territorial basado en accesibilidad permite sustentar decisiones de diseño urbano que prioricen a las poblaciones con menor acceso.

Por otro lado, la posible asociación espacial entre accesibilidad a ciclovías y uso de modos no motorizados aporta elementos relevantes para la comprensión de los determinantes espaciales de la movilidad sostenible. Un hallazgo de autocorrelación positiva reforzaría la hipótesis de que las ciclovías recreativas no solo son espacios de esparcimiento, sino también infraestructuras que pueden influir en la elección modal cotidiana, favoreciendo la caminata y la bicicleta.

En conjunto, la discusión permitirá evidenciar tanto el potencial como las limitaciones actuales de estas iniciativas, subrayando la importancia de su evaluación continua y su integración con instrumentos de planificación urbana.

6. CONCLUSIONES

El análisis de accesibilidad y cobertura demuestra que las ciclovías recreativas tienen un papel central en la promoción de la movilidad activa y la salud pública, pero también revela que su distribución espacial no es homogénea entre las ciudades ni entre los estratos socioeconómicos. Las inequidades identificadas ponen de manifiesto la necesidad de replantear la ubicación de estos programas para asegurar un acceso más justo para toda la población.

Las propuestas de ampliación presentada para Manizales, Cali y Bogotá evidencia que es posible mejorar de manera significativa la cobertura y reducir brechas territoriales mediante intervenciones de bajo costo y alta eficiencia social, especialmente cuando se integran con los planes oficiales de movilidad y ordenamiento territorial.

Finalmente, el análisis espacial mediante el Índice de Morán Bivariado ofrece un aporte valioso al demostrar si existe correlación entre la accesibilidad a ciclovías y el uso de modos no motorizados, lo cual puede guiar futuras estrategias de movilidad sostenible orientadas a incentivar cambios modales y promover estilos de vida saludables.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía de Manizales, 2017a. Plan Maestro de Movilidad de Manizales. FINDETER, Steer Davies Gleave.

Alcaldía de Manizales, 2017b. Acuerdo 0958 del 2 de agosto de 2017 (Por el cual se adopta la revisión ordinaria de contenidos de largo plazo del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Manizales). Secretaría de Planeación. Available at: https://alcaldiamanizales-my.sharepoint.com/personal/paginaweb_manizales_gov_co/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Fpaginaweb%5Fmanizales%5Fgov%5Fco%2FDocuments%2FDrive%20pagina%20web%2FPublicaciones%20a%C3%B1o%202025%2FSecretaria%5FPlaneacion%2FPlan%20ordenamiento%20territorial&ga=1

Alcaldía de Santiago de Cali, 2018. Plan Integral de Movilidad Urbana de Santiago de Cali – Visión 2030. Departamento Administrativo de Planeación Municipal. Available at: https://idesc.cali.gov.co/download/movilidad/pimu/02_doc_tec_sop/dts_part_2_pimu.pdf

Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., 2021. Decreto 497 de 2023 (Por el cual se adopta la revisión general del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.). Secretaría Distrital de Planeación. Available at: https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=119582

Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., 2023. Decreto 555 de 2021 (Por el cual se adopta el Plan de Movilidad Sostenible y Segura - PMSS - para Bogotá Distrito Capital y se dictan otras disposiciones). Available at: https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=150400

Aristizábal, J. E., Sarache, W. & Escobar, D. A., 2023. Spatial regression model of urban walkability under 15-minute city approach. GeoJournal of Tourism and Geosites, 49(3), pp. 1037-1045.

Bivand, R., Müller, W. G., & Reder, M. (2009). Power calculations for global and local Moran's I. Computational Statistics & Data Analysis, 53(8), 2859–2872

Chen, Y. (2013). New approaches for calculating Moran's index of spatial autocorrelation. PloS One, 8(7), e68336.

Concejo de Santiago de Cali, 2014. Acuerdo 0373 de 2014 (Por el cual se adopta la revisión ordinaria de contenido de largo plazo del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Santiago de Cali). Available at: https://www.cali.gov.co/planeacion/publicaciones/106497/pot-2014-idesc/

Contribuyentes de OpenStreetMap. (2024).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE, 2023. Proyecciones de población. [En línea] Available at: https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/proyecciones-de-poblacion

Departamento Nacional de Estadística - DANE, 2018. Marco Geoestadístico Nacional (MGN). [En línea] Available at: https://geoportal.dane.gov.co/servicios/descarga-y-metadatos/descarga-mgn-marco-geoestadistico-nacional/#gsc.tab=0

Dijkstra, E. W., 1959. A note on two problems in connexion with graphs. Numer. Math, 1(1), pp. 269-271.

Escobar, D. A., Aristizábal, J. E. & Moncada, C. A., 2022. Análisis de la distribución espacial de cruces peatonales aplicando un modelo de accesibilidad geográfica. Caso de estudio: Avenida Santander, Manizales (Colombia). Información tecnológica, 33(2), pp. 157-168.

Instituto de Salud Global de Barcelona (ISGlobl) y Universidad Estatal de Colorado, 2023. Ciclovías y Salud 2023. s.l.:s.n.

Montero, S., 2017. Persuasive practitioners and the art of simplification: Mobilizing the "Bogotá model" through storytelling. Novos Estudos CEBRAP, Volumen 36, pp. 59-75.

Parra, D. C. y otros, 2021. Geographic distribution of the Ciclovia and Recreovia programs by neighborhood SES in Bogotá: how unequal is the geographic access assessed via distance-based measures?. Journal of Urban Health, Volumen 98, pp. 101-110.

Shen, G., 2002. Measuring Accessibility of Housing to Public–community Facilities Using Geographical Information Systems. Review of Urban & Regional Development Studies, 14(3), pp. 235-255.

Uribe Sarmiento, J. J., 2020. Rodríguez Cortés, Astrid Bibiana, Subjetividades en el espacio público: la ciclovía de Bogotá. Territorios, Volumen 42, pp. 1-5.

Xu, M. H. y otros, 2007. An improved Dijkstra's shortest path algorithm for sparse network. Applied Mathematics and Computation, 185(1), pp. 247-254.

ANÁLISIS DE INJUSTICIA ESPACIAL MEDIANTE MODELO BASADO EN ESTADÍSTICA ESPACIAL

Santiago Díaz-Ruiz
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Caldas, Colombia. sdiazru@unal.edu.co

Juan Esteban Aristizábal Salazar
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Caldas, Colombia. jaristizabals@unal.edu.co

Diego Alexánder Escobar García
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales, Caldas, Colombia. daescobarga@unal.edu.co

RESUMEN

La ciudad de 15 minutos, propuesta por Moreno et al. (2021), busca garantizar que servicios esenciales se encuentren a un máximo de quince minutos caminando o en un modo de transporte activo como la bicicleta, promoviendo proximidad, descentralización funcional y movilidad activa. No obstante, en América Latina persisten centralización, desigualdad territorial y dependencia del vehículo privado (Ferrer-Ortiz et al., 2022), desafíos que se intensifican en ciudades andinas como Manizales, donde la topografía restringe la conectividad, concentra servicios y reproduce brechas en el acceso (Aristizábal et al., 2023). Este artículo propone una metodología para analizar la relación entre accesibilidad geográfica y la adopción del estilo de vida de 15 minutos, empleando un modelo de oportunidades acumuladas (COP) aplicado a Manizales y utilizándolo como predictor en modelos lineales y logísticos inspirados en Maciejewska etal. (2025), quienes demostraron que la proximidad no garantiza comportamientos de corta distancia. La metodología integra accesibilidad ajustada, variables sociodemográficas y modelación estadística para evaluar la viabilidad real de la proximidad urbana y ofrecer una ruta replicable para ciudades latinoamericanas que buscan implementar políticas de 15 minutos basadas en evidencia empírica.

1. INTRODUCCIÓN

La propuesta de la ciudad de 15 minutos plantea que las personas deberían acceder a los servicios más básicos para vivir (educación, salud, abastecimiento, recreación, cultura y bienestar) mediante recorridos caminables o en un medio de transporte activo como la bicicleta, no mayores a quince minutos, lo que supone reorganizar las ciudades en torno a la proximidad, el uso mixto del suelo, la descentralización funcional y la movilidad activa (Moreno et al., 2021). En la particularidad latinoamericana, sin embargo, la materialización de este enfoque se ve limitada por dinámicas de desigualdad urbana, falta de planeación urbana, centralización histórica de actividades, baja mixtura de usos y fuerte dependencia del transporte motorizado, lo que deriva en viajes largos, patrones de movilidad segmentados y barreras estructurales que impiden adoptar estilos de vida urbanos basados en la proximidad (Montero, 2021; Calafiore et al., 2022). Estos problemas se intensifican en ciudades andinas como Manizales, donde la topografía, que se caracteriza por pendientes pronunciadas, conectividad restringida y tejidos urbanos complejos, influye de manera decisiva en la movilidad peatonal y en la distribución real del acceso a servicios urbanos. A pesar de estas condiciones, Manizales presenta un porcentaje significativo de viajes a pie (29 %), lo que sugiere un potencial importante para consolidar estilos de vida de corta distancia, aunque este potencial no esté distribuido de manera equitativa entre la población ni garantice su uso cotidiano (Alcaldía de Manizales, 2017; Aristizábal et al., 2023).

El análisis de estilos de vida de 15 minutos requiere comprender no solo la distribución espacial de servicios urbanos, sino también cómo las personas acceden efectivamente a ellos. Para esto, la accesibilidad ocupa un lugar central, entendida como la relación entre oportunidades disponibles, ubicación espacial y capacidad de desplazamiento (Levine et al., 2012). En particular, los modelos potenciales de oportunidades acumuladas (Cumulative Opportunity Models) permiten estimar cuántos servicios pueden alcanzarse desde un punto de origen dentro de un umbral temporal o de distancia específico; en este caso, dentro de quince minutos caminando. Este indicador, conocido como COP (Cumulative Opportunities Potencial), se calcula mediante la fórmula general $COP(O,t) = \Sigma\ Ai$ si $cOi \leq t$, donde Ai representa la presencia de un servicio i y cOi corresponde al tiempo de viaje entre el origen O y el destino i. El COP es ampliamente usado en estudios urbanos porque permite representar, de manera sencilla y sintética, cuántas oportunidades urbanas están disponibles bajo ciertas condiciones de movilidad. No obstante, su valor depende de cómo se estime el tiempo de viaje, especialmente en ciudades donde factores como la pendiente alteran significativamente la velocidad de caminata. En este sentido, Aristizábal et al. (2025) desarrollaron un modelo de accesibilidad peatonal ajustado por pendiente para Manizales, demostrando que la velocidad real del peatón no es constante, sino que disminuye o aumenta dependiendo del gradiente de la vía, lo que afecta de manera considerable los tiempos efectivos de acceso a equipamientos urbanos.

La ciudad de 15 minutos no puede analizarse solamente desde la perspectiva de proximidad potencial, ya que la existencia de servicios cercanos no implica necesariamente que los habitantes organicen su vida cotidiana en torno a ellos. Esta distinción entre accesibilidad potencial y accesibilidad vivida ha sido ampliamente discutida por Maciejewska et al. (2025), quienes evidenciaron que incluso en ciudades con altos niveles de proximidad

funcional, una parte importante de la población continúa realizando desplazamientos largos por motivos de preferencia modal, hábitos de movilidad, costos, percepciones de calidad o razones socioculturales. Esto implica que estudiar estilos de vida de 15 minutos requiere no solo medir cuántas oportunidades están físicamente disponibles, sino también analizar qué factores influyen en que un individuo adopte o no patrones de movilidad y actividades dentro de su radio de proximidad.

La presente investigación articula estos enfoques mediante una propuesta metodológica que utiliza métricas de accesibilidad derivadas del modelo COP, incorporando los datos de accesibilidad como variables dependientes, y las combina con variables independientes sociodemográficas, a través modelos estadísticos lineales y logísticos para estimar si existe correlación espacial entra la accesibilidad y ciertas variables. Esta aproximación busca avanzar desde los análisis de accesibilidad como diagnóstico espacial hacia modelos explicativos que permitan comprender los determinantes sociales, territoriales y comportamentales de la proximidad vivida en ciudades intermedias latinoamericanas.

2. MARCO TEÓRICO

La ciudad de 15 minutos se ha consolidado como una propuesta transformadora que apunta a reconfigurar la vida urbana mediante la proximidad, la movilidad activa, la diversidad funcional y la densidad equilibrada, entendiendo que la combinación de estas dimensiones puede mejorar la calidad de vida, reducir la dependencia del vehículo privado y promover un uso más sostenible del territorio (Moreno et al., 2021). Sin embargo, la literatura ha identificado múltiples desafíos para su implementación en América Latina, donde la centralización histórica de los equipamientos, la segregación residencial y la desigualdad socioeconómica impiden que todos los habitantes accedan a un conjunto mínimo de servicios dentro de distancias caminables razonables (Ferrer-Ortiz et al., 2022). A ello se suma que las ciudades intermedias andinas presentan particularidades topográficas que alteran los patrones de movilidad peatonal, limitan la conectividad y generan diferencias espaciales significativas en la distribución del acceso (Aristizábal et al., 2025). La justicia espacial, entendida como la distribución equitativa de oportunidades urbanas y la capacidad real de los habitantes para acceder a ellas, se convierte entonces en un marco esencial para evaluar la proximidad urbana. Desde una perspectiva normativa, autores como Young (1990) y Fainstein (2014) sostienen que la equidad territorial es un componente indispensable del derecho a la ciudad, mientras que, desde una perspectiva técnica, la accesibilidad permite operacionalizar estas desigualdades mediante métricas que vinculan localización, oportunidades y medios de viaje (Levine et al., 2012). En el caso de Manizales, la accesibilidad se ve fuertemente mediada por la pendiente, lo que exige métodos de cálculo que ajusten los tiempos de caminata para obtener mediciones más realistas del acceso a servicios urbanos, tal como lo demuestran los modelos aplicados por Aristizábal et al. (2025).

Finalmente, el concepto de estilos de vida de 15 minutos requiere entender que la proximidad espacial no implica necesariamente la proximidad vivida. Estudios recientes, como los de Maciejewska et al. (2025) en Barcelona, demuestran que, aunque muchas personas viven en zonas con alta proximidad a servicios, no siempre realizan sus

actividades dentro de dicho radio. Factores como preferencias modales, percepciones de calidad, hábitos arraigados, patrones socioeconómicos y disponibilidad de tiempo influyen de manera significativa en el comportamiento urbano. Por ello, los análisis contemporáneos sobre proximidad deben integrar simultáneamente la dimensión espacial (accesibilidad) y la dimensión socio-comportamental (usos reales), lo cual constituye el fundamento conceptual de la metodología propuesta en este artículo.

3. METODOLOGÍA

La metodología propuesta aborda la accesibilidad urbana como una *variable dependiente* que resulta de la interacción entre las características socioeconómicas, demográficas y territoriales de la población, reconociendo que en contextos latinoamericanos los patrones históricos de desigualdad, la distribución espacial de los equipamientos y las condiciones físicas del territorio condicionan profundamente la capacidad de los habitantes para acceder a servicios esenciales mediante modos activos. Bajo esta premisa, el modelo de oportunidades acumuladas (COP) constituye el indicador central del análisis, entendiendo la accesibilidad como una expresión cuantitativa del número de oportunidades que pueden ser alcanzadas desde un punto de origen en un tiempo máximo de quince minutos caminando. Este COP, y sus variantes, se utilizan en este estudio como variable dependiente, de tal manera que la regresión estadística permita determinar qué características sociales, económicas y físicas explican mejor las desigualdades en la accesibilidad en Manizales.

El proceso metodológico inicia con la estimación del COP mediante una red peatonal ajustada por pendiente, derivada del trabajo desarrollado por Aristizábal et al. (2025), lo cual modifica sustancialmente los tiempos efectivos de viaje. El modelo emplea una red caminable previamente estructurada a partir de información geográfica oficial, sobre la cual se asignan valores de gradiente y se aplica una función que ajusta la velocidad del peatón según el porcentaje de pendiente. Este procedimiento garantiza que los tiempos de viaje usados en el cálculo del COP reflejen con precisión las condiciones reales de desplazamiento en una ciudad montañosa como Manizales. Formalmente, el COP se operacionaliza con la ecuación clásica de oportunidades acumuladas:

$$COP\ (O\ ,\ t)\ =\ i\ =\ \sum_{i\ =\ 1}^{n}\ A_i\ si\ C\ O_i\ \leq\ t$$

donde O es el origen, A_i indica la presencia del servicio i, y C_{Oi} representa el tiempo de viaje ajustado por pendiente entre el origen y cada destino. El resultado es un mapa continuo de accesibilidad que expresa el número de servicios alcanzables dentro de los quince minutos caminando, coherente con el marco conceptual de la ciudad de 15 minutos (Moreno et al., 2021).

Dado que la accesibilidad no solo depende de la cantidad de servicios alcanzables sino también de su diversidad funcional, se generan indicadores complementarios: un COP total (suma de todos los servicios alcanzados), COP por categorías (salud, educación, cultura, recreación, abastecimiento, servicios públicos y culto) y un índice de diversidad

que contabiliza cuántos tipos distintos de servicios se encuentran dentro del rango caminable. Estos indicadores permiten evaluar, con mayor precisión, si los residentes tienen acceso no solo a muchas oportunidades, sino también a un conjunto equilibrado de funciones urbanas que permitan materializar estilos de vida de x minutos (Ferrer-Ortiz et al., 2022).

Posteriormente, se integran variables sociodemográficas provenientes de fuentes censales o encuestas de movilidad, incluyendo atributos como sexo, edad, nivel socioeconómico (estrato), tamaño del hogar, escolaridad, acceso a modos de transporte, actividades principales y composición familiar. La literatura ha señalado que estas variables influyen significativamente en las condiciones de acceso, debido a factores estructurales asociados a desigualdad, participación laboral, cuidados, movilidad del hogar y diferencias en la autonomía o capacidad de desplazamiento (Levine et al., 2012; Maciejewska et al., 2025). Asimismo, se incluyen variables territoriales adicionales como pendiente promedio del barrio, densidad urbana, intensidad del uso del suelo y distancia lineal al centro urbano, que permiten capturar factores geográficos asociados a la desigual distribución de los servicios urbanos.

Con estas variables, se construyen dos modelos estadísticos. El primero es un modelo de regresión lineal múltiple, adecuado para explicar las variaciones en la accesibilidad cuando el COP se considera una medida continua. En este enfoque, la forma general del modelo es:

$$COP_i = \beta 0 + \beta 1 Sexoi + \beta 2 Edadi + \beta 3 Estratoi + \beta 4 ogari + \beta 5 Pendientei + \beta 6 Densidadi + \in_i$$

Este modelo permite analizar qué factores sociales y territoriales inciden en que ciertos grupos poblacionales tengan mayor o menor acceso caminable a servicios en quince minutos. Por ejemplo, se espera que la pendiente tenga un efecto negativo sobre la accesibilidad, mientras que los estratos altos podrían presentar valores mayores en áreas donde se concentran los equipamientos urbanos. La interpretación de los coeficientes permite identificar los determinantes estructurales que explican la disparidad en el acceso.

El segundo modelo es una regresión espacial, especialmente útil cuando la variable dependiente se define como un umbral de alta accesibilidad (por ejemplo, tener acceso a más de cinco servicios esenciales dentro de los quince minutos). En este caso, el modelo toma la forma:

$$P\,(COP_i = 1) = \frac{1}{1 + e - (\beta 0 + \beta 1 Sexoi + \beta 2 Edadi + \beta 3 Estratoi + \beta 4 ogari + \beta 5 Pendientei + \beta 6 Densidadi)}$$

Donde $COP_i = 1$ indica que el individuo o nodo alcanza un umbral alto de accesibilidad. Este modelo se inspira en el enfoque empleado por Maciejewska et al. (2025), quienes evaluaron la probabilidad de que los residentes de Barcelona vivieran efectivamente un estilo de vida de 15 minutos. En este estudio, la regresión logística permite determinar qué características empujan o limitan el acceso, revelando participantes o sectores de la ciudad con mayores barreras estructurales.

Ambos modelos pueden complementarse con extensiones espaciales como los Modelos Aditivos Generalizados (GAM) o modelos SAR/SEM, los cuales permiten corregir autocorrelación espacial en los residuos, un problema común en los análisis urbanos donde las observaciones no son independientes entre sí (Calafiore et al., 2022). Sin embargo, el énfasis central de esta metodología radica en la comprensión de la accesibilidad como un fenómeno socialmente distribuido, territorialmente condicionado y estadísticamente explicable a partir de características sociodemográficas y geográficas.

En conjunto, esta aproximación metodológica establece un marco robusto para analizar la ciudad de 15 minutos desde la perspectiva de la justicia espacial, reconociendo que el acceso caminable a los servicios esenciales no depende únicamente de la estructura urbana, sino también de las condiciones sociales y económicas que determinan quién puede beneficiarse de la proximidad urbana y quién queda excluido de ella.

4. RESULTADOS ESPERADOS

Los resultados esperados de la metodología propuesta apuntan a evidenciar patrones de desigualdad espacial significativos en la distribución de la accesibilidad caminable en Manizales, atribuibles tanto a la estructura urbana como a factores sociodemográficos que, según la literatura, condicionan de manera profunda la capacidad de los habitantes para acceder a servicios esenciales dentro del umbral de quince minutos (Levine et al., 2012; Maciejewska et al., 2025). Es razonable anticipar que las zonas centrales de la ciudad y los corredores consolidados como el Centro Histórico y el sector del Cable presenten los valores más altos de COP y diversidad funcional, dada la concentración histórica de equipamientos y actividades económicas identificada por Aristizábal et al. (2023). Así mismo, se espera que sectores ubicados en laderas pronunciadas, periferias orientales y surorientales, o áreas caracterizadas por tramas residenciales monofuncionales, presenten valores significativamente menores de accesibilidad, incluso después de ajustar por pendiente y distancias caminables reales. En ciudades andinas, la topografía actúa como un filtro espacial que no solo condiciona las velocidades peatonales, sino que también influye en la localización preferida de los servicios, generando patrones funcionales que refuerzan desigualdades existentes (Aristizábal et al., 2025). En este sentido, el COP ajustado por pendiente deberá reflejar con mayor precisión la brecha entre potencial de proximidad lineal y accesibilidad efectiva.

Desde el punto de vista sociodemográfico, se anticipa que variables como el nivel socioeconómico (estrato) y la edad tendrán una relación sustancial con la accesibilidad. En particular, se espera que los hogares de estratos altos, ubicados mayoritariamente en corredores de alta prestación de servicios, registren mayores niveles de accesibilidad, mientras que los estratos bajos, especialmente en sectores periféricos, presenten valores significativamente inferiores, reproduciendo desigualdades históricas en el acceso urbano (Pérez & Gutiérrez, 2020). También se prevé que los adultos mayores presenten menor accesibilidad efectiva debido al impacto de la pendiente en sus capacidades de movilidad, aun cuando vivan en zonas relativamente cercanas a equipamientos urbanos. Otros factores como tamaño del hogar, composición familiar, disponibilidad modal y participación laboral podrían también influir en la correlación espacial junto a

la accesibilidad, de acuerdo con patrones identificados por Maciejewska et al. (2025). De esta manera, los resultados del modelo lineal deberían mostrar asociaciones negativas entre la pendiente promedio del entorno y el COP total, así como asociaciones positivas entre estrato socioeconómico, densidad funcional y niveles de accesibilidad.

En el caso del modelo logístico, se espera que las probabilidades de alcanzar altos umbrales de accesibilidad se distribuyan de manera desigual entre grupos sociales, revelando que la accesibilidad no es solo un atributo del espacio, sino un fenómeno socioespacial cuya distribución refleja desigualdades estructurales. Las probabilidades más altas se concentrarán en zonas centrales consolidadas, mientras que las más bajas se ubicarán en periferias, áreas monofuncionales o zonas de pendiente extrema. De esta forma, los resultados esperados contribuirán a evidenciar que la accesibilidad caminable está mediada por desigualdades socioeconómicas y territoriales estructurales, por ende, la viabilidad del estilo de vida de 15 minutos.

5. DISCUSIÓN

La discusión de los resultados esperados se centra en cómo las condiciones geográficas y socioeconómicas de Manizales introducen desafíos particulares para implementar políticas urbanas basadas en la proximidad. Aunque la ciudad muestra una proporción elevada de viajes a pie (Alcaldía de Manizales, 2017), la accesibilidad caminable no se distribuye de manera equitativa. Sectores centrales superan ampliamente a las periferias, no solo por la concentración histórica de servicios, sino también por la menor incidencia de la pendiente en sus patrones de movilidad. La pendiente emerge, así, como un determinante estructural de la accesibilidad, lo que implica que las políticas de proximidad urbana en ciudades andinas deben considerar explícitamente la morfología del terreno (Aristizábal et al., 2025). Ignorar esta dimensión puede conducir a diagnósticos incompletos e intervenciones que profundicen desigualdades.

Estos resultados también refuerzan la idea planteada por Maciejewska et al. (2025) de que la proximidad potencial no garantiza la proximidad vivida. Incluso cuando los servicios se encuentran dentro del radio caminable, diversos factores socioculturales, económicos y comportamentales influyen en que las personas realicen o no sus actividades cotidianas dentro de ese umbral. Esto implica que, en sectores con alta accesibilidad, deben implementarse políticas que fomenten el uso efectivo de la proximidad: calmado de tráfico, mejoras en la caminabilidad, sistemas de micro movilidad, reconfiguración del espacio público y gestión de la demanda.

Por otra parte, en zonas con una accesibilidad disminuida, especialmente periferias en ladera, como las mayoría de zonas limítrofes de Manizales, las políticas de proximidad deben incorporar estrategias de redistribución funcional, densificación equilibrada y usos mixtos, junto con soluciones tecnológicas como sistemas de alta pendiente (cables aéreos, ascensores urbanos, escaleras mecánicas). Finalmente, la discusión resalta la importancia de integrar componentes de justicia espacial en la implementación del modelo de 15 minutos, asegurando que la proximidad no se convierta en un privilegio urbano, sino en un derecho garantizado para todos los habitantes, tal como plantean Fainstein (2014) y Young (1990).

6. CONCLUSIONES

La metodología desarrollada en este artículo demuestra la utilidad del modelo de oportunidades acumuladas (COP) como indicador cuantitativo de accesibilidad urbana y su capacidad para capturar los efectos de la topografía en ciudades andinas. El uso de velocidades ajustadas por pendiente permite obtener estimaciones realistas del acceso caminable a servicios esenciales, aspecto ineludible para evaluar la viabilidad del estilo de vida de 15 minutos en territorios montañosos. Los modelos estadísticos, tanto lineales como logísticos, permiten identificar los factores socioeconómicos y territoriales que explican las desigualdades en accesibilidad, evidenciando que el acceso no es únicamente producto de la estructura urbana, sino también de determinantes sociales y económicos que condicionan las oportunidades de la población. En conjunto, esta aproximación integra proximidad potencial y proximidad vivida, aportando un marco metodológico replicable para evaluar la equidad territorial y orientar políticas públicas basadas en la proximidad.

Los resultados esperados sugieren que la implementación de políticas de 15 minutos en Manizales debe reconocer las limitaciones que impone la topografía, las desigualdades espaciales y las diferencias sociodemográficas. Sectores con alta accesibilidad requieren medidas que incentiven el uso efectivo de la proximidad, mientras que sectores con baja accesibilidad necesitan intervenciones estructurales de redistribución de servicios y mejoras en la conectividad. Esta investigación constituye una herramienta valiosa para gobiernos locales, investigadores y planificadores urbanos interesados en avanzar hacia ciudades más dignas, equitativas, sostenibles y centradas en la vida cotidiana de sus habitantes.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía de Manizales. (2017). *Plan Maestro de Movilidad de Manizales*. FINDETER; Steer Davies Gleave.

Aristizábal, J. E., Wagenaars, S., & Escobar, D. A. (2025). Diverse Opportunity Potential through Geographic Accessibility Modeling as a Basis for Planning towards the 15-Minute City and Spatial Justice. Future Cities And Environment, 11. https://doi.org/10.70917/fce-2025-033

Aristizábal, J. E., Sarache, W., & Escobar, D. A. (2023). Spatial regression model of urban walkability under the 15-minute city approach. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 49(3), 1037–1045. https://doi.org/10.30892/gtg.49319-1103

Calafiore, A., Dunning, R., Nurse, A., & Singleton, A. (2022). The 20-minute city: An equity analysis of Liverpool City Region. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 102, 103111. https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.103111

Fainstein, S. (2014). *The just city*. International Journal of Urban Sciences, 18(1), 1–18. https://doi.org/10.1080/12265934.2013.834643

Ferrer-Ortiz, C., Marquet, O., Mojica, L., & Vich, G. (2022). Barcelona under the 15-minute city lens: Mapping the accessibility potential based on pedestrian travel times. *Smart Cities*, 5(1), 146–161. https://doi.org/10.3390/smartcities5010010

Levine, J., Grengs, J., & Shen, Q. (2012). Does accessibility require density or speed? A comparison of fast versus close in getting where you want to go in US metropolitan regions. *Journal of the American Planning Association*, 78(2), 157–172. https://doi.org/10.1080/01944363.2012.677119

Maciejewska, M., Cubells, J., & Marquet, O. (2025). When proximity is not enough. A sociodemographic analysis of 15-minute city lifestyles. *Journal Of Urban Mobility*, 7, 100119. https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2025.100119

Montero S. Comp. Repensando el desarrollo económico local desde Colombia. Ediciones Uniandes. 2021. https://ediciones.uniandes.edu.co/gpd-repensando-el-desarrollo-economico-local-desde-colombia-9789587980080-680d1d7ba5a91.html

Moreno, C., Allam, Z., Chabaud, D., Gall, C., & Pratlong, F. (2021). Introducing the "15-minute city": Sustainability, resilience, and place identity in future post-pandemic cities. *Smart Cities*, 4(1), 93–111. https://doi.org/10.3390/smartcities4010006

Montoya-Tangarife, C., Duarte, N. V., Guajardo, F. J., Cardenas, M. F., & Giraldo-Ospina, T. (2022). Accessibility to public spaces: Boosting ecosystem services in urban areas in four Latin American cities. *Frontiers In Sustainable Cities, 4*. https://doi.org/10.3389/frsc.2022.796122

Young, I. M. (1990). *Justice and the politics of difference*. Princeton University Press.

AVALIAÇÃO DA EQUIDADE NA OFERTA DO SERVIÇO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE UMA CIDADE NO NORDESTE BRASILEIRO

Iury Ribeiro de Melo
Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil. iury.ribeiro@ufpe.br

Ligia Rabay
Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil. ligia.rabay@ufpe.br

Leonardo Herszon Meira
Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil. leonardo.meira@ufpe.br

RESUMEN

Este artigo investiga a equidade na oferta do transporte público no Recife, relacionando a distribuição espacial do serviço com o perfil socioeconômico da população, e busca suprir a escassez de estudos dessa natureza no nordeste brasileiro. A metodologia utilizada combina dados de frequência provenientes do GTFS com informações socioeconômicas (renda e gênero), organizadas em grades hexagonais, permitindo avaliar o nível de serviço nos períodos de pico e entre picos. Os resultados indicam que a distribuição do transporte público na cidade é marcada por desigualdades socioeconômicas: pessoas de menor renda apresentam quase três vezes mais probabilidade de residir em áreas "Não Servidas" em comparação à população de maior renda. Essa disparidade se intensifica no período entre picos, quando o acesso ao serviço classificado como "Bom" diminui 10,2 pontos percentuais para os mais pobres, enquanto entre os mais ricos a redução é de apenas 2,1 pontos percentuais. Não foram observadas desigualdades significativas associadas ao gênero. Conclui-se que a oferta de transporte público em Recife apresenta uma distribuição territorial e socialmente desigual, penalizando de forma desproporcional as populações de baixa renda, sobretudo fora dos horários de pico.

1. INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana é um elemento central da vida contemporânea, funcionando como o elo que conecta pessoas a oportunidades de emprego, educação, saúde e lazer (Leitão et al., 2024). Sua qualidade e acessibilidade não são, portanto, meras questões logísticas; elas determinam diretamente a participação social e a qualidade de vida, estando ligadas ao direito à cidade (Pereira e Karner, 2021; Oviedo et al., 2021). Dessa forma, o conceito de equidade no transporte no contexto da justiça social, vai além da simples igualdade, reconhece que grupos vulneráveis, como famílias de baixa renda, idosos, pessoas com deficiência, mulheres e minorias raciais, podem necessitar de mais apoio para alcançar resultados de acesso equivalentes (Lachapelle e Boisjoly, 2023).

O transporte público coletivo serve como um dos principais instrumentos para essa inclusão social, mitigando desigualdades espaciais e econômicas. Diferente do transporte individual, que demanda altos custos, o transporte coletivo democratiza a mobilidade, conectando comunidades marginalizadas a centros de oportunidade (Parente et al., 2022; Mesentier e Orrico, 2024). O Banco Mundial (2025) evidencia essa relevância na América Latina: em São Paulo, uma nova linha de metrô beneficiou majoritariamente domicílios de baixa renda (58% dos usuários); no Rio de Janeiro, melhorias ferroviárias atenderam a uma base de 89% de usuários de baixa renda; e em Lima, a expansão do BRT conectou bairros periféricos a mais de 198 mil novos postos de trabalho situados a até 60 minutos de deslocamento.

Contudo, os benefícios do transporte não são distribuídos de forma neutra. Diferenças de gênero, raça e classe moldam padrões de mobilidade e impõem barreiras de acesso (ITDP, 2021). Estudos corroboram essa visão, como o de Tiznado-Aitken et al. (2018) em Santiago, que correlacionou a concentração de baixa renda ao acesso precário ao transporte, e o de Brussel et al. (2019) em Bogotá, que evidenciou como o êxito de intervenções (BRT) depende do contexto urbano e configuração das rotas. Nas cidades brasileiras, essa dinâmica é agravada pela segregação socioespacial histórica e pela expansão de assentamentos informais nas periferias. Essa configuração faz com que a distância física e a precariedade dos serviços de transporte reduzam oportunidades e aumentem a exclusão social (Reis e Veras, 2024).

Apesar do avanço na literatura sobre o tema, ainda há uma escassez de análises de equidade focadas na oferta dos sistemas de transporte público coletivo no nordeste brasileiro. Nesse contexto, Recife, uma cidade estrategicamente importante para a região (Melo, 2025), se destaca como um caso de estudo relevante. Diante dessa lacuna, a questão que orienta o estudo é: "Em que medida a oferta de transporte público se correlaciona com a distribuição espacial e a renda da população, revelando inequidades de acesso para a população mais vulnerável em uma cidade do nordeste brasileiro?" O objetivo principal é, portanto, avaliar a equidade da oferta do serviço de transporte público do Recife, combinando análise espacial e socioeconômica. Ao relacionar a qualidade do serviço com dados socioeconômicos, este estudo contribui para a promoção da justiça social no transporte e para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 10 (Redução das Desigualdades) e 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis).

Para alcançar este objetivo, o artigo utiliza uma adaptação da metodologia proposta por Rabay et al. (2025). A abordagem metodológica baseia-se na integração de diferentes bases de dados, combinando informações operacionais da *General Transit Feed Specification* (GTFS), que detalha a rede e a frequência do serviço, com dados socioeconômicos de população e renda. Esta combinação permite analisar a relação direta entre a oferta de transporte e as condições socioeconômicas da população no território.

2. EQUIDADE NO TRANSPORTE PÚBLICO

Conforme Di Ciommo e Shiftan (2017), a equidade no transporte examina como benefícios e custos dos sistemas de mobilidade são distribuídos entre a população. Essa análise considera três aspectos: o que é distribuído, quem é afetado pela distribuição e quais princípios definem uma divisão justa. Dentre as métricas para aferir a equidade do transporte está a qualidade do serviço, que abrange fatores como frequência, pontualidade, segurança e conforto (Johnson et al., 2025). Para esses autores, a ausência de tais aspectos prejudica principalmente quem mais depende do sistema, como as populações de baixa renda.

Segundo Rabay et al. (2025), a avaliação da equidade no transporte público requer integrar a análise da oferta e da demanda, considerando a cobertura espacial do serviço, sua frequência e características socioeconômicas da população, como a renda. A interação entre oferta insuficiente e áreas habitadas por grupos vulneráveis, indicam situações em que há "pobreza de transporte", que limitam o acesso a oportunidades e aprofundam processos de exclusão social (Lucas, 2012). Assim, a abordagem de Rabay et al. (2025) torna possível identificar desajustes espaciais que revelam territórios com maior risco de exclusão.

Nesse sentido, a análise espacial constitui a abordagem focada na distribuição territorial do serviço de transporte (Johnson et al., 2025). Possibilitando compreender as interações entre transporte e planejamento urbano. Diante disto, destaca-se o conceito de "desertos de transporte", utilizado para medir o desequilíbrio entre a demanda e a oferta dos serviços de transporte público. Essas áreas são definidas como locais que apresentam alta demanda de transporte, mas baixa oferta de serviços, instalações e acessibilidade (Chen e Jiao, 2022).

Pesquisas recentes propõem metodologias de avaliação multidimensionais para abordar a equidade no transporte, partindo do reconhecimento de que esta desigualdade decorre da interação de fatores espaciais, demográficos e socioeconômicos (Johnson et al., 2025; Rabay et al., 2025). Ao analisar a relação entre oferta, demanda e dados socioeconômicos, essas metodologias integradas permitem avaliar as relações de troca entre objetivos concorrentes, como eficiência operacional e equidade social (Hrelja, Levin e Camporeale, 2024; Johnson et al., 2025). Contudo, a aplicação prática dessas ferramentas ainda enfrenta desafios, como a disponibilidade e qualidade dos dados, a complexidade metodológica e a lacuna entre a teoria e as necessidades práticas dos planejadores (Hrelja, Levin e Camporeale, 2024; Rabay et al., 2025)

3. METODOLOGIA

A metodologia deste estudo consiste em uma avaliação da equidade da oferta de transporte público no Recife, baseada na adaptação da abordagem proposta por Rabay et al. (2025). A análise utiliza dados sociodemográficos em grades hexagonais (Pereira et al., 2022) e o arquivo GTFS do sistema, sendo todo o processamento realizado no *software* RStudio.

Inicialmente, os dados GTFS foram filtrados para considerar apenas os dias úteis típicos (terças, quartas e quintas-feiras), selecionando apenas rotas de ônibus. Calculou-se a frequência média de viagens em intervalos de 15 minutos, e uma média móvel de 2 horas foi aplicada a esta série temporal para definir os três períodos de análise: Pico 1 (primeiro período de maior oferta), Pico 2 (segundo período de maior oferta) e Entre picos (período de menor oferta entre os picos).

Definidos os períodos, o nível de serviço foi calculado a partir da frequência de atendimento para cada ponto de parada no Recife, seguindo a classificação de Ferraz e Torres (2004): "Bom" (intervalo < 15 min), "Regular" (15–30 min), "Baixo" (> 30 min) ou "Não servido".

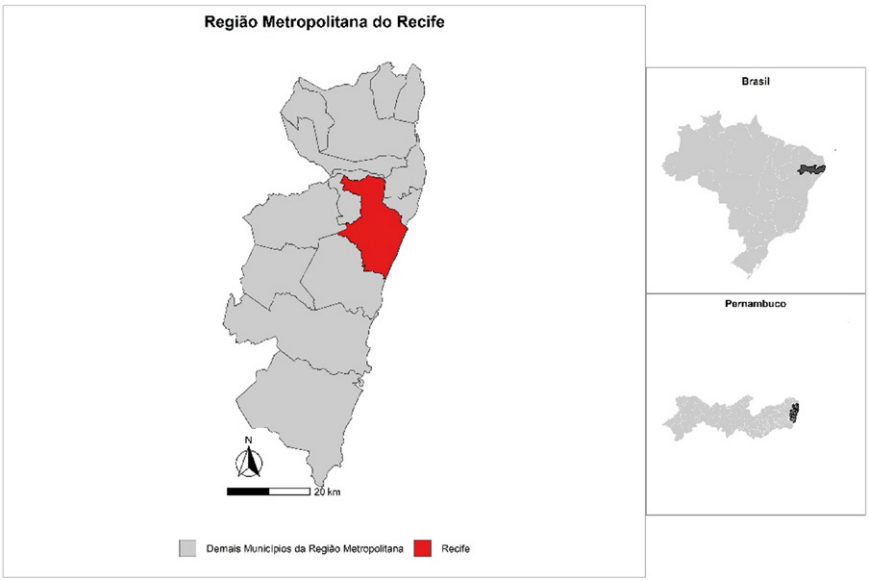
Para a espacialização do diagnóstico, o nível de serviço foi transferido dos pontos para as grades hexagonais. Adotou-se um método de proximidade onde cada hexágono recebeu o melhor nível de serviço encontrado em um raio de 400 metros de seu centroide (*National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine*, 2013). Hexágonos sem pontos de parada neste raio foram classificados como "Não servidos". Por fim, a avaliação da equidade foi realizada pela associação direta entre o nível de serviço de cada hexágono e seus respectivos dados socioeconômicos.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Recife (Figura 1), capital do estado de Pernambuco, possui uma população de 1.528.300 habitantes, dos quais 54% são homens e 46% são mulheres, distribuídos em uma área de 218,84 km² (IBGE, 2010). Esses dados censitários são base para a Figura 2, que apresenta a distribuição espacial da população e dos quintis de renda, definidos por Pereira et al. (2022). A cidade integra uma região metropolitana composta por outros treze municípios e se destaca por apresentar um dos maiores percentuais movimento pendular realizado por trabalhadores do Brasil (Ramalho e Brito, 2016).

De acordo com a Pesquisa Origem–Destino do ICPS (2020), 45,89% das viagens são realizadas por transporte público e 32,06% por modos ativos (caminhada e bicicleta), o que evidencia a relevância do transporte coletivo para a mobilidade urbana da região.

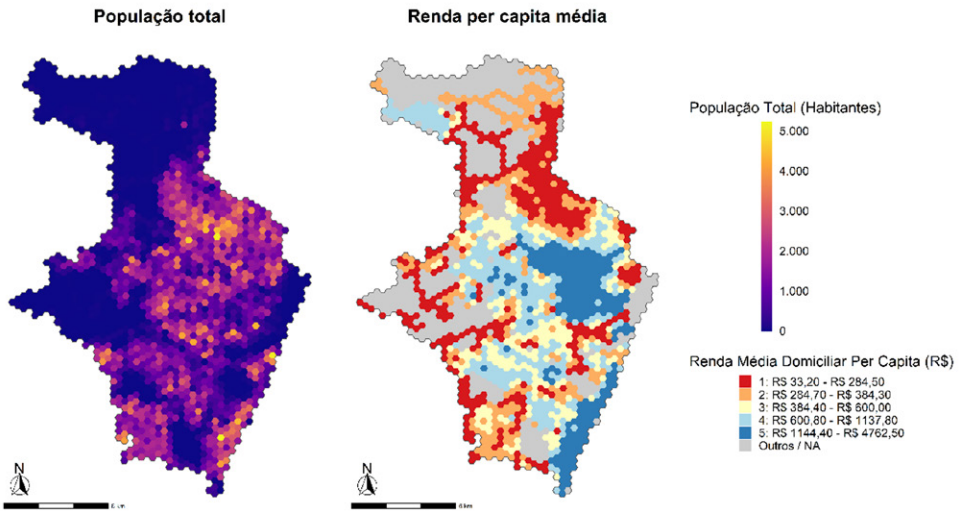
Figura 1: Localização da cidade do Recife



Fonte: Autores (2025).

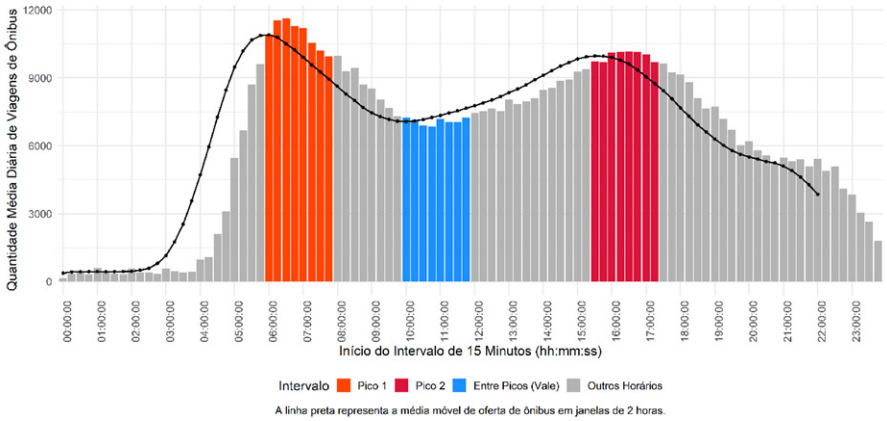
O sistema de transporte público é estruturado por meio do Sistema Estrutural Integrado (SEI), que articula ônibus, BRT e metrô através de terminais integrados com tarifa única, além do Serviço de Transporte Complementar de Passageiros (STCP). A rede é composta por 2.790 pontos de parada e 340 linhas de ônibus, cuja frequência média de viagens é apresentada na Figura 3. Observa-se que os picos de oferta ocorrem a partir das 6h (Pico 1) e 15h30 (Pico 2), enquanto o período entre picos de inicia às 10h.

Figura 2: Distribuição da população total e renda per capita média por hexágonos



Fonte: Autores (2025).

Figura 3: Oferta média de viagens ao longo do dia



Fonte: Autores (2025).

5. RESULTADOS

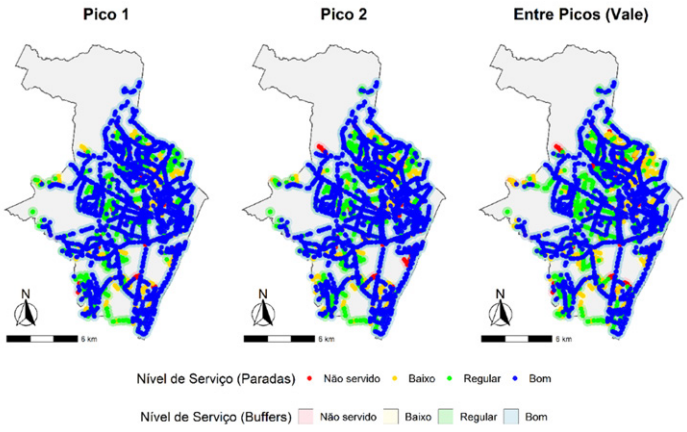
A Figura 3 apresenta a localização das paradas de ônibus e suas respectivas áreas de cobertura e níveis de serviço para os horários de pico e entre picos. Conforme indicado na Figura 2, a oferta do serviço é maior no primeiro horário de pico, o que se reflete em melhores índices de nível de serviço nesse período: 63,8% das paradas são classificadas como de nível "bom". Ainda assim, 3,9% das paradas permanecem com nível de serviço "não servido". Por outro lado, no horário entre picos, observa-se uma redução no percentual de paradas com nível "bom" para 53,3%, enquanto aquelas classificadas como "não servidas" aumentam para 5,9%. A Tabela 1 apresenta os resultados para os três horários analisados.

Tabela 1: Percentual do nível de serviço das paradas de ônibus

	Não servido	Baixo	Regular	Bom
Pico 1	3,9	14,1	18,2	63,8
Entre Picos	5,9	18,4	22,4	53,3
Pico 2	4,4	15,6	18,7	61,3
Média	4,8	16,0	19,8	59,5

Fonte: Autores (2025).

Figura 4: Distribuição espacial das paradas de ônibus com buffers de 400m



Fonte: Autores (2025).

A Tabela 2 apresenta os resultados da distribuição percentual da população por nível de serviço, estratificada pelos períodos de análise, quintil de renda e gênero. A análise da população geral indica uma flutuação na qualidade do serviço ao longo do dia. No Pico 1, 90% da população total tem acesso a um serviço classificado como "Bom". Este indicador sofre uma queda de 7,3 pontos percentuais no período Entre Picos, registrando 82,7%, e apresenta uma recuperação parcial no Pico 2 (88,8%). Por outro lado, o percentual de serviço "Regular" é significativamente maior no intervalo entre picos (11,3%), do que nos outros intervalos observados (Pico 1 com 4,9% e Pico 2 com 5,9%).

A desagregação dos dados por quintil de renda revela que o nível do serviço é afetado pelas disparidades socioeconômicas da cidade. O Quintil 1 (Q1), de menor renda, apresenta consistentemente o pior nível de serviço. Notavelmente, a população do Q1 tem quase três vezes mais probabilidade de estar em uma zona "Não Servida" (7,1% – 7,2%) em comparação com o Quintil 5 (Q5), de maior renda (2,6%), um padrão que se mantém estável em todos os períodos. A diferença no acesso ao serviço "Bom" também é acentuada: no Pico 1, 97,4% do Q5 acessa um serviço "Bom", contra 84,3% do Q1. Ainda, a queda na qualidade do serviço durante o período de Vale afeta desproporcionalmente a população de baixa renda. Enquanto o Q5 experimenta uma redução de apenas 2,1 pontos percentuais no serviço "Bom" (de 97,4% para 95,3%) ao sair do pico, o Q1 sofre uma perda de 10,2 pontos percentuais (de 84,3% para 74,1%).

A análise por gênero mostra que homens e mulheres apresentam padrões de nível de serviço muito semelhantes em todos os horários, com diferenças entre os grupos inferiores a 0,3 pontos percentuais. Em média 4,9% dos homens e 5,2% das mulheres estão em regiões com nível de serviço "Não servido" ou "Baixo", confirmando a ausência de disparidade significativa entre os gêneros. Assim, pode-se inferir que o sistema de transporte analisado não apresenta desigualdades significativas relacionadas ao gênero, sob a ótica da cobertura espacial e dos níveis de serviço. Já a análise combinada de gênero e renda confirma que as diferenças de acesso observadas estão associadas, na verdade, ao fator econômico. Dentro de cada quintil de renda, homens e mulheres apresentam praticamente os mesmos percentuais em cada categoria de nível de serviço. Dessa forma, os resultados apontam para uma desigualdade predominantemente territorial e de renda, na qual a população de menor renda é mais afetada pela variação da oferta, sobretudo fora dos horários de pico.

Tabela 2: Percentual da população atendida por nível de serviço, gênero e quintil de renda

Descrição	Pico 1				Entre Picos				Pico 2			
Nível de serviço*	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
População Total	3,7	1,3	4,9	90,0	3,8	2,2	11,3	82,7	3,9	1,4	5,9	88,8
Homens (H)	3,6	1,3	4,9	90,2	3,7	2,1	11,3	82,9	3,8	1,4	5,8	89,0
Mulheres (M)	3,8	1,3	5,0	89,8	3,9	2,2	11,4	82,5	4,0	1,4	6,0	88,6
Quintil 1 (Q1)	7,1	1,1	7,5	84,3	7,2	2,8	15,9	74,1	7,2	1,8	8,8	82,3
Quintil 2 (Q2)	4,0	2,9	5,6	87,4	4,4	4,2	12,4	79,0	5,0	2,6	6,8	85,6
Quintil 3 (Q3)	3,2	0,6	5,4	90,9	3,2	1,5	11,7	83,6	3,2	0,6	5,3	90,9
Quintil 4 (Q4)	1,6	2,1	6,3	89,9	1,6	2,3	14,5	81,6	1,6	2,1	8,2	88,1
Quintil 5 (Q5)	2,6	0,0	0,0	97,4	2,6	0,0	2,2	95,3	2,6	0,0	0,3	97,2
H+Q1	7,1	1,1	7,5	84,4	7,1	2,8	16,0	74,1	7,1	1,8	8,8	82,3
H+Q2	4,0	2,9	5,6	87,5	4,3	4,2	12,4	79,1	4,9	2,6	6,8	85,7
H+Q3	3,1	0,6	5,3	90,9	3,1	1,6	11,8	83,5	3,1	0,6	5,3	90,9
H+Q4	1,5	2,2	6,3	90,0	1,5	2,3	14,5	81,7	1,5	2,2	8,2	88,2
H+Q5	2,5	0,0	0,0	97,5	2,5	0,0	2,1	95,5	2,5	0,0	0,3	97,3
M+Q1	7,2	1,0	7,5	84,3	7,2	2,7	15,9	74,2	7,2	1,7	8,8	82,2
M+Q2	4,1	2,9	5,6	87,4	4,4	4,3	12,4	78,9	5,1	2,6	6,8	85,6
M+Q3	3,2	0,5	5,4	90,9	3,2	1,5	11,7	83,6	3,2	0,5	5,4	90,9
M+Q4	1,7	2,1	6,4	89,8	1,7	2,3	14,6	81,5	1,7	2,1	8,3	88,0
M+Q5	2,7	0,0	0,0	97,3	2,7	0,0	2,2	95,1	2,7	0,0	0,3	97,0

***Nível de serviço: 1 – não servido; 2 – baixo; 3 – regular; 4 – bom.**
Fonte: Autores (2025).

6. CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo principal avaliar a equidade da oferta do serviço de transporte público na cidade do Recife, correlacionando a distribuição espacial do serviço com o perfil socioeconômico da população. Em resposta à questão de pesquisa, os resultados confirmam que a oferta de transporte público em Recife apresenta inequidades diretamente associadas à renda e à localização territorial, penalizando de forma desproporcional a população mais vulnerável.

A metodologia adaptada de Rabay et al. (2025) mostrou-se eficaz para diagnosticar as disparidades existentes. A análise revelou três pontos principais. O primeiro refere-se à desigualdade socioeconômica: a população de menor renda (Quintil 1) enfrenta consistentemente o pior nível de serviço. Em todos os períodos analisados, esse grupo apresenta uma probabilidade quase três vezes maior de residir em uma área "Não Servida" em comparação ao quintil de maior renda (Q5).

O segundo ponto diz respeito à penalização nos períodos de entre pico. A inequidade é intensificada fora dos horários de pico. Enquanto a população de maior renda (Q5) sofre uma redução mínima (2,1 pontos percentuais) no acesso ao serviço classificado como "Bom" durante o período de vale, a população de baixa renda (Q1) experimenta uma queda de 10,2 pontos percentuais Esse resultado sugere que o sistema é planejado prioritariamente para atender aos deslocamentos realizados nos horários de pico.

O terceiro aspecto analisado refere-se à equidade de gênero. De acordo com a métrica utilizada, não foram identificadas disparidades significativas no nível de serviço entre homens e mulheres. As diferenças observadas são predominantemente socioeconômicas, afetando de forma semelhante homens e mulheres de baixa renda.

Os achados deste estudo contribuem para reduzir a lacuna de análises de equidade no transporte público no nordeste brasileiro e fornecem evidências empíricas alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 10 (Redução das Desigualdades) e 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis). Os resultados indicam a necessidade de revisar o planejamento da rede de transporte público do Recife, com foco na redistribuição da oferta para áreas de menor renda e na manutenção de frequências adequadas ao longo de todo o dia, e não apenas nos horários de pico.

Por fim, é importante destacar que o escopo deste estudo se limitou à análise da oferta (cobertura e frequência do serviço), sem integrar essa oferta com os destinos de desejo dos usuários. Futuras pesquisas devem incorporar esse aspecto e outras dimensões da equidade no transporte, como a demanda pelo serviço e o tempo de viagem, de modo a verificar se esses fatores também impactam de maneira diferenciada os diversos grupos populacionais da cidade.

7. REFERÊNCIAS

Banco Mundial. (2025). *How Better Public Transport Helps Create Jobs in Latin America and the Caribbean*. Retrieved from https://www.worldbank.org/en/news/feature/2025/05/10/el-transporte-publico-ayuda-a-crear-empleos-en-america-latina on August 7, 2025

Brussel, M., Zuidgeest, M., Pfeffer, K., & van Maarseveen, M. (2019). Access or accessibility? A critique of the urban transport SDG indicator. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 8*(2). https://doi.org/10.3390/ijgi8020067

Chen, Y., & Jiao, J. (2022). Are There Transit Deserts in Europe? A Study Focusing on Four European Cases through Publicly Available Data. Sustainability, 14(20), 13182. https://doi.org/10.3390/su142013182

Di Ciommo, F., & Shiftan, Y. (2017). Transport equity analysis. Transport Reviews, 37(2), 139–151. https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1278647

Faghihinejad, F., & Machemehl, R. (2025). A Spatial Approach to Balancing Demand and Supply in Combined Public Transit and Bike-Sharing Networks: A Case Application in Tehran. Future Transportation, 5(3), 117. https://doi.org/10.3390/futuretransp5030117

Ferraz, C. C. P. F.; & Torres, I. G. E. (2004) Transporte Público Urbano. RiMa Editora, São Carlos.

Hrelja, R., Levin, L. & Camporeale, R. Handling social considerations and the needs of different groups in public transport planning: a review of definitions, methods, and knowledge gaps. Eur. Transp. Res. Rev. 16, 42 (2024). https://doi.org/10.1186/s12544-024-00664-y

IBGE. (2022). Cidades e estados. Retrieved from: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html on October 28, 2025

ITDP (2021). *Why Transit Inequality Persists in Brazil*. Retrieved from https://itdp.org/2021/10/12/why-transit-inequality-persists-in-brazil on August 7, 2025

Johnson, L. L., Ebakivie, O., Everett, J., & Wynn, S. (2025). Inclusive and Accessible Transportation for All: Strategies for Integrating Equity in Transportation Research. Logistics, 9(2), 72. https://doi.org/10.3390/logistics9020072

Lachapelle, U., & Boisjoly, G. (2023). Breaking down public transit travel time for more accurate transport equity policies: A trip component approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 175. https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103756

Leitão, N. B. M. A., Ferreira, S., & Costa, B. L. D. (2024). Collective Transportation Policies in Belo Horizonte/MG: an analysis based on sustainability and equity. *Urbe, 16*. https://doi.org/10.1590/2175-3369.016.e20230262

Lucas, K. (2012). Transport and social exclusion: Where are we now?. *Transport Policy*. 20, 105-113. doi:10.1016/j.tranpol.2012.01.013

Melo, I. R. (2025). Aplicação do índice de mobilidade urbana inteligente (IMI) no Recife. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Mesentier, T., & Orrico, R. (2024). Transporte orientado ao desenvolvimento urbano. *Cadernos Metrópole, 26*(60), 489–509. https://doi.org/10.1590/2236-9996.2024-6005

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2013). Transit Capacity and Quality of Service Manual, 3rd Ed. Washington, DC: The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/24766

Oviedo, D., Duarte, N. V., & Pinto, A. M. A. (2021). *Urban Mobility and Social Equity in Latin America: Evidence, Concepts, Methods* (D. Oviedo, N. V. Duarte, & A. M. A. Pinto, Eds.). Emerald Publishing Limited. http://www.emerald.com/books/edited-volume/12263

Parente, R. G. A., Oliveira, J. L. A., Feitosa Silva, I. M., & Neto, F. M. O. (2022). Metodologia de caracterização dos padrões de mobilidade dos usuários de transporte público por ônibus através de dados de bilhetagem eletrônica e análise espacial. *TRANSPORTES*, 30(3), 2749. https://doi.org/10.14295/transportes.v30i3.2749

Pereira, R. H. M., & Karner, A. (2021). Transportation Equity. In *International Encyclopedia of Transportation: Volume 1-7* (Vol. 1, pp. 271–277). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102671-7.10053-3

Pereira, Rafael H. M. et al. (2022) Distribuição espacial de características sociodemográficas e localização de empregos e serviços públicos das vinte maiores cidades do Brasil. Texto para Discussão 2772. Ipea - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em http://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/11225

Rabay, L., Meira, L. H., de Oliveira, L. K., & Galdino, D. (2025). Equity evaluation of public transportation service by analysing the supply and demand data: The case of Jaraguá do Sul, Brazil. *Transportation Research Procedia*, 82, 139–157. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2024.12.034

Reis, E. C. G. dos, & Véras, M. P. B. (2024). Desigualdades sociais, territórios da vulnerabilidade e mobilidade urbana. *Cadernos Metrópole, 26*(60), 537–560. https://doi.org/10.1590/2236-9996.2024-6007

Tiznado-Aitken, I., Muñoz, J. C., & Hurtubia, R. (2018). The role of accessibility to public transport and quality ofwalking environment on urban equity: The case of santiago de Chile. *Transportation Research Record, 2672*(35), 129–138. https://doi.org/10.1177/0361198118782036

NOTA: Agradecimento à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio à realização deste trabalho.

BIKE-PE: USO PROFISSIONAL EMERGENTE

Marcelly Ferreira Soares
Universidade federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.
marcelly.soares@ufpe.br

Maurício Oliveira de Andrade
Universidade federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.
mauricio.andrade@ufpe.br

Roberta de Moura Wanderley
Universidade federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.
roberta.wanderley@ufpe.br

RESUMO

O presente artigo analisa o uso do sistema de bicicletas compartilhadas Bike-PE na cidade do Recife, com foco em sua utilização por trabalhadores vinculados à plataforma digital iFood. A pesquisa, de caráter descritivo e quantitativo, buscou compreender de que maneira esse sistema, originalmente voltado à mobilidade sustentável e ao lazer urbano, passou a desempenhar também uma função profissional e logística. Foram analisadas 7.322 viagens registradas em setembro de 2023, a partir de um conjunto inicial de 141.907 deslocamentos disponíveis na base de dados do Bike-PE. Os resultados revelam que cerca de 44% das viagens foram cíclicas e concentradas em dez estações principais, indicando padrões de deslocamento curtos, recorrentes e compatíveis com jornadas de trabalho. A discussão aponta para o papel o papel crescente do Bike-PE na mobilidade urbana de Pernambuco e para sua importância social como ferramenta de inclusão e suporte ao trabalho informal, reforçando a necessidade de políticas públicas voltadas à infraestrutura cicloviária e à integração intermodal.

1. INTRODUÇÃO

O avanço desenfreado e muitas vezes desordenado da urbanização nas cidades intensificou a demanda por integração entre os diferentes sistemas de transporte, com o objetivo de garantir acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida para a populaão (Benedini; Lavieri; Strambi, 2020). O crescimento urbano acelerado, aliado à expansão dos modais motorizados individuais, trouxe sérios desafios para o equilíbrio entre eficiência de deslocamento, sustentabilidade ambiental e inclusão social. Nesse cenário, a busca por um modelo de transporte de transição econômico, sustentável e de eficiente torna-se essencial (Fishman; Washington; Haworth, 2012).

A partir dessas exigências, introduzimos a ideia das bicicletas compartilhadas como um sistema que ameniza o problema da falta de integração de sistemas de transporte (Benedini; Lavieri; Strambi, 2020). Surgindo em Amsterdã, 1965, com o Witte Fietsen (Bicicletas Brancas) (DeMaio, 2009) caracterizado pelo baixo custo e pela pouca necessidade de autorregulação (Fishman; Washington; Haworth, 2012). A princípio, próximo de cada ponto de conexão de modais deve-se ter uma estação de bicicletas.

No Brasil, o sistema de bike sharing chegou em 2008 no Rio de Janeiro (Monteiro; Campos, 2017) como forma de estimular a promoção da mobilidade sustentável, ampliação das opções de deslocamento urbano e desobstruir vias de tráfego intenso, aliviando a pressão sobre a infraestrutura viária dominada por automóveis (Benedini; Lavieri; Strambi, 2020). Em Pernambuco, o programa Bike-PE foi implantado em 2013 e hoje conta com um total de 90 estações distribuídas ao longo da Região Metropolitana do Recife (Monteiro; Campos, 2017).

O Bike-PE é um serviço que pode ser acessado por meio de aplicativos, permitindo usuários utilizarem bicicletas por 15 minutos ou até uma hora em planos diário, mensal ou anual (Monteiro; Campos, 2017). Além disso, o programa promove maior inclusão social ao oferecer um meio de transporte acessível que contribui para a redução dos custos com locomoção diária (Benedini; Lavieri; Strambi, 2020). Embora o Bike-PE tenha sido idealizado como agente integrador de modais de transportes e lazer, uma nova forma de aplicação do serviço foi identificada: meio de transporte para entregadores do iFood.

O iFood é uma empresa brasileira de tecnologia especializada em delivery online, lançada para o público em 2012 (IFOOD, 2025). O seu propósito é conectar consumidores, restaurantes, varejistas e entregadores numa só plataforma, criando um ecossistema dinâmico que facilita o acesso a alimentos e produtos de forma rápida (IFOOD, 2025).

A escassez de empregos formais fez com que diversos indivíduos fossem direcionados às plataformas digitais de entrega, tornando essencial obter um meio de transporte rápido o suficiente para que haja o translado do estabelecimento à destinação do consumidor em tempo hábil (Benedini; Lavieri; Strambi, 2020). Esse transporte pode ser realizado por carro, motocicleta ou até bicicleta, sendo essa última uma alternativa vantajosa em razão do baixo custo econômico para o entregador (Monteiro; Campos, 2017). Mesmo sendo a opção mais em conta, o valor de aquisição pode não ser acessível a todos, e é nesse momento que o Bike-PE entra no cenário como uma solução de aluguel diário

de bicicletas por um custo diminuto (Monteiro; Campos, 2017). Assim, esse trabalho se propõe a fazer uma análise descritiva do comportamento dessa associação entre o Bike-PE e o iFood a partir dos dados dos usuários, estações e horários de retirada.

2. METODOLOGIA

O estudo utilizou como base de dados o conjunto de informações disponibilizado pela plataforma Bike-PE, que reúne registros de deslocamentos realizados nas 90 estações ativas no estado. O recorte temporal definido foi o mês de setembro de 2023, período em que foram contabilizadas 141.907 viagens.

Os dados foram submetidos a uma filtragem no Excel, com o objetivo de eliminar registros duplicados ou inconsistentes. Foram mantidas apenas as viagens realizadas com bicicletas mecânicas e classificadas na categoria "serviço". Excluíram-se deslocamentos inferiores a 30 minutos, considerados insuficientes para representar uma jornada profissional, e viagens acima de três horas, devido às limitações físicas e operacionais do uso contínuo das bicicletas.

A partir do conjunto depurado, foi identificado um total de 7.322 viagens que atendiam aos critérios definidos. Os dados foram analisados por meio de técnicas de análise espacial, que permitam identificar padrões de concentração, duração e frequência de uso, bem como as estações de maior atividade no sistema. O tratamento dos dados buscou compreender os fluxos de deslocamento e inferir possíveis relações com o uso profissional das bicicletas.

Reconhece-se, entretanto, que a pesquisa possui limitações inerentes ao recorte temporal. Ainda assim, os resultados obtidos permitem estabelecer tendências e discutir o papel crescente do Bike-PE como suporte ao trabalho informal urbano.

3. RESULTADOS

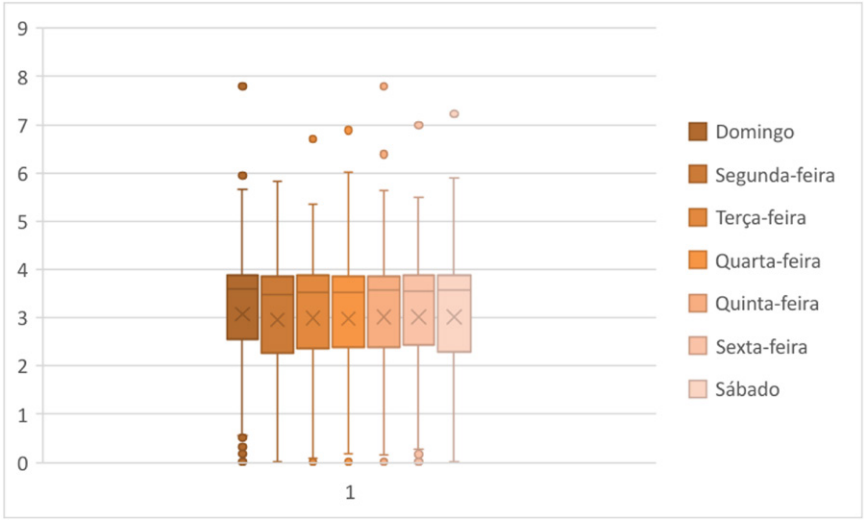
A análise revelou que, dentre as 7.322 viagens identificadas, cerca de 44% foram cíclicas, ou seja, tiveram início e término na mesma estação. Esse tipo de uso é típico de deslocamentos de curta distância, realizados em áreas de alta densidade comercial e residencial, e reforça a hipótese de que parte dos usuários faz uso profissional do sistema.

As dez estações mais utilizadas concentram a maioria das retiradas e devoluções de bicicletas, destacando-se aquelas localizadas em regiões de intenso fluxo econômico. A estações próximas ao Shopping Plaza e ao Shopping Recife figuraram entre as mais movimentadas, tanto para retiradas quanto para devoluções, o que indica forte relação com áreas de comércio e prestação de serviços.

Figura 1: Estações principais de retirada e entrega de bicicletas

A distribuição temporal das viagens mostrou que a duração média das jornadas gira em torno de três horas, tempo compatível com a rotina de entregadores por aplicativo. Observou-se também uma regularidade na utilização ao longo dos dias da semana, sem diferenças expressivas entre fins de semana e dias úteis, outro indício de uso contínuo e funcional do sistema.

Figura 2: Jornada de trabalho aproximada e preferências de dia



Esses resultados corroboram achados da literatura, que apontam para a concentração da demanda em áreas urbanas densamente ocupadas (Rixey, 2013). A espacialização dos dados demonstra que o Bike-PE desempenha papel fundamental na mobilidade de curta distância, tanto para deslocamentos pessoais quanto para atividades profissionais, especialmente aquelas associadas ao setor de entregas rápidas.

4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos permitem interpretar o Bike-PE não apenas como um sistema de mobilidade sustentável, mas também como um instrumento de adaptação socioeconômica em um contexto de mudanças no mundo do trabalho. A ampliação do uso profissional das bicicletas compartilhadas reflete o avanço das plataformas digitais e da chamada economia sob demanda, que transforma a maneira como o trabalho é organizado nas cidades.

Autores como Benedini, Lavieri e Strambi (2020) apontam que o uso de bicicletas privadas e compartilhadas tende a crescer em metrópoles emergentes devido à combinação entre baixos custos, flexibilidade e sustentabilidade. No caso recifense, o Bike-PE assume um papel ainda mais relevante, pois de insere em uma cidade com desafios históricos de desigualdade de renda, precarização laboral e limitação de infraestrutura cicloviária.

O uso profissional do sistema por entregadores do iFood também destaca a intersecção entre a mobilidade urbana e justiça social. A possibilidade de acessar um meio de transporte barato e eficiente contribui para reduzir barreiras econômicas e ampliar oportunidades de geração de renda. Por outro lado, revela a necessidade de repensar políticas públicas que garantam condições seguras de circulação e infraestrutura adequada, considerando o aumento de trabalhadores que dependem da bicicleta para sua subsistência. Reforçando assim, a importância de integrar o planejamento cicloviário às estratégias de desenvolvimento urbano sustentável, promovendo não apenas o transporte limpo, mas também a inclusão social.

5. CONCLUSÃO

O estudo evidencia que o Bike-PE desempenha um papel multifuncional na mobilidade urbana do Recife. Além de atuar como alternativa ecológica de transporte, o sistema tornou-se instrumento de apoio ao trabalho informal, principalmente entre entregadores vinculados a plataformas digitais. A análise dos padrões de uso demonstra que há uma concentração significativa de viagens em determinadas estações e horários, correspondendo a trajetos curtos e repetitivos que se aproximam de jornadas de trabalho.

Esses resultados apontam para a necessidade de políticas públicas integradas, que reconheçam a importância do sistema para além do lazer e incentivem melhorias na infraestrutura cicloviária, na segurança viária e na intermodalidade. Além disso, reforçam o papel da bicicleta como veículo de transformação urbana e social, capaz de conectar sustentabilidade, economia e trabalho em um mesmo eixo.

Por fim, a pesquisa abre caminho para estudos futuros que aprofundem a relação entre o uso de bicicletas compartilhadas e o mercado de trabalho digital, explorando variáveis como renda, gênero, tempo de deslocamento e percepção de segurança. Tais investigações podem contribuir para a consolidação de políticas públicas mais inclusivas e sustentáveis nas cidades brasileiras.

REFERÊNCIAS

Benedini, Débora J.; Lavieri, Patrícia S.; Strambi, Orlando. Understanding the use of private and shared bicycles in large emerging cities: The case of Sao Paulo, Brazil. Case Studies on Transport Policy, v. 8, n. 2, p. 564-575, 2020.

DeMaio, Paul. "Bike-sharing: History, impacts, models of provision, and future". Journal of Public Transportation, v. 12, n. 4, p. 41–56, 2009. DOI: 10.5038/2375-0901.12.4.3

Fishman, E.; Washington, S.; Haworth, N. Barriers and facilitators to public bicycles cheme use: A qualitative approach. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, v. 15, n. 6, p. 686-698, 2012. DOI: 10.1016/j.trf.2012.08.002.

IFOOD. Conheça o Ifood. 2003. Disponível em: https://parceiros.ifood.com.br/restaurante/como-funciona. Acesso em: 23 ago. 2025.

Monteiro, C. A. F.; Campos, V. B. G. (2017). Bike sharing systems in Brazil: a study on the use and expansion of shared bicycles. Journal of Transport Literature, 11(1), 45–49.

MOVILIDAD AL TRABAJO. ARTICULACIÓN PARA UNA MOVILIDAD SOSTENIBLE EN LA PROVINCIA DE SANTA FE

Mg. Mónica Alvarado
Secretaria de transporte. Ministerio de Desarrollo Productivo de la provincia de Santa Fe. Argentina
monicalvr20@gmail.com

Mg. Andrea Magnani
Directora de movilidad sustentable. Ministerio de Ambiente y Cambio Climático de la provincia de Santa Fe. Argentina
andrea.magnani.000@gmail.com

RESUMEN

El proyecto Caminos Escolares Seguros surge como una herramienta concreta para mejorar las condiciones de movilidad cotidiana de niñas, niños y adolescentes. Parte de un problema extendido en ciudades de distinta escala: los entornos escolares no están pensados para los modos activos y, en consecuencia, el uso del automóvil crece aun en distancias muy cortas. Esto genera congestión, riesgos viales evitables y limitaciones a la autonomía de las infancias.

La iniciativa combina tres dimensiones: un diagnóstico técnico del territorio, la participación de la comunidad educativa y el fortalecimiento de capacidades locales y docentes. El objetivo es doble: por un lado, identificar patrones de movilidad, puntos críticos y oportunidades de mejora; por el otro, impulsar estrategias que ordenen el entorno escolar y promuevan la caminata, la bicicleta y el transporte público.

Este trabajo presenta la metodología utilizada y los principales resultados en dos localidades: San Vicente y Armstrong, con realidades diferentes, pero desafíos comunes. Ambas experiencias permiten observar cómo, con información clara y procesos participativos, es posible impulsar transformaciones que mejoran la seguridad vial, fortalecen la autonomía y contribuyen a una movilidad más equitativa y sustentable.

1. INTRODUCCIÓN

Los trayectos que niñas, niños y adolescentes realizan hacia y desde las escuelas constituyen una parte fundamental de su rutina cotidiana y un componente muy estable de la movilidad urbana, independientemente de la escala de la ciudad. Se repiten todos los días lectivos, concentran horarios pico y estructuran buena parte de los movimientos de la comunidad educativa.

Sin embargo, la forma en que se ha planificado históricamente la calle tiende a priorizar la circulación del auto particular por sobre las necesidades de quienes se desplazan a pie o en bicicleta. Calles dimensionadas para el flujo vehicular, altas velocidades de circulación, veredas fragmentadas, cruces sin demarcación clara e iluminación insuficiente configuran entornos que resultan poco atractivo para las niñeces y desalientan la movilidad activa, aun cuando las distancias serían perfectamente caminables o ciclables.

Esta configuración genera un círculo difícil de romper: ante la percepción de inseguridad y la falta de condiciones adecuadas para caminar o pedalear, muchas familias optan por el auto en los traslados escolares, lo que incrementa la congestión en los entornos educativos, eleva el riesgo de siniestros viales y limita la autonomía progresiva de niñas, niños y adolescentes.

En este contexto, el proyecto Caminos Escolares Seguros, impulsado por el Gobierno de la provincia de Santa Fe en articulación con los ministerios de Ambiente y Cambio Climático y de Educación, surge como una respuesta concreta para comprender y mejorar las condiciones de accesibilidad y seguridad en los recorridos escolares. La iniciativa se propone promover modos activos de movilidad (caminar y usar la bicicleta), fortalecer el uso del transporte público donde esté disponible y reducir la dependencia del auto particular, combinando diagnósticos participativos con la comunidad educativa y análisis territoriales específicos en cada localidad.

2. MARCO CONCEPTUAL

La propuesta de Caminos Escolares Seguros y Sustentables se enmarca en una mirada de la movilidad cotidiana que reconoce que los viajes no son solo desplazamientos funcionales, sino prácticas sociales atravesadas por la organización del cuidado, las desigualdades territoriales y las decisiones de política pública. En ese sentido, el enfoque retoma los principios de la movilidad sustentable, la perspectiva de la seguridad vial, el derecho a la ciudad desde la mirada de las niñeces y la accesibilidad universal como condición básica.

Desde la movilidad sustentable, el proyecto parte de una idea simple: en distancias cortas y medias, los modos activos (caminar y usar la bicicleta) y el transporte público deberían poder ser opciones seguras y razonables.

Al mismo tiempo, el proyecto entiende la movilidad escolar como parte de la organización social del cuidado. Las decisiones sobre quién acompaña, en qué modo se viaja y a qué

edad se habilita mayor autonomía están atravesadas por la disponibilidad de tiempo de las personas adultas, la percepción de seguridad y las condiciones materiales del entorno. Incorporar esta dimensión permite visibilizar que, muchas veces, el uso del auto no responde a una elección libre, sino a la falta de alternativas seguras.

El programa provincial alcanzó a 5 localidades, 19 escuelas y alrededor de 4.200 estudiantes. Esto permitió identificar patrones comunes: viajes cortos, baja autonomía en niveles iniciales, crecimiento del uso de bicicleta en secundaria y una infraestructura que no siempre acompaña estos desplazamientos.

3. CONTEXTO PROVINCIAL

En la provincia de Santa Fe las dinámicas urbanas son muy diversas: localidades de gran escala poblacional con altos volúmenes de tránsito, ciudades intermedias con centralidades bien definidas y localidades más pequeñas donde la vida cotidiana se organiza en torno a unas pocas arterias principales. Esa variedad hace que los desafíos de movilidad sean distintos en cada lugar, pero también aparecen patrones que se repiten: viajes escolares, fuerte presencia del auto aun cuando las distancias permitirían caminar o pedalear y entornos que no siempre están preparados para recibir grandes volúmenes de estudiantes en horarios pico.

En muchas localidades se suma otro elemento: los gobiernos locales no cuentan con equipos técnicos o herramientas específicas para analizar la movilidad escolar. La información disponible suele ser fragmentaria o estar dispersa entre escuelas, áreas municipales y percepciones de las familias. Por eso resulta difícil ordenar prioridades, justificar intervenciones o sostener procesos de mejora más allá del esfuerzo puntual de una gestión o una escuela en particular.

La experiencia en las localidades de San Vicente y Armstrong refleja bien esta situación. En ambos casos aparecieron necesidades muy concretas: mejorar cruces, ordenar accesos, resolver veredas, bajar velocidades y, sobre todo, entender por dónde se mueve realmente el estudiantado. La movilidad escolar termina poniendo en evidencia cuestiones que exceden a la escuela y que hablan del funcionamiento general de la ciudad: cómo se distribuyen los servicios, qué apoyos requieren las familias para organizar sus rutinas y cuáles son las condiciones reales para fomentar la movilidad activa.

Trabajar sobre este tema en Santa Fe tiene sentido justamente por esa combinación de factores: diversidad territorial, viajes escolares cortos y una demanda creciente de herramientas sencillas que permitan a los municipios conocer, planificar y mejorar sus entornos educativos. En ese contexto, *Caminos Escolares Seguros* aparece como una estrategia que no solo ordena un problema puntual, sino que ayuda a instalar una forma de mirar la ciudad desde las rutinas cotidianas y desde las necesidades de las niñeces.

4. EL PROYECTO CAMINOS ESCOLARES SEGUROS

El componente *Caminos Escolares Seguros* es una línea de trabajo que el Ministerio de Ambiente y Cambio Climático impulsa en conjunto con el Ministerio de Educación y los

gobiernos locales, con un objetivo muy concreto: mejorar las condiciones de acceso a las escuelas y promover que caminar y usar la bicicleta puedan ser opciones posibles, seguras y cotidianas para estudiantes y familias.

El programa parte de una premisa sencilla: para que la movilidad activa sea una alternativa real, no alcanza con "promoverla", sino que es necesario contar con entornos escolares ordenados, cruces seguros, veredas continuas y velocidades compatibles con la presencia de niñas, niños y adolescentes. Lo que se busca es que los municipios tengan información clara sobre lo que pasa en esos entornos y cuenten con herramientas simples para planificar mejoras.

En ese sentido, el programa combina tres dimensiones de trabajo:

• Diagnóstico de movilidad escolar, que permite conocer cómo viajan las niñas, niños y adolescentes, qué distancias recorren, cuánto tiempo les lleva llegar y cuánta autonomía tienen.

• Relevamiento territorial, donde se identifican las condiciones de infraestructura, puntos críticos, accesos y zonas de conflicto en horarios pico.

• Participación de la comunidad educativa (directivos, docentes, padres, madres, cuidadores, etc.) que aporta información cotidiana que no aparece en registros formales y ayuda a validar prioridades.

Como producto de este proceso, se elabora una hoja de ruta para los gobiernos locales, de manera que puedan ordenarse los problemas detectados, se describan sus posibles causas, se sinteticen la evidencia y se planteen opciones de mejora priorizadas. Esto facilita que los municipios y comunas puedan avanzar paso a paso, incluso con equipos técnicos pequeños o recursos limitados.

La lógica del programa no es imponer soluciones idénticas en todas las localidades, sino ofrecer una metodología replicable que pueda adaptarse a la escala y necesidades de cada territorio. De este modo, *Caminos Escolares Seguros* se convierte en una herramienta concreta para que las localidades de Santa Fe incorporen la movilidad escolar dentro de su agenda de planificación urbana y de sus políticas de movilidad sustentable.

Metodología implementada

La metodología que se utiliza en *Caminos Escolares Seguros y Sustentables* combina análisis territorial, participación comunitaria y herramientas de gestión que permiten pasar del diagnóstico a acciones concretas. Es un proceso ordenado, pero lo suficientemente flexible como para adaptarse a realidades muy distintas entre sí.

La secuencia general incluye cinco componentes:

1. Relevamiento territorial y observación en campo: Se realiza un recorrido por los entornos educativos para identificar cómo se mueven las y los estudiantes, qué

conflictos aparecen en horarios de ingreso y egreso, y cuáles son las condiciones reales de infraestructura. Esto incluye continuidad de veredas, puntos de cruce, señalización, rampas, iluminación y velocidades de tránsito.

La observación directa permite ver situaciones que no aparecen en planos ni en bases oficiales: ascensos y descensos desordenados, congestión puntual, maniobras riesgosas o dificultades específicas para estudiantes con movilidad reducida.

2. Encuestas y caracterización de la movilidad escolar: Las encuestas a estudiantes, familias y equipos escolares permiten conocer cómo viven esos desplazamientos: en qué modos viajan, cuánto tiempo tardan, qué distancias recorren y cuánta autonomía tienen.

Esta información complementa el relevamiento territorial y aporta datos que ayudan a entender por qué las familias y las y los estudiantes eligen determinados modos y qué cambios serían posibles si mejoran las condiciones del entorno.

3. Mapeo de puntos críticos y análisis espacial: A partir del relevamiento y las encuestas se identifican zonas donde se concentran problemas o riesgos. Esto incluye cruces peligrosos, esquinas con mala visibilidad, faltantes de demarcación, rampas mal construidas o inexistentes, veredas deterioradas o situaciones específicas detectadas por las escuelas. En esta etapa se construyen mapas temáticos y recorridos escolares, que permiten visualizar patrones y orientar prioridades.

4. Participación y validación con la comunidad educativa: Las reuniones con docentes, directivos y familias permiten contrastar la información técnica con la experiencia cotidiana. Muchas veces, lo más valioso aparece en estos espacios: recorridos que no estaban previstos, dificultades que se repiten, situaciones de inseguridad no registradas formalmente o pequeñas acciones de bajo costo que pueden generar cambios inmediatos.

5. Elaboración de fichas de intervención: Las fichas son una parte central de la metodología porque permiten traducir toda la información reunida en una hoja de ruta que los municipios pueden usar para planificar mejoras.

Cada ficha incluye:

• el problema detectado,

• su causa probable,

• las evidencias relevadas,

• el tipo de acción sugerida,

• nivel de prioridad,

• posibles responsables y tiempos de ejecución.

Aplicación territorial

La implementación del proyecto en San Vicente y Armstrong se realizó junto al IET-UNR y el CeTRAM-UTN, lo que permitió combinar el trabajo técnico con la mirada cotidiana de las escuelas y los municipios. En ambas localidades el proceso tuvo muy buena recepción: las instituciones se involucraron desde el inicio, acompañaron la difusión y la respuesta a las encuestas fue alta, lo que permitió construir un diagnóstico sólido sobre cómo se mueven las y los estudiantes.

Los datos de ambos territorios muestran un patrón consistente: una proporción importante del estudiantado llega caminando o en bicicleta, especialmente en primaria y secundaria. También aparece en los dos casos que las distancias y los tiempos de viaje son, en su mayoría, cortos, lo que hace que caminar o usar la bicicleta sean modos que podrían profundizarse sin mayor dificultad. Sin embargo, tanto en San Vicente como en Armstrong surgieron percepciones claras de inseguridad vinculadas a la infraestructura y a la convivencia con autos y motos en horarios pico.

El relevamiento territorial reflejó situaciones muy similares: tramos con veredas interrumpidas o en mal estado, cruces que generan dudas, alta presencia de vehículos estacionados en las puertas de las escuelas, motos circulando entre autos y sectores con iluminación insuficiente. Si bien estas condiciones no impiden moverse caminando o en bicicleta, sí generan un entorno que, desde la perspectiva de las familias, no siempre es el ideal para que niñas, niños y adolescentes se trasladen con mayor autonomía.

Las encuestas mostraron con claridad que, aun cuando los viajes son cortos, no todas las familias se sienten seguras para dejar que niñas y niños vayan solos, especialmente en los niveles iniciales y primeros grados de primaria. También se observó que la bicicleta tiene un uso importante —especialmente en secundaria— pero aparece condicionada por la falta de infraestructura que acompañe ese modo.

El análisis espacial permitió identificar los tramos más densos de los recorridos escolares: calles que concentran la mayor cantidad de desplazamientos y que, por lo tanto, se vuelven puntos estratégicos para ordenar. A partir de ese mapeo surgieron acciones concretas y posibles para cada municipio: refuerzo de cruces, mejoras puntuales en veredas, ordenamiento del ascenso y descenso, señalización más clara y medidas de pacificación en los horarios de entrada y salida.

Las escuelas tuvieron un rol muy activo en todo el proceso: acompañaron la difusión de las encuestas, aportaron información sobre situaciones cotidianas y llevaron adelante actividades internas vinculadas a la movilidad activa y la organización de los accesos. Ese nivel de compromiso fue clave para validar los diagnósticos y construir una lectura territorial compartida.

El trabajo conjunto con el IET y el CeTRAM permitió traducir toda esta información en fichas de intervención, que organizan los problemas detectados, alinean las prioridades y ofrecen a los municipios una hoja de ruta clara y adaptable a sus posibilidades. Las fichas recuperan lo que efectivamente aparece en los datos y en la experiencia de cada localidad, lo que facilita que los gobiernos locales puedan tomar decisiones informadas y avanzar sin perder continuidad.

Principales aprendizajes

El trabajo realizado en las localidades de San Vicente y Armstrong permitió ordenar y poner en evidencia cuestiones que estaban presentes en la vida cotidiana de las escuelas, pero que no siempre se habían sistematizado. Uno de los aprendizajes más claros es que la movilidad escolar tiene un potencial real para reforzar la caminata y el uso de la bicicleta, porque las distancias y los tiempos acompañan esa posibilidad. Pero para que eso suceda es necesario que los entornos escolares sean más previsibles, con cruces Sseguros, menor presencia de autos detenidos en horarios pico y recorridos que transmitan seguridad a las familias.

También quedó claro que la percepción de inseguridad no se explica solo por la infraestructura, sino por la convivencia entre autos, motos y estudiantes, especialmente en horarios de entrada y salida. Esto refuerza la importancia de ordenar esos momentos y de acompañar con medidas simples que pueden implementarse rápidamente desde los municipios.

Otro aprendizaje importante es el valor de contar con información integrada. La combinación de encuestas, mapeos, recorridos y observación en campo permitió construir una lectura compartida entre escuelas y gobiernos locales. Esto facilitó que las fichas se transformaran en una herramienta concreta para priorizar acciones, organizar intervenciones y sostener decisiones más allá de lo coyuntural.

Finalmente, la participación de las escuelas fue central para que el proceso tenga sentido. Su involucramiento ayudó a validar la información, visibilizar situaciones que no estaban registradas y sumar acciones internas que fortalecen la movilidad activa.

5. CONCLUSIONES

Las experiencias de San Vicente y Armstrong muestran que trabajar sobre los caminos escolares no es sólo un ejercicio de diagnóstico, sino una forma concreta de instalar la movilidad escolar como tema de gestión local. El proceso permitió pasar de percepciones generales a información ordenada, utilizable y vinculada a decisiones posibles, algo que no es menor en municipios con equipos reducidos y múltiples demandas simultáneas.

El uso de fichas como herramienta de síntesis y priorización demostró ser una pieza clave del enfoque. Más que un producto técnico, funcionan como un soporte de gestión: ayudan a decidir por dónde empezar, qué puede resolverse con acciones de bajo costo y qué requiere una planificación más estructural. También permiten mantener un hilo de continuidad cuando cambian autoridades o equipos, algo frecuente en los gobiernos locales.

Otro elemento que deja el proyecto es la validación de una forma de trabajo basada en la articulación: entre provincia y municipios, entre áreas de ambiente, transporte y educación, y entre equipos técnicos y comunidad educativa. Esa trama de actores es la que hace posible que los resultados trasciendan el momento del diagnóstico y se transformen en intervenciones concretas en el territorio.

Finalmente, el programa abre una línea clara para seguir profundizando la movilidad sustentable en Santa Fe: incorporar de manera sistemática la movilidad escolar en la planificación urbana, sostener el acompañamiento técnico a los gobiernos locales y aprovechar el potencial que ya existe en las localidades para caminar y usar la bicicleta.

6. BIBLIOGRAFIA

Fundación Bloomberg / Vital Strategies (2022). School Zones: Guidelines for Safe Access.

ITDP (2020). Caminos Escolares Seguros: herramientas de diagnóstico y acción.

European Cyclists' Federation (2022). Cycling to School: Policy Guidance for Local Governments.

Gobierno Vasco (2017). Caminos Escolares: guía para su diseño y gestión.

UNICEF (2018). Shaping Urbanization for Children. UNICEF.

UN-Habitat (2020). Streets for Life: Safe and Inclusive Streets for Children. UN-Habitat.

A INEFICIÊNCIA DO TRANSPORTE PÚBLICO E A GERAÇÃO DE INJUSTIÇAS SOCIOESPACIAIS NA COHAB, RECIFE, PERNAMBUCO

Rafaella Paula Palmeira dos Santos
Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, rafaella.psantos@ufpe.br

Cleber Veras Pacheco da Silva
Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, cleber.pacheco@ufpe.br

Leonardo Herszon Meira
Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil, leonardo.meira@ufpe.br

RESUMEN

O transporte público nas cidades em desenvolvimento transcende a mera mobilidade, configurando-se como um fator crucial de inclusão social e crescimento econômico, sendo o único meio de acesso a oportunidades essenciais para grande parte da população. No entanto, a fragilidade das políticas e o desenho urbano reforçam uma dualidade que perpetua a privação e a exclusão social, materializando- se na distância física entre grupos e limitando o acesso a oportunidades, visto que a acessibilidade é frequentemente negligenciada na avaliação de projetos (Tomasiello, 2020). À vista disso, este estudo se concentra no bairro da Cohab, uma área densamente povoada e de baixa renda na zona sul do Recife com conexões de deslocamento limitadas, para analisar como a precariedade do transporte intensifica desigualdades socioespaciais. O objetivo é evidenciar o grau de acessibilidade da Cohab e as desigualdades associadas à qualidade e eficiência do sistema, defendendo a mobilidade como direito social estruturante e propondo estratégias de melhoria que alinhem o sistema de transporte aos objetivos de inclusão social e desenvolvimento urbano sustentável.

1. INTRODUÇÃO

Nas cidades em desenvolvimento, o transporte público é um fator de inclusão social e crescimento econômico, sendo o único meio de acesso a empregos, educação e serviços essenciais para grande parte da população (Pojani e Stead, 2015). No entanto, essas metrópoles manifestam uma dualidade onde a concentração de oportunidades coexiste com sua negação. Como Carlos (2020) aponta, o desenho urbano frequentemente reforça a privação e a exclusão, materializando-se na distância física e simbólica entre grupos sociais e transformando-se em um mecanismo de segregação.

É essencial compreender que a relação entre mobilidade urbana e o processo de bem-estar social exige reconhecer a mobilidade como um elemento indissociável da vida humana em sociedade, podendo representar maiores ou menores riscos de adoecimento, dependendo de onde as pessoas residem e de como se deslocam (Delduque et al., 2023). Ademais, o direito de ir e vir constitui um pilar fundamental para a realização das atividades cotidianas e para o exercício pleno da cidadania.

Em países em desenvolvimento, o acesso equitativo à mobilidade enfrenta barreiras, agravadas por fatores políticos que moldam a acessibilidade urbana. Meira (2013) aponta que aspectos políticos, econômicos e técnicos favorecem a classe média usuária do automóvel, enquanto mantêm a população dependente do transporte público em condições precárias. Para Litman (2025), incorporar as demandas da comunidade é fundamental para que o planejamento supere a eficiência técnica e promova justiça social. Assim, o foco urbano no automóvel reforça dependência veicular, expansão desordenada e precariedade dos serviços coletivos.

À vista disso, a cidade do Recife, capital do estado de Pernambuco, no Brasil, reflete um histórico de segregação e disparidades socioespaciais. Conforme aponta Sales (2013), sua política de mobilidade urbana é resultado de um processo histórico, moldado por negociações em um contexto social complexo. Ademais, como destacam Ferreira e Ferreira (2019), o planejamento urbano local ainda segue uma lógica que privilegia o automóvel individual, em detrimento de soluções voltadas ao transporte multimodal e à ampliação da acessibilidade. Assim, compreender essa conjuntura social demanda não apenas a análise de sua dimensão técnica, mas também o entendimento de que a política pública representa uma forma de intervenção nas relações sociais.

O estudo visa analisar como a fragilidade das políticas públicas de transporte intensifica desigualdades sociais e limita o acesso a oportunidades, defendendo a mobilidade como um direito social estruturante, especialmente quando a acessibilidade é negligenciada na avaliação de projetos (Tomasiello, 2020). Para tal, o artigo se concentra no bairro da Cohab, uma área densa e de baixa renda na zona sul do Recife com conexões limitadas, buscando revelar seu grau de acessibilidade por transporte público. O objetivo é evidenciar as desigualdades socioespaciais associadas à qualidade e eficiência do sistema, propondo, por fim, estratégias de melhoria que promovam a inclusão social.

1.1 Acessibilidade Urbana

A acessibilidade urbana se distingue fundamentalmente da mobilidade, que foca na velocidade e distância percorrida. Enquanto a mobilidade é o meio, a acessibilidade

é o objetivo final do sistema de transporte, representando a facilidade com que os indivíduos conseguem alcançar lugares, bens, serviços e atividades essenciais. Este conceito é crucial, pois articula como as políticas de transporte interagem com o uso do solo para impactar o potencial de acesso a oportunidades (Pereira et al., 2020).

Desse modo, a acessibilidade se opõe às políticas que adotam um enfoque meramente quantitativo na mobilidade (visando apenas aumentar a velocidade ou diminuir o congestionamento), pois está intrinsecamente ligada à quantidade de empregos e oportunidades que podem ser alcançadas dentro de um custo de viagem razoável, reforçando que a facilidade de alcançar o local de destino é a meta final do sistema (Pereira e Herszenhut, 2023;).

Segundo Geurs e Van Wee (2004), a acessibilidade é um conceito multidimensional que depende da interação entre quatro componentes: o uso do solo, que define a distribuição e qualidade das oportunidades; o transporte, que envolve o tempo, custo e esforço para alcançar os destinos; o terceiro é o componente temporal, ncluindo a disponibilidade de oportunidades em diferentes horários do dia e o tempo que os indivíduos têm para participar de determinadas atividades; e o componente individual, que abrange suas condições pessoais e capacidades de deslocamento. Essa abordagem amplia a visão tradicional da mobilidade, mostrando que a acessibilidade deve ser avaliada de forma integrada, considerando fatores sociais, espaciais e temporais essenciais para a equidade urbana.

No tocante à acessibilidade urbana, a prioridade histórica dada ao transporte individual e a negligência com o sistema coletivo resultam em uma iniquidade da acessibilidade que segrega, excluindo cidadãos que dependem de um transporte público ineficaz (Araújo et al., 2011). Essa iniquidade é acentuada pela inadequação da oferta de serviços e pelas altas tarifas em áreas periféricas, opondo-se ao conceito de acessibilidade, que deve ser o foco das políticas públicas como tradutor do objetivo final dos deslocamentos na cidade. A concentração de investimentos em infraestrutura nas áreas centrais exacerba o problema, criando uma disparidade de acesso que estimula ainda mais o uso do transporte individual.

1.2 Transporte Público como Vetor de Acessibilidade

Globalmente, o planejamento de transportes tem se transformado, passando de uma abordagem focada na fluidez veicular para uma perspectiva orientada à acessibilidade, que reconhece o propósito fundamental do sistema: garantir que todas as pessoas, independentemente de sua renda ou localização, alcancem as oportunidades urbanas (Tiznado-Aitken et al., 2021). Nessa visão, o transporte público emerge como instrumento central de equidade e sustentabilidade urbana, pois é o principal meio de acesso para a maior parte da população, e sua capacidade de facilitar o alcance aos destinos é um elemento-chave para o desenvolvimento de cidades mais justas e inclusivas (Ravensbergen et al., 2022; Tiznado-Aitken et al., 2021).

Entretanto, a influência da acessibilidade no uso do transporte coletivo é mais acentuada e complexa entre a população de baixa renda, especialmente nas grandes metrópoles, onde os padrões de segregação espacial limitam as oportunidades de

deslocamento (Cui et al., 2020). Nessas áreas, a distância entre moradia e emprego, associada à ineficiência dos serviços de transporte, intensifica processos de exclusão social e territorial. Reconhecendo essa realidade, diversas agências de transporte têm incorporado planos de equidade baseados em acessibilidade, o que tem mostrado resultados positivos na ampliação da adesão ao transporte público (Cui et al., 2020).

Adotar uma abordagem de planejamento focada na acessibilidade, portanto, amplia o leque de soluções possíveis para os desafios do setor de transportes (Litman, 2025). Essa visão entende o transporte não apenas como um meio de deslocamento, mas como um instrumento de integração urbana e de democratização das oportunidades (Saif et al., 2019). Superar essa limitação é essencial para que o transporte público atue, de fato, como vetor de inclusão social e de reequilíbrio das desigualdades socioespaciais, sobretudo em contextos periféricos como o da Cohab, no Recife.

2. METODOLOGIA

O presente estudo adota uma abordagem metodológica voltada para mensurar e avaliar as disparidades na acessibilidade ao transporte público em Recife. A pesquisa utiliza dados secundários de fontes oficiais e abertas, incluindo indicadores de acessibilidade e emprego do IPEA, informações socioeconômicas do Censo do IBGE e dados sobre a infraestrutura de transporte coletivo, como linhas e pontos de metrô (Geofabrik) e ônibus (Grande Recife Consórcio de Transporte). Além disso, foram incorporadas informações sobre a infraestrutura destinada aos modos ativos, obtidas no portal Mobilidados.org.br (Ciclomapa).

O elemento-chave na análise metodológica incorpora o componente geográfico do espaço urbano. Assim, todos os dados de infraestrutura e das linhas de transporte foram processados e analisados utilizando o software QGIS (Quantum Geographic Information System), sendo esse um sistema de informação geográfica para mapeamento e análise espacial. Essa ferramenta de geoprocessamento permitiu realizar o mapeamento e a sobreposição de camadas para estabelecer um panorama comparativo da acessibilidade urbana, relativo às suas infraestruturas, confrontando as condições da Cohab com os outros bairros.

A escolha da amostra de oito bairros adensados, como demonstra a figura 1 (Cohab, Boa Viagem, Imbiribeira, Água Fria, Cordeiro, Casa Amarela, Campo Grande e Afogados), foi estratégica e metodologicamente direcionada a garantir a clareza dos contrastes de localização e infraestrutura. Essa amostra permitiu a comparação entre grupos distintos: bairros de baixa renda e infraestrutura precária (Cohab, Água Fria), em zoas opostas, baixa renda com alta infraestrutura (Afogados, Imbiribeira), e renda média-alta com localização central (Casa Amarela, Campo Grande, Cordeiro e Boa Viagem).

O bairro de Cohab foi selecionado como foco de estudo devido à sua alta densidade demográfica, predominância de baixa renda, conforme se verifica na tabela 1 abaixo, e dependência do transporte coletivo, representando um exemplo de segregação socioespacial e negação do direito igualitário à oportunidade de emprego.

Figura 1- Mapa de Localização dos Bairros Selecionados para Análise em Recife

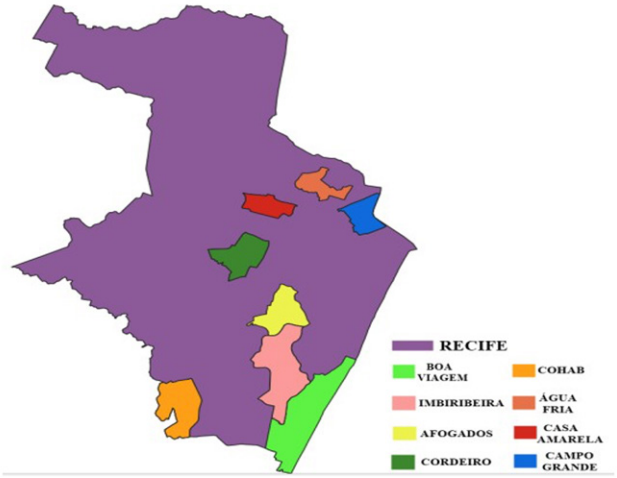


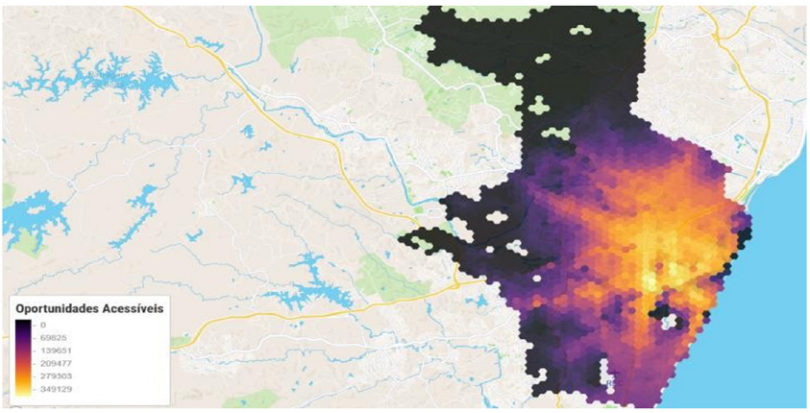
Tabela 1- Dados Sócio-geográficos dos Bairros: População e Renda por Domicílio

Bairro	Cohab	Boa Viagem	Imbiribeira	Água Fria	Cordeiro	Casa Amarela	Campo Grande	Afogados
Área (km2)	4,35	8,33	6,66	1,93	3,39	1,88	2,21	3,38
População	62.632	125.805	52.158	39.012	37.660	32.450	31.783	31.457
Renda por domicilio	R$ 2.739,89	R$ 16.470,44	R$ 4.885,61	R$ 2.757,25	R$ 6.517,57	R$ 9.817,13	R$ 4.940,21	R$ 3.581,93

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de IBGE.

A espinha dorsal da análise reside na extração do índice de Acessibilidade Cumulativa Ativa da plataforma do IPEA, considerando o trabalho total (empregos com níveis de escolaridade variados). Este índice, segundo Pereira et al. (2022), é uma métrica desenvolvida para estimar o número de oportunidades acessíveis a partir de um ponto geográfico, dentro de um tempo determinado e utilizando um meio de transporte específico. Os dados são expressos em uma grade espacial de hexágonos, cobrindo toda a cidade do Recife, onde cada célula possui uma área de 0,11 km^2, conforme ilustrado na Figura 2. O uso dessa estrutura topológica hexagonal é vantajoso para o estudo de fenômenos espaciais, pois otimiza a compreensão dos resultados e garante uma divisão espacial eficiente dos dados dos municípios.

Figura 2- Mapa de hexágono de acessibilidade cumulativa ativa às na cidade do Recife



Fonte: Elaborada pelos autores a partir de IPEA.

A métrica central é a medida cumulativa ativa que, de acordo com o autor, é expressa pelas equações (1) e (2) a seguir:

$$CA_{io} = \sum_{j=1}^{n} 0_j \, x \, f(t_{ij}) \qquad (1)$$

$$f(t_{tij}) = 1, \, set_{ij} \leq T \, ; \, 0 \, , \, set_{ij} > T \, , \qquad (2)$$

Na qual: CAio é acessibilidade cumulativa ativa a partir da origem i a oportunidades do tipo o; n é o total de destinos na área de estudo; Oj é o número de oportunidades do tipo o no destino j.

Segundo Pereira e Herszenhut (2023), a acessibilidade cumulativa ativa, por ser uma medida baseada em lugares, pressupõe condições uniformes de acesso dentro de cada área de hexágono analisada, sendo sensível à distribuição espacial das oportunidades e ao desempenho da rede de transportes, mas sem considerar fatores individuais como renda ou condição física. Trata-se, portanto, de um indicador de potencial que avalia quantas oportunidades são acessíveis a partir de um ponto, dado um limite específico de deslocamento.

3. RESULTADOS

A análise dos dados de acessibilidade está expressa na tabela 2 a seguir, na qual se exprime a média de indicadores de acessibilidade de todos os hexagonos analisados por bairro, contemplando três tempos de deslocamento para o transporte público (30, 60 e 90 minutos) e bicicleta (15, 30 e 45 minutos), além do tempo de 30 minutos para o carro.

Tabela 2-Média da Acessibilidade ao Trabalho em Diferentes Modos e Janelas de Tempo

		Cohab	Boa Viagem	Imbiribeira	Água Fria	Cordeiro	Casa Amarela	Campo Grande	Afogados
Modo	**Tempo**								
Transporte Público	30min	2766	44890	31680	16760	21817	40677	27019	29359
	60min	20145	110686	181610	164924	213293	204889	208468	274348
	90min	153817	296557	352488	292700	357670	326806	313775	401785
Carro	30min	175572	354182	393731	329698	414569	338512	396487	411977

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tal análise explicita a hipótese de injustiça socioespacial no bairro de Cohab, visto que em um período de 30 minutos, o morador da Cohab acessa apenas 2.766 empregos. Essa acessibilidade é significativamente menor que a de Afogados (29.359 empregos),

Imbiribeira (31.680 empregos) e até mesmo Água Fria (16.760 empregos), apesar de este possuir renda por domicílio similar à Cohab (R$ 2.739,89). Em 60 minutos, Cohab acessa apenas 20.145 empregos, valor que é superado por 6 outros bairros da amostra, em 30 minutos, ou seja, metade do tempo. Tais dados demonstram que, mesmo dedicando o dobro do tempo de viagem, ainda permanece em condição de desvantagem no acesso a oportunidades. Em termos de acessibilidade, Cohab atinge apenas 6,16% do potencial de Boa Viagem , um bairro de renda significativamente superior.

Da mesma forma, o padrão se estende para 90 minutos, mesmo nesse limite temporal, a Cohab não consegue superar a acessibilidade que a maioria dos outros bairros atinge em apenas 60 minutos. Para exemplificar, Imbiribeira (181.610 empregos) e Casa Amarela (204.889 empregos). A baixa acessibilidade da Cohab em todos os horizontes temporais (30, 60 e 90 minutos) prova que sua localização periférica, somada à ausência de infraestrutura de alta capacidade (Metrô/BRT), como se demosntra na tabela 3, e à ineficiência das linhas, resulta em uma privação contínua de oportunidades que se mantém independentemente do tempo que o morador está disposto a investir em deslocamento.

Tabela 3- Infraestrutura de Transporte Público e Modos Ativos por Bairro

	Cohab	Boa Viagem	Imbiribeira	Água Fria	Cordeiro	Casa Amarela	Campo Grande	Afogados
Linha de metrô	Não possui	1 estação	Possui com 4 estação	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui	2 linhas de metro: 3 estações
Integraç ão de ônibus	Não possui	Não possui	Integrado ao metrô	Não possui	Possui	Não possui	Não possui	Integrado ao metrô
BRT	Não possui	Não possui	Não possui	Não possui	Possui	Não possui	Não possui	Não possui
Pontos de ônibus	72	109	87	48	84	72	49	29

Fonte: Elaborada pelos autores.

Analisando a tabela 3 e a tabela 4, observa-se que a ineficiência do TP na Cohab não reside na ausência de linhas, mas em sua baixa capacidade estrutural e de conexão. Enquanto a Cohab dispõe de 13 linhas de ônibus que acessam apenas 9 bairros, bairros como Afogados e Imbiribeira demonstram uma capacidade de interligação superior: Afogados possui 21 linhas (61% a mais) e acessa 29 bairros (mais de três vezes a Cohab), e Imbiribeira conta com 24 Linhas (85% a mais), alcançando 23 bairros. Essa disparidade comprova que a infraestrutura da Cohab falha em promover uma rede de destinos diversificada. Ademais, a precariedade é sublinhada pela baixa densidade de pontos de ônibus por área (16,55 pontos/km^2), um índice que se torna ilógico em um bairro dependente do TP e sem modais de alta capacidade. Em contraste, bairros com densidade similar como Boa Viagem (13,08), Afogados (8,57) e Imbiribeira (13,06) são compensados por menor dependência ao TP ou pela ligação direta com o Metrô, o que demonstra a negligência do planejamento em fornecer até mesmo a infraestrutura básica.

Tabela 4- Características da Rede de Transporte Coletivo por Bairro

	Cohab	Boa Viagem	Imbiribeira	Água Fria	Cordeiro	Casa Amarela	Campo Grande	Afogados
Linhas de Ônibus	13	14	24	3	14	3	11	21
Bairros na qual as linhas dispõe acesso	9	19	23	12	21	16	18	29
Pontos de ônibus por área em km2	16,55	13,08	13,06	24,87	24,79	38,29	22,17	8,57

Fonte: Elaborada pelos autores.

Assim sendo, a diferença na acessibilidade está, portanto, inequivocamente ligada à presença de infraestrutura de alta capacidade, e não primariamente à renda. Afogados, com renda por domicílio ligeiramente superior à Cohab, mas com perfil socioeconômico de vulnerabilidade semelhante, demonstra uma realidade de oportunidades radicalmente melhor. Sua maior conectividade é resultado direto da integração com duas linhas de Metrô e de linhas troncais mais eficientes, o que resulta em uma acessibilidade de 29.359 empregos em 30 minutos por TP, aproximadamente dez vezes maior do que os 2.766 empregos acessíveis na Cohab no mesmo tempo.

Ademais, com o objetivo de quantificar o custo social do planejamento desigual, desenvolve-se um índice de iniquidade na acessibilidade a empregos, evidenciando como o modelo atual impacta desproporcionalmente a população mais vulnerável. O cerne desta análise reside em uma razão de acessibilidade entre carro em 30 min e TP em 30 min, um indicador que mede quantas vezes mais oportunidades um morador com automóvel individual acessa em 30 minutos do que um morador dependente do transporte público.

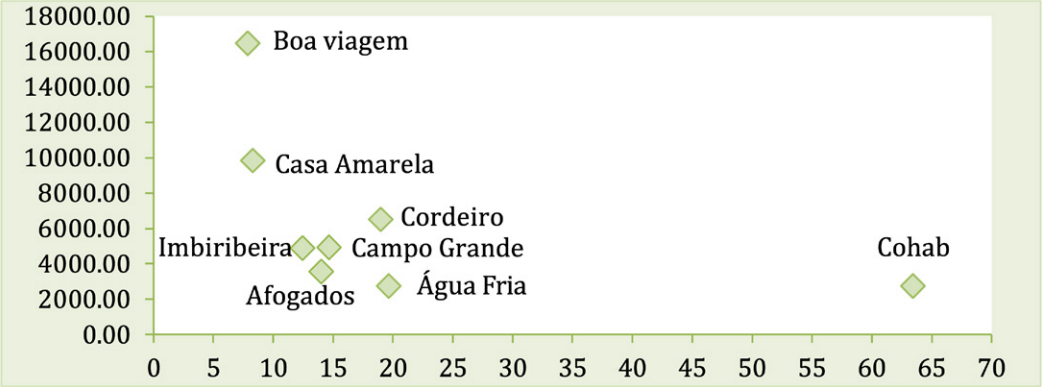
Tabela 5- Índice de Iniquidade na Acessibilidade: (Carro/TP) em 30 Minutos

Cohab	Boa Viagem	Imbiribeira	Água Fria	Cordeiro	Casa Amarela	Campo Grande	Afogados
63,48	7,89	12.43	19,67	19	8,32	14,67	14,03

Fonte: Elaborada pelos autores.

Assim sendo, a ineficiência do sistema coletivo na Cohab é amplificada pela superioridade do modo individual. A acessibilidade por carro em 30 minutos na Cohab supera a do TP no mesmo período em uma razão de 63,48, um índice de dependência veicular mais de oito vezes maior do que o observado em Boa Viagem (7,89). Essa assimetria força o morador da Cohab a arcar com um custo temporal e financeiro desproporcional para acessar as mesmas oportunidades que um morador de renda mais alta, perpetuando o ciclo de exclusão.

Figura 3- Relação entre Renda por Domicílio e Razão de Acessibilidade



Fonte: Elaborada pelos autores

A síntese visual dessa iniquidade é demonstrada no gráfico de dispersão a seguir, que cruza essa razão com a renda por domicílio, evidenciando que o ônus da falha de planejamento urbano recai desproporcionalmente sobre a população de baixa renda. A posição da Cohab no gráfico, isolada na extremidade direita inferior, evidencia o ápice dessa iniquidade. Isso constata que, na Cohab, a desvantagem da baixa renda (que impede o uso do carro) é somada à ineficiência do transporte público, tornando-o o bairro com a maior dependência forçada do automóvel.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo revelou que a ineficiência do transporte por ônibus na Cohab atua como um fator de injustiça socioespacial, restringindo o acesso a empregos, educação e serviços, e negando o pleno exercício da cidadania. O bairro apresentou a maior disparidade entre modos de transporte (63,48) e a menor renda da amostra (R$ 2.739,89), evidenciando uma dupla penalidade decorrente de sua localização periférica e da falta de infraestrutura de alta capacidade. Diferente de bairros mais conectados, como Afogados e Imbiribeira, ou centrais, como Casa Amarela e Campo Grande, a Cohab não possui vantagens compensatórias, fazendo com que seus moradores gastem até 90 minutos de deslocamento para atingir níveis de acessibilidade que outros bairros alcançam em 60, perpetuando o ciclo de exclusão social.

Em suma, para reverter o quadro de injustiça socioespacial evidenciado na Cohab, as políticas públicas de transporte devem migrar de um enfoque na fluidez veicular para uma perspectiva orientada à acessibilidade , reconhecendo o transporte como um instrumento de integração urbana e democratização de oportunidades. Sugere- se a implementação de infraestrutura de alta capacidade (como BRT ou VLT) ligando a Cohab ao centro da cidade, replicando a conectividade observado em bairros como Afogados. Além disso, é crucial aumentar significativamente a diversificação de destinos acessíveis pelas linhas de ônibus, e não apenas a quantidade de linhas, e elevar a densidade de pontos de ônibus em áreas dependentes do transporte público. Criticamente, a falha do planejamento em Recife tem sido a negligência em avaliar projetos pela métrica de acessibilidade, o que perpetua a exclusão. A verdadeira melhoria exige incorporar

as demandas da comunidade no planejamento e reconhecer que a acessibilidade é o objetivo final do sistema de transporte, articulando o uso do solo com o potencial de acesso a oportunidades para todos os cidadãos.

5. REFERÊNCIAS

Aráujo, M. R. M., Oliveira, J. M., Jesus M. S. de, Sá, N. R. de, Santos, P. A. C. dos, Lima, T. C. (2011) Transporte píblico coletivo: discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de visa. Psicologia ; Ciência e Profissão, v.31, n.4, p. 772-785

Carlos, A. F. A. (2020) Segregação socioespacial e o "direito à cidade". Geousp – Espaço e Tempo (On-line), v. 24, n. 3, p. 412–424.

Cui, B., G. Boisjoly; L. Miranda-Moreno e A. El-Geneidy (2020) Accessibility matters: Exploring the determinants of public transport mode share across income groups in Canadian cities. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 80, 102276. DOI: https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102276.

Delduque, M. C.; Silva, S. V.; Dall'Alba, R. (2023) Urban mobility and the social determination of health: a reflection. Saúde e Sociedade, v. 32, supl. 1, e220928en. DOI: https://doi.org/10.1590/S0104-12902023220928en.

Ferreira, A.; Ferreira, E. (2019) As contradições do planejamento urbano e os desafios da mobilidade no Recife. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, v. 21, n. 3, p. 483–501.

GEOFABRIK GMBH. (2025) Download OpenStreetMap for Brazil. Geofabrik Download Server. Disponível em: https://download.geofabrik.de/south-america/brazil.html. Acesso em: [Data da consulta].

INSTITUTO DE POLÍTICAS DE TRANSPORTE E DESENVOLVIMENTO (ITDP BRASIL). (2025)

MobiliDADOS. disponível em https://mobilidados.org.br/. Acesso em: [Data da consulta].

Litman, T. (2025). Evaluating Accessibility for Transport Planning: Measuring People's Ability to Reach Desired Services and Activities. Victoria Transport Policy Institute.

Meira, L. H. (2013) Políticas públicas de mobilidade sustentável no Brasil: barreiras e desafios. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Pereira, R. H. M., BRAGA, C. K. V., SERRA, B., NADALIN, V. G. (2020) Desigualdades Socioespaciais de Acesso a Oportunidades nas Cidades Brasileiras - 2019. Texto para Discussão, n. 2535. Brasília: Ipea. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes.

Pereira, R. H. M., BRAGA, C. K. V., HERSZENHUT, D., SARAIVA, M., TOMASIELLO, D. B. (2022) Estimativas de acessibilidade a empregos e serviços públicos via transporte ativo, público e privado nas vinte maiores cidades do Brasil no período 2017-2019. Texto para Discussão, n. 2800. Brasília: Ipea.

Pereira, R. H. M. et al. (2021) Tendências e desigualdades da mobilidade urbana no Brasil I: o uso do transporte coletivo e individual. Ipea, Rio de Janeiro.

Pojani, D.; Stead, D. (2015) Sustainable urban transport in the developing world: beyond megacities. Sustainability, v. 7, n. 6, p. 7784–7805. Disponível em: https://www.mdpi.com/2071- 1050/7/6/7784.

Ravensbergen, L.; M. Van Liefferinge, I. Jimenez; M. Zhang e A. El-Geneidy (2022) Accessibility by public transport for older adults: A systematic review. Journal of Transport Geography, 103, Article 103408. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103408

Saif, M. A., Zefreh, M. M. & Torok, A. (2019). Public Transport Accessibility: A Literature Review. Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 47(1), 36-43. DIOI: https://doi.org/10.3311/PPtr.12072

Sales, R. S. F. (2013) Políticas públicas e sua implementação: um estudo de caso da Política de Mobilidade Urbana da Região Metropolitana do Recife. Dissertação (Mestrado em Administração). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Tiznado-Aitken, I.; J. C. Muñoz e R. Hurtubia (2021) Public transport accessibility accounting for level of service and competition for urban opportunities: An equity analysis for education in Santiago de Chile. Journal of Transport Geography, 90, Article 102919. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102919

Tomasiello, D. B. (2020) Modelagem dinâmica espacial das desigualdades de acessibilidade aos empregos. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MOBILIDADE ATIVA E DESIGUALDADE SOCIOESPACIAL: UMA ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO DAS ESTAÇÕES DO SISTEMA BIKE-PE EM RECIFE

Maurício Oliveira de Andrade / Rodrigo Juan Martins Cardozo
Instituição: universidade federal de pernambuco – ufpe, recife, pernambuco, brasil
rodrigo.juan@ufpe.br
mauricio.andrade@ufpe.br

Maria Eduarda Godoi da Costa
Agência de planejamento e pesquisa de pernambuco – condepe/fidem, recife, pernambuco, brasil - eduarda.godoi@ufpe.br

RESUMO

O presente trabalho analisa a distribuição espacial das estações do sistema de bicicletas compartilhadas Bike-PE na cidade do Recife, capital do Estado de Pernambuco, investigando sua relação com indicadores socioeconômicos dos bairros. A pesquisa baseia-se em dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e no mapeamento das estações, com o intuito de identificar desigualdades no acesso à mobilidade ativa. A análise revela que o sistema apresenta concentração significativa em áreas centrais e de maior renda, enquanto bairros periféricos e densamente povoados apresentam menor cobertura de estações. Essa configuração evidencia um padrão de desigualdade socioespacial na oferta do serviço e reforça a necessidade de políticas públicas voltadas à ampliação equitativa da infraestrutura cicloviária, de modo a garantir maior inclusão social e territorial no acesso à cidade.

1. INTRODUÇÃO

A mobilidade ativa, caracterizada pelos deslocamentos realizados através da força humana, especialmente caminhada e ciclismo, tem ganhado crescente relevância nas discussões sobre sustentabilidade urbana e qualidade de vida nas cidades (Batista *et al*, 2021). Os sistemas de bicicletas compartilhadas são uma alternativa promissora para promover a mobilidade sustentável, oferecendo uma opção de transporte limpa, acessível e que contribui para a redução do tráfego de veículos motorizados (Diogo, Pinto e Ribeiro, 2025).

No cenário brasileiro, a mobilidade urbana ainda é marcada pela predominância dos modos motorizados individuais, como automóveis e motocicletas, que juntos ultrapassam 33 milhões de deslocamentos. Em contrapartida, os modos ativos de transporte, como o caminhar e o pedalar, possuem participação expressivamente menor, com cerca de 12,4 milhões de deslocamentos a pé e 4,3 milhões por bicicleta (IBGE, 2022). Essa disparidade reflete não apenas a centralidade histórica do automóvel nas políticas de mobilidade, mas também a limitada infraestrutura destinada aos modos não motorizados: apenas 2,08% das vias brasileiras são sinalizadas para uso de bicicletas, o que restringe a segurança e a integração desse modal ao sistema urbano de transporte.

Em Recife, capital pernambucana, observa-se uma configuração semelhante à do cenário nacional. Em 2022, foram registrados 171,2 mil deslocamentos por automóvel e 171 mil por ônibus, enquanto 36,8 mil ocorreram por bicicleta (IBGE, 2022). A cidade apresenta 6,05% de vias sinalizadas para ciclistas, proporção superior à média brasileira (2,08%), porém concentrada em áreas centrais e de maior renda. Essa distribuição evidencia um padrão de mobilidade marcado por desigualdades socioespaciais e pela limitada integração entre os diferentes modais de transporte.

Nesse contexto, diversas cidades têm implementado sistemas de bicicletas compartilhadas como parte de suas estratégias de mobilidade urbana. O sistema Bike-PE, operante na Região Metropolitana do Recife desde 2011, representa uma dessas iniciativas, contando atualmente com 80 estações distribuídas entre Recife, Olinda e Jaboatão dos Guararapes, disponibilizando 800 bicicletas para uso público (Recife, 2024). Giuffrida, Pilla e Carroll (2023) destacam que a sustentabilidade social do ciclismo depende fundamentalmente da equidade no acesso aos sistemas de *bike sharing*.

Assim surge o objetivo principal deste estudo, apesar de ser apresentado como uma política de mobilidade urbana inclusiva, o sistema Bike-PE apresenta indícios de concentração espacial apenas em alguns bairros da cidade do Recife. Esta distribuição desigual das estações pode comprometer o caráter inclusivo da política pública, limitando o acesso à mobilidade ativa para uma parcela da população que reside em áreas periféricas da cidade.

O problema central desta pesquisa consiste em examinar a relação entre a distribuição espacial das estações do sistema Bike-PE e os indicadores socioeconômicos dos bairros de Recife, com o intuito de verificar se há uma concentração significativa dessas estações em áreas de maior renda. Essa possível concentração pode revelar um viés excludente na formulação e implementação da política de mobilidade urbana, ao

reforçar desigualdades socioespaciais e limitar o acesso equitativo à mobilidade ativa no território recifense.

Para isso busca-se analisar a distribuição espacial das estações do sistema Bike-PE nos bairros de Recife realizando assim: o mapeamento e a localização das estações Bike-PE por bairros de Recife; a identificação das características socioeconômicas dos bairros atendidos totalmente pelo sistema, parcialmente atendidos ou não atendidos; a análise da correlação entre presença de estações e indicadores de renda; e por fim a discutir as implicações da distribuição atual para a equidade no acesso à mobilidade ativa.

Assim o artigo se distribui em 5 sessões, além dessa introdução (Sessão 01), uma breve descrição do sistema Bike-PE (Sessão 02), a metodologia do estudo (Sessão 03), os resultados (Sessão 04) e por fim uma conclusão (Sessão 05).

2. A DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O Bike-PE constitui o sistema público de bicicletas compartilhadas implantado na cidade do Recife como parte das estratégias de incentivo à mobilidade urbana sustentável e de diversificação dos modais de transporte. Criado em 2017, o programa representa uma das principais iniciativas de integração entre políticas públicas e gestão privada na promoção do uso da bicicleta como meio de transporte alternativo, não motorizado e ambientalmente mais equilibrado.

A implantação do sistema foi conduzida pelo Governo do Estado de Pernambuco em parceria com a Prefeitura do Recife, com patrocínio do Itaú Unibanco e operação da empresa Tembici. Sua execução foi planejada de forma progressiva, alcançando, ao final do primeiro ano de funcionamento, 80 estações e 800 bicicletas distribuídas em diferentes áreas da cidade. Essa expansão inicial priorizou locais de grande circulação e relevância urbana, especialmente nas regiões centrais, turísticas e de maior renda, articulando-se com os eixos previstos no Plano Diretor Cicloviário da Região Metropolitana do Recife (PDC/RMR).

3. METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa baseou-se em análise descritiva e exploratória de dados secundários, seguindo uma abordagem quantitativa para investigar a distribuição espacial das estações Bike-PE e sua relação com características socioeconômicas dos bairros de Recife.

Os dados utilizados nesta pesquisa foram obtidos de duas fontes principais: o Portal de Dados Abertos da Cidade do Recife, para informações sobre localização e características das estações Bike-PE, e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para dados socioeconômicos e demográficos dos bairros. As informações sobre as estações Bike-PE incluíram código de identificação, nome, localização, capacidade, bairro de instalação, latitude e longitude. Os dados foram atualizados pela última vez em janeiro de 2024, garantindo a contemporaneidade da análise.

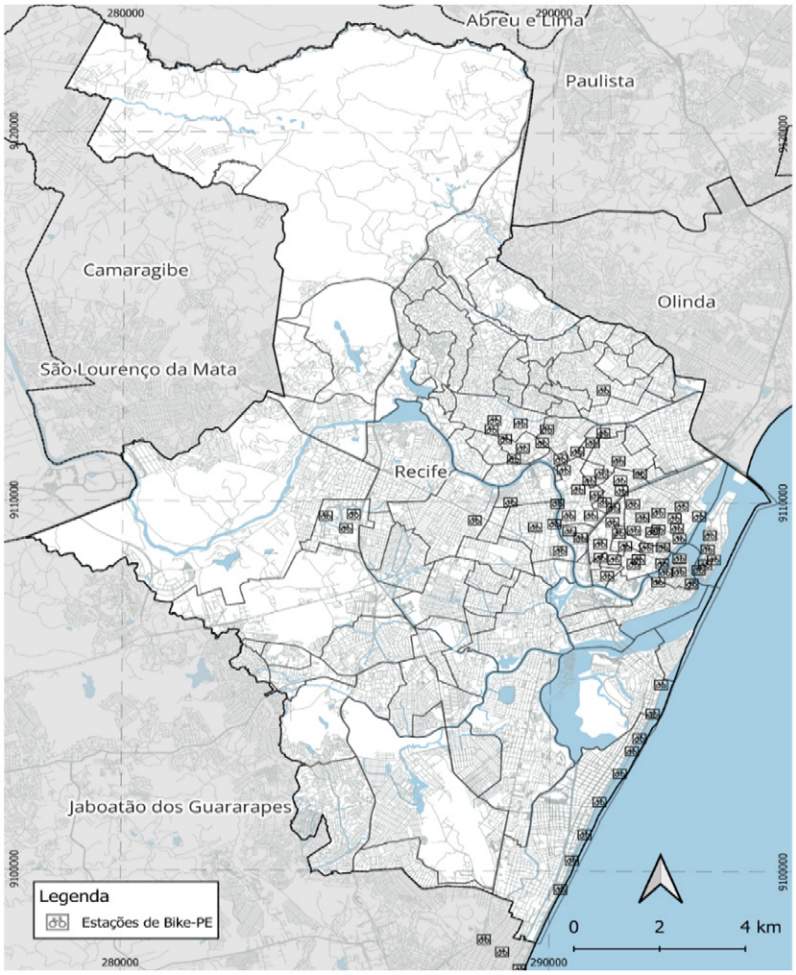
4. RESULTADOS

4.1 Distribuição espacial das estações do Bike-PE

A implantação do sistema de bicicletas compartilhadas Bike-PE na cidade do Recife revela aspectos importantes sobre a dinâmica da mobilidade urbana e sua relação com a desigualdade socioespacial. Este estudo examina como a distribuição das estações do sistema se articula com a renda média dos bairros, evidenciando possíveis disparidades no acesso a esse tipo de infraestrutura.

A análise espacial constitui o ponto de partida para compreender a lógica de implantação do sistema Bike-PE na cidade do Recife. O mapeamento das estações permite observar de que forma a infraestrutura se distribui no território e quais áreas foram priorizadas em sua implementação. A figura 1 apresenta um mapa da distribuição espacial das estações do Bike-PE na cidade do Recife, evidenciando sua concentração nas regiões centrais e litorâneas, especialmente nos bairros na Zona Sul da cidade como Boa Viagem, Pina, Boa Vista, Santo Amaro, Derby e Recife Antigo.

Figura 1 – Localização das estações do sistema Bike-PE na cidade do Recife



Fonte: Elaboração dos autores com base no Portal de Dados Abertos da Cidade do Recife. Estações de Bikes - BIKE PE. 2024.

Em contrapartida, observa-se uma escassez de estações nas zonas periféricas e de menor renda, como Ibura, Cohab, Guabiraba, Brejo da Guabiraba, Nova Descoberta e Dois Unidos, que concentram grande parte da população residente em áreas de vulnerabilidade. Essa configuração espacial sugere que o Bike-PE foi planejado de modo a atender prioritariamente territórios de alta centralidade e atratividade econômica, reproduzindo o padrão desigual de oferta de equipamentos urbanos típico das grandes cidades brasileiras.

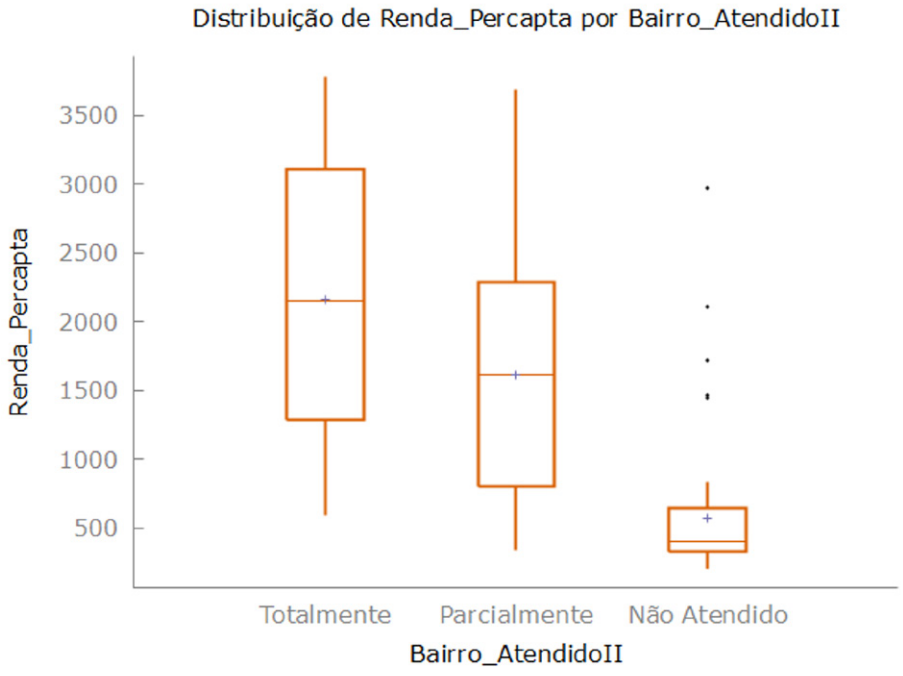
4.2 Cobertura do sistema e disparidades de renda nos bairros

A distribuição da renda per capita nos bairros recifenses revela uma correlação direta com o nível de atendimento do sistema Bike-PE. Os bairros atendidos apresentam média de renda superior a R$ 2.000,00, enquanto os parcialmente atendidos situam-se em torno de R$ 1.500,00, e os não atendidos concentram rendas entre R$300,00 e R$ 800,00.

Essa disparidade indica que o acesso ao sistema está fortemente condicionado por fatores socioeconômicos, sendo mais abrangente em regiões de maior poder aquisitivo. Contudo, destaca-se que há exceções relevantes, como o bairro do Monteiro, que, apesar de apresentar alta renda média, não dispõe de estações do Bike-PE. Esse caso pontual sugere que, além da renda, a localização geográfica e a conectividade urbana também influenciam a implantação do sistema.

O Gráfico 1 evidencia essa diferença ao mostrar a distribuição desigual da renda per capita entre as categorias de atendimento, com tendência concentrada nas faixas mais altas nos bairros atendidos e uma dispersão acentuada nos não atendidos.

Gráfico 1 – Distribuição da renda per capita segundo o nível de atendimento do sistema Bike-PE

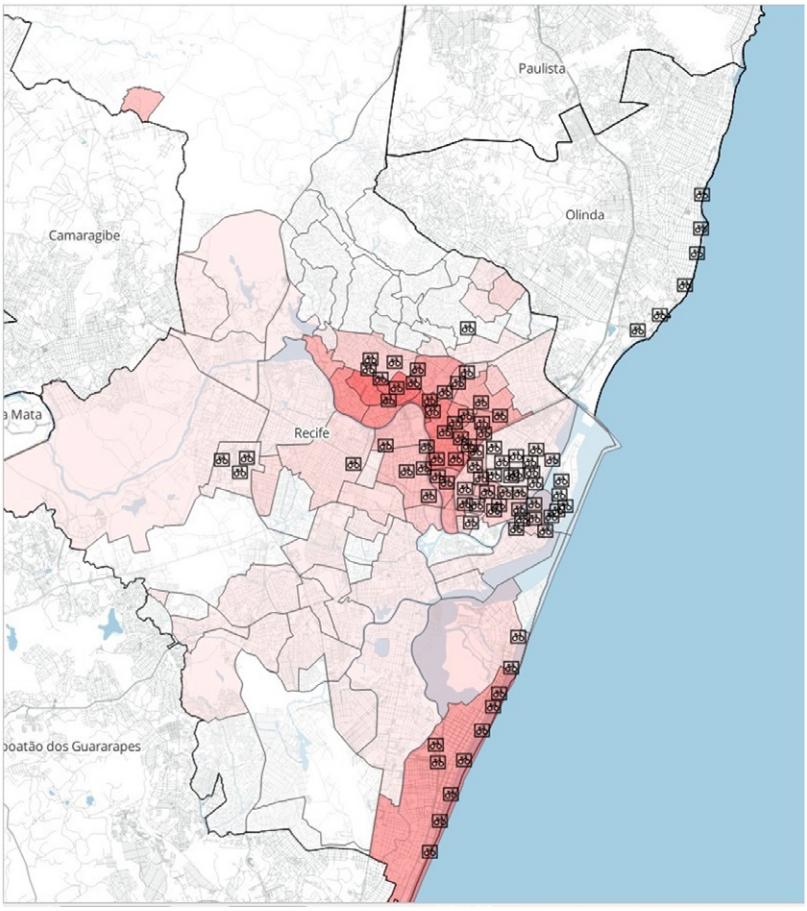


Fonte: Elaboração dos autores com base nos dados fornecidos pelo Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

A leitura espacial dessa correlação pode ser observada na Figura 3, que sobrepõe a renda média dos bairros à localização das estações do Bike-PE. A Figura 2 apresenta o mapa com as relações dos bairros da cidade do Recife e a localização das áreas com as estações do Bike- PE.

Nota-se que as áreas de maior renda se concentram nas Regiões Político-Administrativas (RPAs) 1 e 6, abrangendo bairros como Santo Amaro, Boa Vista, Pina, Imbiribeira e Boa Viagem, onde há maior densidade de estações. Em contraste, as RPAs 2, 3 e 5, formadas por bairros de menor renda, como Ibura, Jordão, Cohab, Água Fria, Linha do Tiro, Campina do Barreto e Guabiraba, apresentam ausência de cobertura, com rendas médias variando entre R$ 300,00 e R$ 700,00.

Figura 2 – Sobreposição entre a renda média dos bairros e a localização das estações do Bike-PE



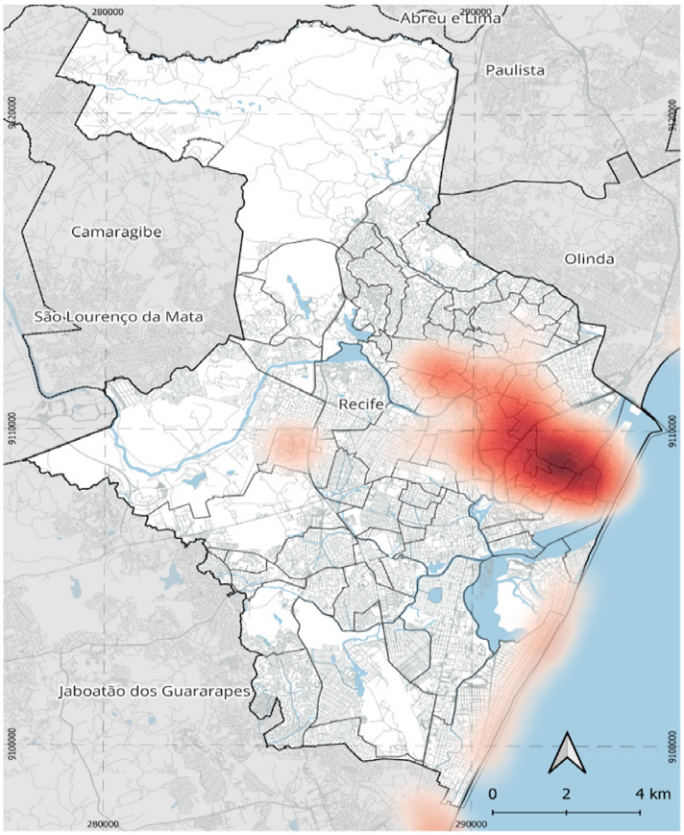
Fonte: Elaboração dos autores com base no Portal de Dados Abertos da Cidade do Recife. Estações de Bikes - BIKE PE. 2024.

Os bairros classificados como parcialmente atendidos, localizados em zonas de transição entre as áreas centrais e periféricas, apresentam rendas intermediárias, configurando um gradiente espacial de acesso proporcional à renda e à infraestrutura urbana. Casos pontuais, como o bairro do Monteiro, que possui renda média elevada, mas não dispõe de estações, indicam que variáveis como localização geográfica e conectividade viária também influenciam a implantação do sistema.

4.3 Concentração e intensidade de atendimento

A análise espacial da distribuição das estações do sistema Bike-PE, representada na Figura 3 (Mapa de calor da distribuição das estações do Bike-PE na cidade do Recife), evidencia uma concentração expressiva nas porções central e sul do município. Esses núcleos de maior intensidade correspondem, em grande medida, a áreas de elevado dinamismo urbano, com presença de polos comerciais, turísticos e de serviços, além de infraestrutura cicloviária mais consolidada.

igura 3 – Mapa de calor da distribuição das estações do Bike-PE na cidade do Recife



Fonte: Elaboração dos autores com base no Portal de Dados Abertos da Cidade do Recife. Estações de Bikes - BIKE PE. 2024.

Verifica-se que a distribuição espacial das estações está fortemente associada às áreas de maior renda e melhor dotação de equipamentos urbanos, conforme dados do IBGE. Em contraposição, observa-se uma diminuição gradual da densidade de estações à medida que se avança para as zonas norte e oeste da cidade, territórios que concentram maior vulnerabilidade social e menor oferta de infraestrutura.

Esse padrão de concentração reforça a hipótese de que a implantação do Bike-PE seguiu uma lógica predominantemente funcional e econômica, priorizando áreas com maior potencial de demanda e retorno operacional. Tal configuração, embora eficiente do ponto de vista da viabilidade do sistema, limita a universalização do acesso à mobilidade ativa e acentua as desigualdades territoriais no uso do serviço.

5. CONCLUSÕES

Os dados evidenciam um padrão de exclusão socioespacial na distribuição das estações Bike-PE. Enquanto bairros centrais com baixa densidade populacional (Santo Antônio com 447 habitantes, Recife com 541 habitantes) possuem múltiplas estações, bairros periféricos densamente povoados permanecem desatendidos. Esta distribuição sugere que o critério de localização das estações priorizou áreas de interesse comercial e turístico, bem como bairros de alta renda, em detrimento da equidade no acesso.

Os resultados obtidos corroboram estudos internacionais que identificam tendências excludentes em sistemas de bicicletas compartilhadas. Jin e Sui (2024) demonstraram que sistemas de *bike sharing* podem reproduzir desigualdades existentes, beneficiando desproporcionalmente comunidades de maior renda. No caso do Bike-PE, esta tendência se manifesta na concentração espacial das estações.

A distribuição atual do sistema compromete seu potencial como ferramenta de inclusão social e mobilidade sustentável. Populações de menor renda, que mais se beneficiariam de alternativas de transporte acessíveis, permanecem excluídas do sistema. Esta exclusão é particularmente problemática considerando que Recife apresenta elevados índices de desigualdade socioeconômica, sendo classificada como a capital com maior desigualdade entre as capitais brasileiras.

A análise da distribuição espacial das estações do sistema Bike-PE em Recife confirma a concentração em bairros de alta renda, revelando limitações na promoção da equidade no acesso à mobilidade ativa. O sistema, que deveria fomentar inclusão social e sustentabilidade urbana, acaba reproduzindo desigualdades socioespaciais. Para que cumpra seu papel como política pública inclusiva, é necessária uma revisão dos critérios de localização das estações, com foco na equidade territorial e nas áreas mais vulneráveis.

Recomenda-se a expansão do sistema para bairros periféricos populosos, a integração com o sistema de transporte público e a implementação de políticas tarifárias que garantam acessibilidade econômica para populações de baixa renda. Somente através de uma abordagem verdadeiramente inclusiva o sistema BIKE-PE poderá contribuir efetivamente para a redução das desigualdades urbanas e promoção da mobilidade sustentável em Recife.

BIBLIOGRAFIA

BATISTA, D. G. P.; SILVEIRA, J. A. R.; NETO, A. D. L. A mobilidade ativa como propulsora de cidades mais saudáveis frente aos impactos da pandemia de coronavírus. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 35., 2021. Anais... 2022. Disponível em: https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/220509017.pdf. Acesso em: 11 ago. 2025.

GIUFFRIDA, N.; PILLA, F.; CARROLL, P. The social sustainability of cycling: Assessing equity in the accessibility of bike-sharing services. Journal of Transport Geography, v. 106, p. 103490, 2023. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2023.103588.

JIN, S. T.; SUI, D. Z. Bikesharing and equity: A nationwide study of bikesharing accessibility in the US. Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 182, p. 104014, 2024. DOI: 10.1016/j.tra.2024.103983.

RECIFE. Portal de Dados Abertos da Cidade do Recife. Estações de Bikes - BIKE PE. 2024. Disponível em: http://dados.recife.pe.gov.br/dataset/ciclovias-ciclofaixas-estacoes-de-aluguel-de-bikes-e-rotas/resource/e6e4ac72-ff15-4c5a-b149-a1943386c031. Acesso em: 11 ago. 2025.

MOVILIDAD DEL CUIDADO EN BOGOTÁ: ANÁLISIS DE BARRERAS Y DESAFÍOS EN EL TRANSPORTE PÚBLICO

Juan Sebastián Aguilar Ropero
Universidad Nacional de Colombia, Jsaguilarro@unal.edu.co

RESUMEN

Desde su aparición, la movilidad del cuidado emergió como un aspecto fundamental en la planeación de la movilidad en las ciudades latinoamericanas. Para el caso de Bogotá, este fenómeno de movilidad fue identificado parcialmente por primera vez en la encuesta de movilidad de 2023, no obstante, las personas cuidadores y objeto de cuidado enfrentan diferentes tipos de barreras de accesibilidad y seguridad que limitan o impiden la realización efectiva de estos viajes. Por dicho motivo, la identificación de las barreras de accesibilidad en la movilidad es una necesidad primordial debido a que las políticas públicas y los sistemas de transporte aún no integran plenamente esta dimensión en la planeación urbana. Esta investigación analiza la accesibilidad y la percepción de seguridad en el transporte público, a partir de un enfoque mixto que combina el análisis cuantitativo de la encuesta con una revisión bibliográfica y propone una tipología de barreras de accesibilidad agrupadas en dimensiones territorial, física, económica, psicosocial y de conocimiento. Estas afectan tanto la planeación como la ejecución del viaje, e incluyen factores de infraestructura, espaciales, financieros, temporales, psicológicos junto con la distribución desigual de las tareas de cuidado y la limitada información sobre rutas. La investigación concluye que mejorar la movilidad del cuidado exige un enfoque integral con criterios de género, sociales y económicos, acompañados de transformaciones en la infraestructura física y digital que garanticen viajes más accesibles y seguros para todos.

1. INTRODUCCIÓN

La movilidad del cuidado es un concepto innovador que ha tomado mayor relevancia e importancia tanto para los planeadores de movilidad, como para los tomadores de decisiones. Este concepto se viene explorando a mayor profundidad debido a la diferencia existente en la lógica de movimiento del cuidado, concentrándose en entender los motivos y las maneras en que se realizan los viajes de esta tipologia. Por ende, es esencial comprender transversalmente los trabajos del cuidado no remunerados y la distribución de género en las actividades del cuidado, así como los efectos de estas actividades en la economía de la ciudad (CEPAL, 2021). Los viajes del cuidado son una parte fundamental de la distribución de viajes en una ciudad, diferentes estudios (Montoya-Robledo et al., 2020; Murillo-Munar et al., 2023; Ravensbergen et al., 2023) reflejan que estos viajes son cercanos al total de viajes realizados por el motivo de trabajo. Es por eso por lo que la caracterización e identificación de estos viajes se convierte en un aspecto fundamental para una efectiva planeación de la movilidad e implementación de políticas públicas de transporte, cuidado y género.

Este estudio busca analizar la accesibilidad y la percepción de seguridad de los viajes relacionados con el cuidado en la ciudad de Bogotá para identificar las barreras que obstaculizan el desplazamiento eficiente y seguro de personas cuidadoras y objetos de cuidado.

2. REVISIÓN LITERARIA

Distintos estudios han evidenciado que entre el 20% y el 30% de los viajes diarios en zonas urbanas están relacionados con actividades del (Sánchez-De Madariaga, 2013; Zucchini, 2015). Sin embargo, a nivel institucional existe una brecha en la implementación de medidas que atiendan las necesidades específicas de los viajes del cuidado, generando distribuciones desiguales en la configuración social y urbana de la ciudad. En su mayoría, las mujeres se hacen cargo de las actividades del cuidado y, por ende, realizan la mayoría de los viajes del cuidado, dedicando un 30% más de tiempo a estas labores que los hombres. En el caso de Bogotá y su zona metropolitana, la encuesta de movilidad del 2023 identificó 794,509 viajes del cuidado, con respecto a un total de 16,723,044 viajes diarios. Esto significa que en Bogotá solo el 5% de los viajes al día son del cuidado. Esta diferencia cercana al 20% con respecto a lo encontrado en la literatura y casos de estudios de otras ciudades genera la necesidad de identificar las razones de esta diferencia.

A partir de diferentes estudios y del desarrollo del concepto de "movilidad del cuidado", se han visibilizado particularidades que condicionan los viajes del cuidado. Sin embargo, la identificación de las barreras que obstaculizan el desplazamiento eficiente y seguro de los cuidadores y las personas a su cargo es un tema recientemente estudiado, el cual requiere una mirada transversal desde la ingeniería de transporte, entendiendo la movilidad como actividad estructurante del territorio, en donde el sistema de transporte público sea una opción realmente competitiva respecto a otros modos.

En la ciudad de Bogotá, los viajes que se realizan en pro del cuidado representan una faceta crucial para las familias. Convirtiéndose en una problemática en la cotidianidad de muchos ciudadanos. Estos viajes los cuales implican desplazamientos del cuidado de personas de todas las edades presentan una serie de desafíos significativos que dificultan el uso del transporte público. Entre estos desafíos, la accesibilidad y la seguridad se destacan como los principales obstáculos que enfrentan tanto los cuidadores como las personas a su cargo.

Como se mencionó anteriormente, uno de los problemas más importantes que enfrentan los viajes del cuidado en Bogotá es la falta de accesibilidad en el transporte público. Para muchas personas que necesitan realizar actividades del cuidado (personas mayores, personas con discapacidad o niños pequeños), la infraestructura de transporte existente no está diseñada para satisfacer sus necesidades, estudios como el de (Avellaneda, 2015) han tratado la accesibilidad de los vehículos. La falta de accesibilidad y los problemas de seguridad en el transporte público dificultan el desplazamiento efectivo y óptimo de las personas, lo que afecta el potencial uso del sistema de transporte público para servicios del cuidado y la capacidad de brindar cuidado a otros.

Además de los desafíos de accesibilidad, la percepción de seguridad durante los viajes del cuidado es una preocupación constante para los ciudadanos de Bogotá. La ciudad enfrenta problemas de seguridad pública y criminalidad que afectan a los usuarios del transporte público, en especial a aquellos que viajan con personas vulnerables a su cuidado. El temor a ser víctimas de robos, agresiones u otros actos delictivos genera estrés y ansiedad tanto en los cuidadores como en las personas a su cargo, lo que dificulta aún más la realización de estos viajes.

En conclusión, los viajes del cuidado en Bogotá representan una realidad compleja y desafiante que requiere atención y acción oportuna para mejorar la accesibilidad y la seguridad en el transporte público. Solo a través de un enfoque integral y colaborativo se podrá garantizar que los cuidadores y las personas.

3. METODOLOGÍA Y DATOS UTILIZADOS

Bajo la premisa de mejorar la accesibilidad, distintos estudios han investigado como mejorar las condiciones de acceso en el transporte público, enfocándose en identificar y caracterizar las barreras de los viajes diarios en transporte público desarrollando estrategias para superar las barreras físicas que se presentan en los viajes cotidianos.

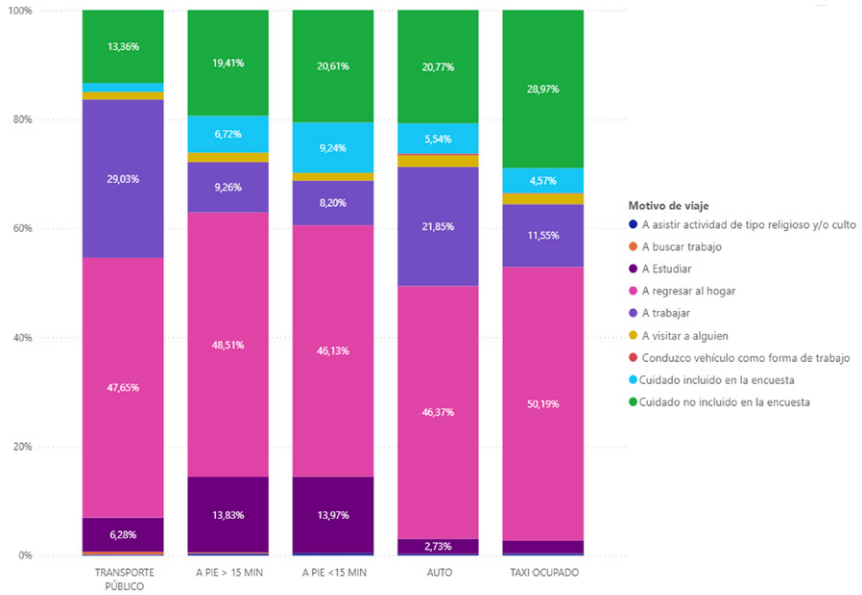
Bajo esta idea los viajes se convierten en representaciones diarias de las condiciones socioeconómicas de las personas, plasmando diferentes realidades para los distintos tipos de viajeros. En este estudio, los viajes del cuidado muestran cómo las personas vinculan las actividades “económicamente activas” (trabajo y estudio) con las labores de reproducción y de cuidado. Identificar las barreras en los viajes del cuidado permite conocer los desafíos que las personas cuidadoras y aquellas que reciben cuidado deben superar para realizar estas actividades que son esenciales, particulares y en muchos casos cotidianas.

En este contexto, las barreras son obstáculos que dificulta la movilidad de una personan a través de una dimensión física, espacial, social, económica, psicológica, organizacional, institucional y tecnología, generando que al momento de realizar un viaje la persona se vea obligada a sobrepasar dichos obstáculos hasta su destino. Metodológicamente, este estudio se fundamenta en el análisis de la Encuesta de Movilidad de Bogotá 2023, complementada y comparada con estudios latinoamericanos y colombianos.

Según los datos de la encuesta de movilidad de 2023 en el transporte público, a pie y en automóvil los viajes del cuidado son sustancialmente diferentes como parte del total de viajes por modo, tal como se ve en la tabla. Para esta investigación se analizaron dos tipos de viajes del cuidado según la encuesta, los viajes que son para acompañar a alguien con o sin remuneración, los cuales son aquellos viajes que la encuesta toma como cuidado, y los inferidos en esta investigación, los cuales fueron tomados como cuidado según la construcción de la definición de movilidad del cuidado y con la revisión bibliográfica, los cuales son los viajes realizados con motivos como "a asuntos médicos personales", "A llevar y/o dejar algo", "A realizar actividades físicas y/o deportivas", "A realizar actividades recreativas y culturales", "A realizar algún trámite personal" y "A realizar compras.

En la tabla se pueden ver las tipologías de viajes referenciadas anteriormente, la primera descripción corresponde a "cuidado incluido en la encuesta" y la segunda tipología descrita como "cuidado no incluido en la encuesta". Este análisis demuestra como el cuidado en el transporte público es el que menor participación presenta con respecto a los otros modos, por ejemplo, el cuidado incluido en la encuesta corresponde al 1,65% del total de los viajes en transporte público mientras que para el automóvil o el taxi son mas del 4,5%. Si se analiza el cuidado no incluido en la encuesta el comportamiento de evitar el transporte público para el cuidado es aun más marcado, donde el cuidado no incluido en la encuesta es la mitad de lo que representa para el taxi desde un 13% para el transporte público y un 28,97% para el taxi y un 7% menos que para el automóvil. Esto configura un patrón de movimiento en los viajes del cuidado que no busca principalmente el transporte público. Estos resultados muestran la justificación de identificar las barreras de acceso al transporte público en el marco de los viajes del cuidado y sus implicaciones en la configuración de la elección modal desde la etapa de planeación del viaje.

Figura 1 Relación entre los motivos de viaje y los modos de transporte



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la EODH 2023

4. MÉTODOS:

En la Encuesta de Movilidad de Bogotá 2023, se identificaron los desplazamientos relacionados con el cuidado a través de un procedimiento de revisión y filtrado de los motivos por los cuales se realiza el viaje, en función de las actividades como cuidar a personas dependientes, acompañar o realizar tareas del hogar. Los viajes del cuidado que se incluyeron en la encuesta, los cuales fueron identificados de manera explícita por su causa, fueron "acompañar a alguien con remuneración" y "acompañar a alguien sin remuneración", así como aquellos que no se incluyeron, que fueron inferidos a partir de la literatura estudiada y de investigaciones sobre movilidad del cuidado en Latinoamérica, constituyen dos categorías definidas tras este análisis. Este procedimiento posibilitó expandir el entendimiento del fenómeno más allá de las categorías de viaje, incluyendo actividades diarias que sostienen la vida y que a menudo quedan ocultas en los análisis oficiales de movilidad.

Luego del análisis de la encuesta de movilidad del 2023, se llevó a cabo un análisis riguroso de la literatura con el objetivo de identifica, categorizar, filtrar y comprender las barreras de accesibilidad que afectan la movilidad del cuidado. Estas barreras se categorizaron en cinco dimensiones: territorial, física, económica, psicosocial y cognitiva. Esto se hizo considerando sus condiciones inherentes y el momento o etapa del viaje en que ocurren. A partir de esta clasificación, se desarrolló una tipología de barreras que pueden ser aplicadas a los viajes del cuidado, así como un gráfico que combina la planificación y la ejecución del desplazamiento, teniendo en cuenta la percepción de seguridad como variable transversal, de acuerdo con lo planteado en los estudios de (Jirón Martínez & Mansilla Quiñones, 2013). Esta visualización muestra que la inseguridad percibida hace que las barreras en cada fase del viaje sean más "espesas", lo que eleva la dificultad y el esfuerzo que deben realizar los cuidadores para asegurar su movilidad.

5. RESULTADOS

De acuerdo con los resultados de la encuesta de movilidad de 2023, las mujeres representan el 91% de la población cuidadora, y son ellas quienes hacen la mayor cantidad de viajes del cuidado, adicionalmente, en el informe del (World Economic Forum, 2016), Bogotá es la ciudad con el transporte público más inseguro para las mujeres, superando a ciudades como nueva Delhi, Lima, y ciudad de México, lo que correspondientemente implica que sea una ciudad con grandes problemáticas para los viajes del cuidado, ya que la existencia de un mal servicio indicaría la existencia de elementos que estarían funcionando como barreras. (Núñez et al., 2022)

Bajo esta lógica particular que comprende a Bogotá como una ciudad que presenta un gran reto para realizar los viajes del cuidado, se planteó una clasificación de las barreras de accesibilidad presentes en la movilidad del cuidado *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia*. La clasificación de las barreras pretende encapsular los distintos retos existen en las distintas tipologías de viajes que se realizan bajo el fenómeno de la movilidad del cuidado.

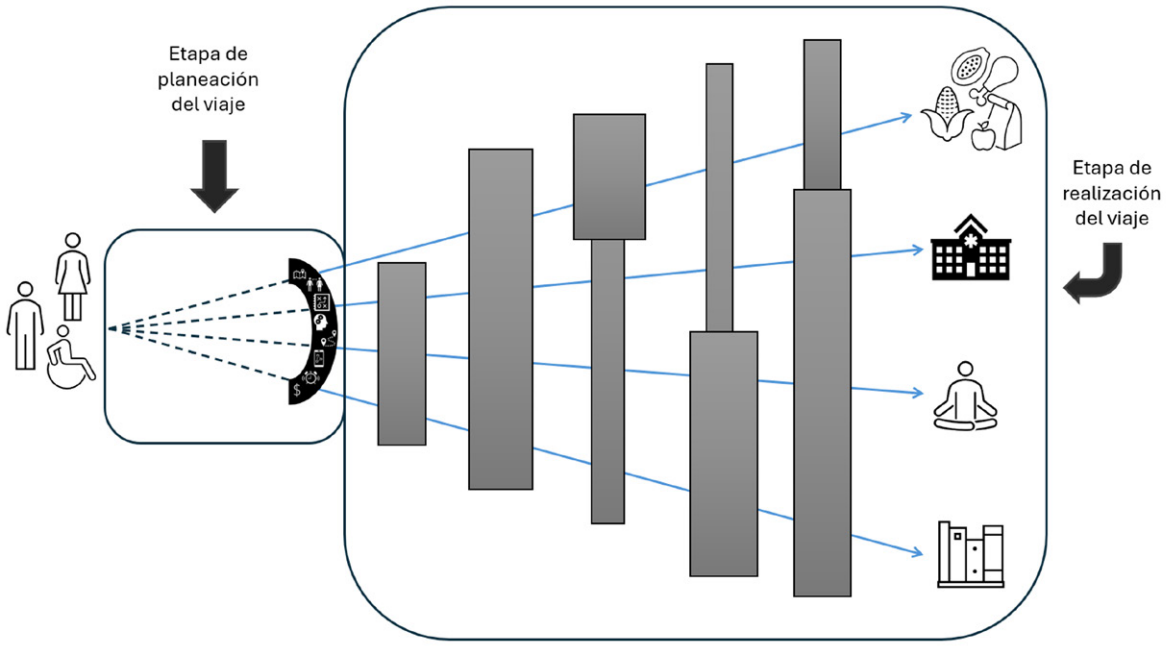
Tabla 1 Clasificación de barreras de accesibilidad

Dimensión general de Las barreras	Tipo de Barrera	Descripción	Etapa de viaje donde se puede presentar
Territorial	Espacial	Relacionada con la configuración espacial de infraestructura y de servicios sociales y del cuidado	Ejecución del viaje
	Física	Asociada con el espacio público e infraestructura del sistema de transporte público; por ejemplo, estado de los andenes, rampas de acceso, adaptabilidad para personas con discapacidad de origen visual, entre otros	Ejecución del viaje
Económica	Temporales	Asociadas con la disponibilidad del tiempo para las actividades y viajes del cuidado	Planeación y ejecución del viaje
	Financieras	Asociadas con la capacidad de pago y costos asociados a los diferentes modos de transporte	Planeación y ejecución del viaje
Psicosocial	Psicológicas	Relacionadas con el bienestar mental de las personas que realizan un viaje del cuidado, ya que estos viajes suelen estar cargados de estrés, ansiedad y otros factores	Planeación y ejecución del viaje
	Social	Asociados con la distribución de las actividades del cuidado que presentan limitaciones derivadas de la ocupación laboral y otros aspectos organizativos de la vida diaria	Planeación del viaje
De conocimiento	Tecnológicas	Disponibilidad de información de rutas y tiempos de viaje	Planeación y ejecución del viaje
	Saber cómo viajar	Conocimiento y capacidad de maniobrabilidad en el viaje de acuerdo con habilidades adquiridas de las experiencias de los viajes del cuidado	Ejecución del viaje

Fuente: 1 Elaboración propia a partir de diferentes estudios de accesibilidad

Una vez caracterizadas las barreras, se desarrolla una representación gráfica de los viajes del cuidado, en donde se presentan dos componentes fundamentales. La primera es la etapa de planeación del viaje, pues los viajes del cuidado suelen ser ampliamente planeados, con el fin de maximizar la eficiencia de este y que sea lo menos caótico posible, en esta etapa se hace una revisión de todas las barreras del viaje (representadas por el arco de color negro) y se hace la selección modal de acuerdo con las realidades socioeconómicas de cada persona. En la segunda parte del viaje, la cual se refiera al momento en el que se materializa el viaje, vemos que las barreras tienen una representación distinta, pues aparece una variable que genera una "espesura" (usado como una metáfora que permite dar cuenta de la densidad de barreras de accesibilidad que adquiere en la movilidad (Jirón Martínez & Mansilla Quiñones, 2013) para cada tipo de barrera, la cual es la percepción de seguridad, ya que esta constituye un problema real que influye en las decisiones y en los patrones de desplazamiento de las mujeres y los hombres (León et al., 2023).

Figura 1. Distribución horaria de viajes diarios



Fuente: Elaboración propia

6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Esta investigación ha generado unos resultados relevantes para identificar de mejor manera las características de la movilidad del cuidado, en primera instancia se caracterizaron los viajes del cuidado, de manera temporal, espacial, social, psicológica y económica, según diferentes fuentes de información como estudios de América latina, estudios colombianos y la encuesta de movilidad de 2023 para Bogotá. Dicha caracterización permitió comprender que las lógicas de desplazamiento en la movilidad del cuidado son distintas a las que están presentes en los viajes diarios de trabajo y estudio, por lo que requieren de visiones distintas de las que están en la planeación de movilidad urbana en general, ya que el fenómeno no es el mismo.

Siguiendo la idea de la diferenciación de la movilidad del cuidado y la movilidad urbana productiva, se generó una categorización de barreras de accesibilidad presentes en los viajes del cuidado, la cual representó de manera sintética los distintos obstáculos que se atraviesan cuando se realizan este tipo de viajes, entendiendo que esta tipología requiere de un estudio bajo un enfoque diferencial, debido a que las mujeres realizan la mayor cantidad de viajes del cuidado, perciben y viven la forma de movilizarse distinta a la de los hombres incluso cuando estos realizan viajes del cuidado.

7. CONCLUSIONES

El estudio de la movilidad del cuidado en Bogotá evidencia que esta constituye una concepción fundamental que ha sido históricamente invisibilizada, como eje estructurante de la movilidad urbana. Su carácter cotidiano, planificado y poligonal, más no repetetivo desafía las categorías tradicionales de los estudios de transporte, centradas en la "productividad" y los desplazamientos laborales. Reconocer estos patrones diferenciales es fundamental para replantear los modelos de planeación y gestión del transporte público, bajo un enfoque de cuidado.

Las barreras de accesibilidad son una construcción de distintas dimensiones tal como las territoriales, económicas, psicosociales y de conocimiento que conforman un campo de estudio interseccional que genera una alta sensibilidad de las barreras con la autonomía de las personas cuidadoras y objeto de cuidado, lo que condiciona su elección modal a partir de sus condiciones sociales y económicas. Evidenciando que estas barreras no solo dificultan el uso del transporte público, sino que son el reflejo de las desigualdades estructurales en la organización urbana, la distribución del cuidado y la asignación del tiempo para cuidar.

Bajo este contexto, la percepción de inseguridad se entiende como una variable transversal que incide tanto en la planeación como en la ejecución del viaje, alterando la configuración de rutas, horarios y modos empleados en el viaje del cuidado. Este hallazgo confirma que la movilidad del cuidado no puede entenderse únicamente como un motivo de viaje, sino que debe comprender como un fenómeno que abarca la experiencia emocional y social establecida en la configuración urbana, que se diferencia de los viajes laborales o de estudio.

Finalmente, es necesario incorporar el componente del cuidado en la planificación de la movilidad como una condición indispensable para avanzar hacia ciudades más equitativas, seguras e inclusivas. Ello requiere un enfoque integral que integre criterios sociales, económicos y de género con infraestructuras físicas y digitales accesibles, permitiendo reconocer, valorar y facilitar los desplazamientos que sostienen la vida cotidiana urbana.

8. REFERENCIAS

Avellaneda, M. (2015). Criterios de diseño industrial para una propuesta conceptual en el desarrollo de vehículos de los SITP de las ciudades colombianas. Caso Bogotá. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/56076

CEPAL. (2021). Valorización económica del trabajo no remunerado de los hogares. Seminario Anual de Cuentas Nacionales de América Latina y El Caribe: Hacia El SCN 2025 Actualización Metodológica y Nuevos Desafíos En Las Mediciones de Cuentas Nacionales.

Jirón Martínez, P., & Mansilla Quiñones, P. (2013). Atravesando la espesura de la ciudad: vida cotidiana y barreras de accesibilidad de los habitantes de la periferia urbana de Santiago de Chile. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/130635

León, A., Díaz, S., & Márquez, L. (2023). Análisis de la percepción de inseguridad con enfoque de género en la elección del transporte público. Estudio de caso Tunja, Colombia. Revista EURE - Revista de Estudios Urbano Regionales, 49(147). https://doi.org/10.7764/EURE.49.147.02

Montoya-Robledo, V., Montes Calero, L., Bernal Carvajal, V., Carolina, D., Molina, G., Pipicano, W., Peña, A. J., Pipicano, C., Segundo López Valderrama, J., Fernández, M. A., Porras, I., Arias, N., & Miranda, L. (2020). Gender stereotypes affecting active mobility of care in Bogotá. https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102470

Murillo-Munar, J., Gómez-Varo, I., & Marquet, O. (2023). Caregivers on the move: Gender and socioeconomic status in the care mobility in Bogotá. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 21. https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100884

Núñez, F., Albornoz, E., Gutiérrez, M., & Zumelzu, A. (2022). Socially Sustainable Accessibility to Goods and Services in the Metropolitan Area of Concepción, Chile, Post-COVID-19. Sustainability 2022, Vol. 14, Page 14042, 14(21), 14042. https://doi.org/10.3390/SU142114042

Ravensbergen, L., Fournier, J., & El-Geneidy, A. (2023). Exploratory Analysis of Mobility of Care in Montreal, Canada. Transportation Research Record, 2677(1), 1499–1509. https://doi.org/10.1177/03611981221105070

Sánchez-De Madariaga, I. (2013). FROM WOMEN IN TRANSPORT TO GENDER IN TRANSPORT: CHALLENGING CONCEPTUAL FRAMEWORKS FOR IMPROVED POLICYMAKING. Journal of International Affairs, The Gender Issue (Beyond Exclusion, special issue), 43–66.

World Economic Forum. (2016). Which cities have the most dangerous transport systems for women? https://www.weforum.org/stories/2016/03/which-cities-have-the-most-dangerous-transport-systems-for-women/

Zucchini, E. (2015). Genero y transporte: análisis de la movilidad del cuidado como punto de partida para construir una base de conocimiento más amplia de los patrones de movilidad. El caso de Madrid.

NECESIDAD DE DESARROLLAR LA MOVILIDAD RURAL EN LAS CONDICIONES DE CUBA

Julio Cabrera Quiñones
Centro de Investigación y Manejo Ambiental del Transporte, Cimab, La Habana, Cuba
Correo: jcabrera@cimab.transnet.cu, jcabreraquinonez1956@gmail.com

RESUMEN

La situación demográfica de Cuba al cierre del año 2024 según datos ofrecidos por la Oficina Nacional de Estadísticas (ONEI), muestran que la población efectiva del país es de 9 748 007 habitantes, existiendo un envejecimiento acelerado de la población que alcanza el 25,7 % de sus habitantes. Solo el 24.7 % de toda la población del país reside en los territorios rurales y de la misma el 23.7 % tiene más de 65 años.

Lograr la estabilidad de la población en estos territorios, constituye una tarea de alta prioridad para el país, atendiendo a que las producciones agropecuarias y forestales son pilares para el desarrollo de la economía nacional, correspondiéndole un papel de significativa importancia para el logro de este propósito, al transporte de cargas y pasajeros.

Para recuperar la ruralidad del país es necesario desarrollar la Movilidad Rural, garantizándose el acceso de los residentes en estos territorios, a servicios especializados de salud, a centros de enseñanza y a otros servicios a la población que solo son prestados en las ciudades, así como las transportaciones de mercancías desde y hacia estas zonas. Con este enfoque existen numerosas experiencias en nuestro país que abarcan, el desarrollo de las infraestructuras viales y ferroviarias, el diseño de rutas de transporte de pasajeros y la implementación de soluciones ferroviarias, beneficiándose las zonas montañosas y más de 120 municipios del país.

1. INTRODUCCIÓN

Las zonas rurales enfrentan desafíos de movilidad muy diferentes a los de las ciudades. En muchas áreas rurales, la falta de transporte público adecuado limita el acceso de sus habitantes a servicios esenciales como la educación, la atención sanitaria o el empleo, observándose una marcada tendencia a la movilidad de los pobladores utilizando vehículos privados, lo que no solo genera problemas de accesibilidad para quienes no disponen de un vehículo, sino que también contribuye al aislamiento de las comunidades.

La movilidad rural constituye un problema de alcance mundial ya que más del 80% de la población se concentra actualmente en las ciudades, y la tendencia es su crecimiento en las próximas décadas. La movilidad entre pequeños pueblos y sus cabeceras municipales suele ser autónoma y en muchos casos en un freno a la movilidad en estos territorios, requiriéndose con urgencia que los rectores de la movilidad jueguen un rol más activo para revertir esta problemática.

A pesar de que la mayoría de los Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) se centran en las áreas metropolitanas, es crucial que las áreas rurales también se beneficien de estas estrategias de transporte. Una de las soluciones más innovadoras que está ganando terreno es el uso del transporte a demanda, estableciéndose un modelo de movilidad que permite a los habitantes de zonas rurales solicitar un servicio de transporte cuando lo necesiten, en lugar de depender de horarios fijos que, en muchos casos, no se ajustan a las necesidades de la población local.

Al triunfo de la revolución cubana, la situación de los campos en nuestro país era realmente desesperada, en estos territorios existía una total carencias de viales, sistemas de transporte y la imposibilidad generalizada de que sus pobladores pudieran acceder a servicios básicos de salud y de educación. Las políticas y planes desarrollados de forma inmediata revirtieron gradualmente esta situación, pero esto indudablemente creo las condiciones para que las familias campesinas estimularan a sus hijos a trasladarse a las ciudades en busca de mejores oportunidades, creando un vacío de fuerza de trabajo joven en estos territorios.

Con el paso del tiempo, la población de los territorios rurales envejeció, su relevo generacional se hizo muy limitado y se fueron incrementando las dificultades de la economía nacional, todo lo cual ha venido afectando de una forma u otra, la ruralidad del país, a cuya recuperación recientemente se ha realizado un llamado por parte de la Asamblea Nacional del Poder Popular. Considerando estos criterios, en el presente artículo se realizará un breve análisis sobre el comportamiento de la Movilidad Rural en las condiciones de Cuba.

2. EL ENVEJECIMIENTO DEMOGRÁFICO DE LA POBLACIÓN CUBANA

La situación demográfica de Cuba al cierre del año 2024 según datos oficiales ofrecidos el pasado mes de mayo por la Oficina Nacional de Estadísticas (ONEI), muestran que la población efectiva del país es de 9 748 007 habitantes, reflejando un decrecimiento total

de 307 961 habitantes respecto al año 2023, existiendo un envejecimiento acelerado de la población que alcanza el 25,7 % de sus habitantes, los que cuentan actualmente con más de 60 años. Otras características demográficas que se manifiestan actualmente, son la existencia de un mayor número de defunciones con relación a los nacimientos anuales y que solo el 24.7 % de toda la población del país reside en los territorios rurales.

Si tenemos en cuenta que el 23.7 % de la población rural cubana tiene más de 65 años, lograr la estabilidad de la población en estos territorios, constituye una tarea de alta prioridad para el país, atendiendo a que las producciones agropecuarias y forestales son pilares para el desarrollo de la economía nacional, correspondiéndole un papel de significativa importancia para el logro de este propósito, al transporte de cargas y pasajeros.

Partiendo de este escenario, para recuperar la ruralidad del país es necesario desarrollar integralmente la Movilidad Rural, garantizándose el acceso de los residentes en estos territorios, a servicios especializados de salud, a centros de enseñanza tecnológica y superior y a otros servicios a la población que solo son prestados en las ciudades, así como las transportaciones de mercancías desde y hacia estas zonas. Con este enfoque existen numerosas experiencias en nuestro país que abarcan, el desarrollo de las infraestructuras viales y ferroviarias, el diseño de rutas rurales y la implementación de soluciones ferroviarias, prestándose especial atención a las regiones de más difícil acceso, beneficiándose a las zonas montañosas y a la población y objetivos económicos de más de 120 municipios del país.

3. COMPORTAMIENTO DEL TRANSPORTE PÚBLICO DE PASAJEROS EN LOS TERRITORIOS RURALES

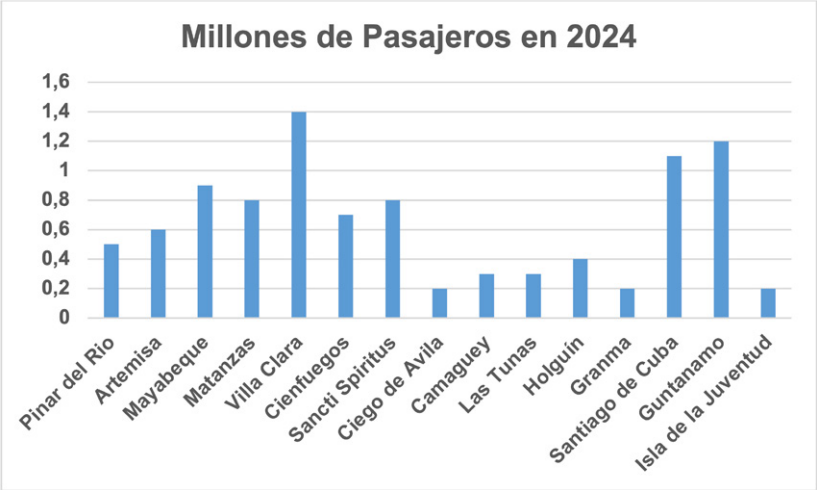
La transportación pública de pasajeros en Cuba se estructura de la siguiente forma: a través de las Empresas o Direcciones Provinciales del Transporte subordinadas a los Consejos de las Administraciones Provinciales y Municipales del Poder Popular, se realizan los servicios de transporte urbano, suburbano, interurbano de corta distancia, rural, servicios marítimos y ferroviarios, y por las empresas subordinadas al Ministerio del Transporte se realizan las transportaciones de pasajeros pertenecientes a los servicios interurbano de media y larga distancia, escolares, taxis, trabajadores, servicios marítimos y de cabotaje.

El servicio de transportación pública de pasajeros utilizando medios automotores se lleva a cabo mediante: ómnibus, semiómnibus, camiones, camionetas jeeps, paneles y autos. Este servicio se clasifica en: urbano, suburbano, interurbano, rural y flete. En el caso de los autos, se clasifican en servicios de auto de alquiler (taxi) y se gestiona por entidades estatales, por privados y cooperativas.

Para garantizar la movilidad de los territorios rurales el país cuenta con un poco más de 1000 rutas distribuidas en 14 provincias y el municipio especial Isla de la Juventud. En el año 2024, según las informaciones estadísticas oficiales brindadas por la ONEI, se transportaron por las mismas 9.6 millones de pasajeros que representó el 10 % del total de pasajeros transportados en estos territorios, ver figura No. 1 y gráfico No. 1.

Fig. No.1 Semiómnibus, ómnibus y camiones utilizados para la movilidad rural

Grafico No. 1 Transportaciones de pasajeros en los territorios rurales en 2024



Existen además servicios de transportación pública de pasajeros en la modalidad ferroviaria, los mismos se clasifican en; larga distancia (trenes nacionales), media distancia (trenes interterritoriales), trenes de corta distancia (tren territorial o de cercanía) y dentro de esta se encuentra el suburbano en determinadas capitales provinciales. Todas las transportaciones ferroviarias de pasajeros son realizadas por la Unión de Ferrocarriles de Cuba, existiendo alrededor de 70 rutas de ferrobuses que vinculan lugares de difícil acceso con los territorios urbanos, ver figura No. 2.

Figura No. 2 Ferrobuses utilizados en la movilidad rural

La existencia de esta alternativa de transporte apoyo recientemente de una forma importante, la evacuación de los pobladores de varias provincias afectadas por el huracán Melissa.

4. LOS RETOS DE LA MOVILIDAD RURAL

La Nueva Agenda Urbana (NAU) adoptada por Naciones Unidas en el año 2016 definió "líneas de acción a varios niveles en cuestiones relativas a la vivienda y los asentamientos humanos", aportando una visión compartida para un futuro mejor y más sostenible para los territorios urbanos. Nuestro país asumió como suyos los retos planteados, quedando recogidos en el Plan de Acción Nacional (PAN) de Cuba, que constituye un Plan de Estado para la implementación de la NAU, donde se evidencia el compromiso asumido por el Gobierno cubano cuando respaldó la Declaración de Quito sobre ciudades y asentamientos humanos sostenibles para todos, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Vivienda y el Desarrollo Urbano Sostenibles realizada ese propio año.

Como parte de la implementación de la NAU, los Planes de Movilidad Urbana Sostenibles (PMUS) se han convertido en un elemento esencial para lograr los objetivos definidos por las Naciones Unidas para los territorios urbanos, debiéndose significar que las líneas de acción acordadas no excluyen a los asentamientos humanos existentes en los territorios rurales. Es por ese motivo que a la Movilidad Rural actualmente, a pesar de las grandes limitaciones económicas que enfrenta nuestro país, se le presta una gran atención.

A partir de la conceptualización realizada por la NAU, resulta imprescindible pasar a una nueva etapa del planeamiento del transporte de pasajeros en estos territorios, consistente en la elaboración de estrategias de desarrollo que tengan en cuenta todos los objetivos definidos para el desarrollo social y el medio ambiente. En este empeño se deberá tener presente la Política aprobada en el Esquema Nacional de Ordenamiento Territorial del país que establece; "garantizar la movilidad entre los diferentes niveles del Sistema de Asentamientos Humanos, mejorando el acceso de la población rural y los asentamientos urbanos de base con sus cabeceras municipales y el estado técnico de la vialidad automotora y ferroviaria de interés nacional y provincial, priorizando la transportación pública de pasajeros".

En tal sentido es necesario elaborar Planes de Movilidad Rural Sostenibles para lo cual, en todos los casos se deberán tener en cuenta las características propias de estos territorios como son:

- Baja densidad de la población existente
- Carencia de servicios básicos esenciales
- Aislamiento geográfico e institucional
- Economías débiles dependientes fundamentalmente de la agricultura
- Bajos niveles de ingresos de una parte importante de los pobladores
- Procesos migratorios que contribuyen al envejecimiento de la población
- Soluciones de transporte orientadas al vehículo individual

De igual forma, para el éxito de estas estrategias constituye un elemento clave, mejorar las infraestructuras viales en las zonas rurales, debiéndose garantizar que los habitantes tengan acceso a una vialidad segura.

En nuestro país existen más de 6000 asentamientos rurales, siendo necesario su conexión con los centros urbanos mediante rutas eficientes de transporte público, cuestión esencial para evitar el aislamiento de las comunidades rurales y mejorar la calidad de vida de sus pobladores. Para la definición de rutas resultará determinante la evaluación de los datos y estadísticas que permitan identificar las necesidades específicas de cada comunidad y diseñar estrategias personalizadas que mejoren tanto la accesibilidad como la sostenibilidad de las soluciones que sean proyectadas.

A pesar de lo alcanzado hasta el presente por nuestro país en materia de Movilidad Rural, aún se está lejos de lograr los objetivos antes señalados, por lo que en el periodo 2026 – 2030, este será una de las prioridades para los estudios de la movilidad en nuestro país.

5. CONCLUSIONES

La situación demográfica de Cuba al cierre del año 2024 según los datos ofrecidos por la Oficina Nacional de Estadísticas (ONEI), muestran un decrecimiento del total de habitantes del país respecto al año 2023, existiendo un envejecimiento acelerado de la población los que ya alcanzan el 25,7 % de habitantes con más de 60 años. En los territorios rurales la situación es aún más crítica ya que en estos momentos en estos territorios reside el 25 % de la población del país y de este total de habitantes el 24 % que ya cuenta con más de 65 años.

Partiendo de este escenario, para recuperar la ruralidad del país y cumplir los objetivos aprobados en la NAU, es necesario desarrollar integralmente la Movilidad Rural, con el propósito de lograr el pleno acceso de los residentes en estos territorios; a servicios especializados de salud, a centros de enseñanza tecnológica y superior y a otros servicios a la población que solo son prestados en las ciudades, así como las transportaciones de mercancías desde y hacia estas zonas. Con este enfoque existen numerosas experiencias en nuestro país que abarcan, el desarrollo de las infraestructuras viales y ferroviarias, el diseño de rutas rurales y la implementación de soluciones ferroviarias, prestándose especial atención a las regiones de más difícil acceso, con énfasis en la atención a las zonas montañosas y a la población y objetivos económicos de más de 120 municipios del país.

A partir de la conceptualización realizada por la NAU, resulta imprescindible pasar a una etapa superior del planeamiento del transporte de pasajeros en estos territorios, elaborándose estrategias de desarrollo que tengan en cuenta todos los objetivos definidos para el desarrollo social y el medio ambiente. De igual forma se deberá tener presente la Política aprobada en el Esquema Nacional de Ordenamiento Territorial del país donde se referida a garantizar la movilidad entre los diferentes niveles del Sistema de Asentamientos Humanos, mejorando el acceso de la población rural y los asentamientos urbanos de base con sus cabeceras municipales y el estado técnico de la vialidad automotora y ferroviaria de interés nacional y provincial, priorizando la transportación pública de pasajeros.

A pesar de lo alcanzado hasta el presente por nuestro país en materia de Movilidad Rural, aún se está lejos de lograr los objetivos antes señalados, por lo que en el periodo 2026 – 2030, este será una de las prioridades para los estudios de la movilidad en nuestro país.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ONU Hábitat (2016), La Nueva Agenda Urbana

INOTU y ONU-Hábitat (2017), Plan de Estado para la implementación de la Nueva Agenda Urbana en Cuba (2017 – 2036)

Acuerdo 8928, (2020), Consejo de Ministros, Esquema Nacional de Ordenamiento Territorial (ENOT)

Jica, (2023), Plan Maestro del Transporte de la República de Cuba

J. Cabrera, (2023), Estudio de movilidad para un servicio interurbano de pasajeros

J. Cabrera, (2025), La Movilidad Urbana para el Desarrollo Sostenible de La Habana

RENACIMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE INTERURBANO EN PUERTO RICO: EL CASO DE CEIBA INTERCITY BUS

Carlos Y. Martínez Marrero, PE
Autoridad de Transporte Integrado de Puerto Rico
Guaynabo, Puerto Rico
cmartinez@ati.pr.gov

Miguel A. Vescovacci Rodríguez, PE
Management and Technical Consulting Group, Inc.
San Juan, Puerto Rico
Filadelfia, Pensilvania
mvesco@mtcgpr.com

RESUMEN

Este trabajo presenta el desarrollo del sistema de transporte interurbano en Puerto Rico, centrado en el caso del Ceiba Intercity Bus. Se analiza el contexto histórico del transporte regional, las necesidades de movilidad en la zona este del país, y la planificación estratégica del servicio. El estudio identifica los mercados objetivo, incluyendo residentes de Vieques y Culebra, estudiantes universitarios, y viajeros con necesidades médicas. Se detallan las conexiones multimodales, el marco legislativo que viabiliza el programa, y las experiencias aprendidas de otros estados. Finalmente, se presenta el diseño operativo del servicio, sus costos estimados y el impacto esperado en la movilidad regional.

1. INTRODUCCIÓN

En Puerto Rico y en los Estados Unidos, el transporte interurbano es un servicio esencial que conecta a poblados rurales con zonas metropolitanas. Este servicio, no obstante, ha quedado fuera de la planificación local de los municipios, quienes organizan sus esfuerzos de planificación y gestión del transporte público dentro de sus jurisdicciones.

Trasfondo Histórico

Líneas

Unos de los tipos de servicio interurbanos en Puerto Rico ha sido las *líneas* intermunicipales. Las *líneas* son empresas de transporte que se dedicaban a conectar las ciudades de mayor población, utilizando a la ciudad de San Juan como el eje de distribución. Las *líneas* proveyeron transportación a San Juan desde las ciudades de Aguadilla, Mayagüez, Arecibo, y Ponce. Las *líneas* operaron sin subsidios del Estado y a partir de la década de 1990 comenzaron a desaparecer debido al alza en los gastos operacionales, la competencia de los *carros públicos*.

Carros Públicos

El sistema de *carros públicos* es un medio de transporte público operado y administrado por los dueños de los vehículos de transporte, contrario a *líneas* que son operadas por empresas de transporte. En la década de 2010, existía más de 300 rutas de *carros públicos* y más de 2.800 operadores a través de toda la isla, y los servicios intermunicipales constituyeron una porción significativa. Las rutas de *carros públicos* de mayor distancia cobraron mayor valor estratégico al ser los únicos servicios de transporte públicos ofrecidos entre regiones urbanas. A pesar de tener un mercado estratégico, los servicios de *carros públicos* también han desaparecido debido a la inhabilidad de los operadores de mantener rentabilidad ante los aumentos en los costos operacionales de la transportación, la falta de subsidios y la inhabilidad de aumentar las tarifas al nivel de rentabilidad. Al 2024, solo quedaban 540 operadores activos a través de Puerto Rico entre rutas de servicio local y rutas regionales.

Con la desaparición de servicios regionales y de larga distancia de *líneas* y de *carros públicos*, la población quedó desprovista de un importante eslabón en el sistema de transporte terrestre.

Objetivos del Artículo

El artículo tiene como objetivo presentar el desarrollo del programa de transportación interurbano en Puerto Rico, analizando el contexto histórico y las oportunidades que la reglamentación federal provee para financiar la planificación y gestión de estos servicios.

2. MARCO TEÓRICO Y LEGISLACIÓN

La *Administración Federal de Transporte Público*, FTA, bajo la legislación federal ISTEA de 1991 creó un programa dirigido a operadores de transporte colectivo en áreas con menos de 50.000 habitantes, conocido como la Sección 5311 del código de transportación.

En el 2007, la nueva legislación federal de transporte SAFETEA-LU requirió que los estados separaran 15 porciento del presupuesto de asistencia operacional y capital dirigido a la subvención de operadores de transporte público en zonas rurales, a la planificación y desarrollo de los servicios de transportación entre zonas rurales y zonas urbanas.

En el 2010, la legislación federal fue enmendada para incluir la participación de los operadores de transporte colectivo en el proceso de gestión y planificación de los servicios interurbanos.

La Sección 5311(f) y sus cambios a partir del 2010 permitió estabilizar programas de transportación interurbana desde comunidades en áreas rurales a zonas metropolitanas, y a crear servicios nuevos basados en un proceso de planificación que incluye la participación de operadores privados.

Experiencias aprendidas

En los Estados Unidos, los servicios de transporte interurbano son definidos como un servicio estratégico del sistema de transportación nacional. Los servicios de transportación interurbanos mayormente conectan ciudades pequeñas con las capitales de los estados y con las ciudades más importantes. El proceso de diseño y planificación para Puerto Rico consideró la experiencia a nivel nacional. Aunque no existen comparaciones directas en términos geográficos, existen similitudes en las tendencias de movilidad en el mercado de viajeros y en los objetivos del programa.

Objetivos del programa

Los estados que tienen un programa de transportación de larga distancia han definido los objetivos en base a las necesidades de movilidad de los usuarios y la necesidad de mantener conexiones vitales de comunidades en áreas rurales con sus ciudades más cercanas. Algunos ejemplos de objetivos en cada estado son:

- California
  - Apoyar la conexión entre áreas no urbanas y la red nacional de servicios de autobuses de larga distancia.
  - Apoyar los servicios de transportación que ayuden a satisfacer las necesidades de movilidad de residentes en áreas no urbanas.

- Michigan
  - Satisfacer las necesidades de los clientes en viajes de larga distancia.
  - Aumentar la coordinación entre los servicios de transportación de larga distancia y agencias locales de transporte público para mejorar el mercado de viajeros intermodales.

• Minnesota
  ◦ Apoyar conexiones relevantes entre áreas no urbanas y los servicios regionales e interurbanos de transportación en autobuses.
  ◦ Apoyar los servicios para satisfacer las necesidades interurbanas de los residentes de áreas no urbanas.

• Oregón
  ◦ Proporcionar conectividad regional en coordinación con los servicios ferroviarios y con servicios de transporte aéreo.
  ◦ Identificar corredores de transportación que no están siendo atendidos en proporción a la demanda de movilidad regional, para desarrollar servicios nuevos, mejorar servicios existentes, coordinar servicios o mejorar la visibilidad de los servicios interurbanos.

Estudios de Casos

El caso de estudio más similar al caso de Puerto Rico se encontró en el estado de Washington. Las lecciones de Washington pueden aplicar al caso de Puerto Rico.

Washington

El estado de Washington planifica y gestiona el programa de transportación de larga distancia a través de la oficina de transporte público en el departamento de transportación de Washington (WSDOT), y se originó en el 2007. El programa cuenta con una visión estratégica definida más recientemente el 2019, que incluye la oferta actual de cuatro rutas (Apple Line, Dungeness Line, Gold Line, Grape Line). El programa realiza un proceso de consulta con los operadores privados cada cuatro años.

En su origen, el programa de transportación de larga distancia adquirió la flota de vehículos a través de una asignación de asistencia capital federal y cedió el activo al operador privado, quien utilizó los vehículos para operar las rutas en contratos de 4 años de duración. Los vehículos expiraron su vida útil junto con el contrato, lo que provocó que aumentaran los costos del programa al tener que reemplazar la flota en el próximo contrato. En el siguiente contrato de operación se le requirió al operador privado proveer los vehículos, mientras que el estado condicionó las especificaciones del vehículo (tamaño, accesibilidad, equipamiento, espacio para equipaje). Los contratos de operación se establecen por ruta.

El caso de Washington demuestra la importancia de desarrollar un proceso de planificación que le permita evaluar nuevas rutas y establecer el control del programa a través de un proceso de contratación conciso y con expectativas bien definidas. También confirma que los servicios de transportación de larga distancia mantendrán subsidios debido a su baja rentabilidad.

Lecciones para Puerto Rico

Las lecciones aprendidas de los estados le proveen a Puerto Rico un marco para introducir un nuevo concepto de servicio que ha pasado por varias iteraciones, y le

permitirán diseñar, planificar y gestionar el servicio evitando los traspiés de otras jurisdicciones.

En particular, el caso de Puerto Rico asegura

- Augurar consulta con potenciales operadores las oportunidades del mercado de transportación de larga distancia, sin comprometerse en acuerdos de servicio.

- Planificar los servicios de transportación a larga distancia de manera sistémica, pero mantener la prerrogativa de planificarlos de caso en caso.

- Reducir las expectativas operacionales del servicio de transportación de larga distancia cuyo propósito es establecer conexiones vitales.

- No gestionar el vehículo para otorgarlo al operador, debido a que pierde control del activo. Le requiere al operador demostrar la capacidad financiera y técnica para adquirir, operar y mantener el vehículo en condiciones óptimas para proveer un servicio seguro.

3. DIAGNÓSTICO DEL ÁREA ESTE DE PUERTO RICO

Población

El servicio Ceiba Intercity Bus atenderá a poblaciones rurales de dos municipios en islas de Vieques y Culebra. Ambas islas suman 9.620 habitantes, de los cuales 2.809, o el 29 porciento, son personas mayores de 60 años. Ambas islas también tienen una población de 180 estudiantes universitarios.

Visitantes

Las islas de Culebra y Vieques reciben miles de visitantes al año. En encuestas realizadas a visitantes de las islas de Culebra y Vieques, el 61 porciento indicó viajar para turismo y recreación. La gran mayoría de los visitantes a las islas de Culebra y Vieques utilizan el servicio de ferry debido a la conveniencia y su economía. El establecimiento de la ruta Ceiba a San Juan provee una conexión adicional al muelle de Ceiba para allegar más visitantes a ambas islas, trayendo actividad y desarrollo económico a éstas.

Conexiones

La zona este de Puerto Rico se caracteriza por ofrecer una movilidad colectiva local compuesta por servicios terrestres, marítimos y aéreos. La isla de Vieques, con su población de 9.900 habitantes, se ubica a 6 millas del municipio de Ceiba. La isla de Culebra, cuya población es de 3.200 habitantes, se ubica a 21 millas del municipio de Ceiba.

El acceso a estas islas es posible a través de servicios marítimos o en ruta aérea desde el municipio de Ceiba o desde el aeropuerto en San Juan. Las rutas marítimas se pueden apreciar en el mapa ofrecido a continuación en la Figura 1.

Figura 1 Rutas Marítimas entre Ceiba y las Islas de Vieques y Culebra

La conexión terrestre consiste en una combinación de servicios transporte de *carros públicos*, taxis y empresas de redes de transporte. En las islas, el transporte de *carros públicos* es ofrecido por demanda, mientras que existen opciones de alquiler de vehículos.

4. DISEÑO DEL PROGRAMA CEIBA INTERCITY BUS

Los objetivos del programa de transporte interurbano compaginan directamente con las características de movilidad del área este, en particular con los trasbordos que ocurren en el Muelle de Ceiba para viajes desde las islas municipio y para viajes hacia las islas municipio. Los viajeros que llegan al Muelle de Ceiba en las rutas marítimas provienen de poblaciones en áreas no urbanas, alineando el mercado con el servicio.

Paradas

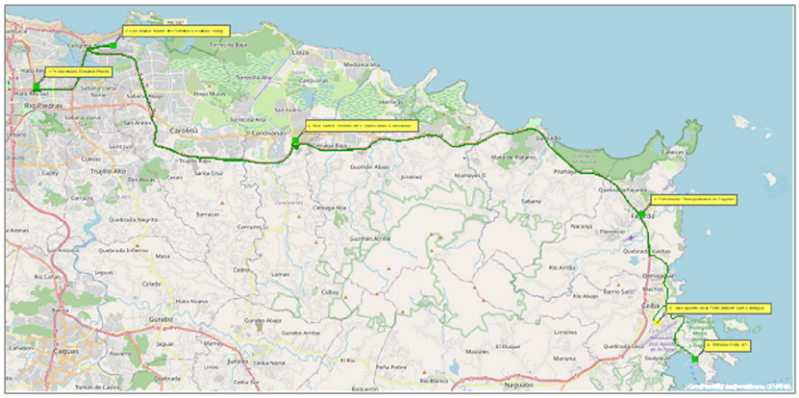
Las paradas del servicio de transporte interurbano fueron escogidas bajo los criterios del programa de transportación de larga distancia. Los criterios son:
1. Facilitar la conectividad intermodal con operadores locales de transporte público
2. Crear acceso a destinos médicos
3. Crear acceso a destinos educativos e institucionales
4. Hacer conexiones terrestres entre puentes aéreos y marítimos

Las paradas escogidas para el servicio Ceiba Intercity Bus son:
1. Estación Piñero del Tren Urbano, San Juan
2. Aeropuerto Luis Muñoz Marín
3. Centro Comercial Belz
4. Terminal de Trasportación de Fajardo
5. Aeropuerto José Aponte de la Torre
6. Muelle de Ceiba

Alineación

La efectividad de la ruta piloto del programa depende de las conexiones que establece y el reconocimiento de su rol como un conector multimodal. El servicio de autobús espera utilizar las carreteras de mayor velocidad y desempeño para cumplir puntualmente con un programa de servicio que será diseñado para facilitar las conexiones multimodales y servir de la mejor manera a sus mercados. La Figura 2 presenta la alineación de la ruta Ceiba Intercity Bus, con las paradas del servicio.

Figura 2 Alineación y Paradas de la Ruta Ceiba Intercity Bus



Programa

El concepto del servicio consiste en realizar viajes entre el Muelle de Ceiba y San Juan, utilizando la Estación de Piñero del Tren Urbano como terminal en la capital, y el Muelle de Ceiba en el municipio de Ceiba como el terminal este. Las llegada y salidas del Muelle de Ceiba se establecen en coordinación con el servicio marítimo del ferry que sirve desde Ceiba a las islas de Culebra y Vieques en tres rutas marítimas. La Tabla 1 presentan el programa de la ruta Ceiba – San Juan para viajes desde San Juan hacia Ceiba, y desde Ceiba hacia San Juan.

Tabla 1 Programa de Viajes de Ceiba Intercity Bus

	Viaje 1	Viaje 2	Viaje 3	Viaje 4	Viaje 5	Viaje 6
Tren Urbano Estación Piñero	5:00 AM	9:30 AM	9:40 AM	2:08 PM	4:40 PM	10:00 PM
Aeropuerto Luis Muñoz Marín (San Juan)	5:12 AM	9:10 AM	9:52 AM	1:47 PM	4:54 PM	9:45 PM
Belz Outlet	5:44 AM	8:34 AM	10:23 AM	1:16 PM	5:29 PM	9:16 PM
Terminal de Transportación Pública de Fajardo	6:29 AM	7:50 AM	11:08 AM	12:33 PM	5:29 PM	8:35 PM
Aeropuerto José Aponte de la Torre (Ceiba)	6:49 AM	7:28 AM	11:31 AM	12:13 PM	6:40 PM	8:13 PM
Terminal ATM Ceiba	7:05 AM	7:15 AM	11:51 AM	12:00 PM	6:57 PM	8:00 PM

Los tres viajes, ida y regreso, confirman que el objetivo del servicio de transporte interurbano será de acceso a las comunidades, sin ser de alta capacidad. El servicio confirma su objetivo de crear conexiones multimodales.

5. ANÁLISIS DE MERCADO

La Autoridad de Transporte Integrado en Puerto Rico evaluó el mercado local de viajeros de larga distancia para la zona este e identificó oportunidades para recuperar el mercado de viajeros de larga distancia, entre los cuales se identifican:

- Citas médicas
- Universitarios
- Visitas a parientes (incluyendo a reos en cárceles)
- Visitas de veteranos militares a instalaciones como el Hospital de Veteranos
- Eventos deportivos / culturales
- Conexiones a otros servicios de transportación (aeropuerto, trenes, metros, etc.)

En el área este, se traduce a los siguientes tipos de viajeros.

Viajeros de Vieques y Culebra

Los residentes de las islas de Vieques y Culebra utilizan el servicio de ferry semanalmente para viajar Ceiba. El servicio Ceiba Intercity Bus atenderá viajes dirigidos a la zona metropolitana de San Juan, incluyendo el aeropuerto Luis Muñoz Marín, para estos viajeros. Esto excluye a viajeros de corta distancia, quienes tienen ofrecimientos de movilidad que incluye los *carros públicos* y empresas de redes de transporte.

Viajeros a Vieques y Culebra

Los visitantes a la zona este, incluyendo a las islas de Vieques y Culebra forman otro mercado para el Ceiba Intercity Bus. Los estudios de perfil de usuarios de los visitantes de las islas de Vieques y Culebra muestran mayor nivel adquisitivo y accesibilidad a automóvil, la opción de transporte en itinerario fijo a un costo mucho menor podría mover una fracción del mercado hacia el servicio Ceiba Intercity Bus.

Universitarios

Los estudiantes universitarios han sido identificados como mercados para el servicio Ceiba Intercity Bus. En encuestas de viajeros realizadas a residentes de Vieques y de Culebra, el 90 porciento de los viajeros identificados como estudiantes universitarios indicaron viajar con regularidad a San Juan. El servicio Ceiba Intercity Bus permitirá a los estudiantes viajar a las islas municipio a un costo menor de lo que pagan actualmente en transportación, estacionamiento y peajes.

Viajes médicos

El Centro Médico de San Juan es la institución hospitalaria más avanzada y de mayor tamaño en Puerto Rico. La ruta Ceiba Intercity Bus habilitará viajes a residentes de la zona este (Ceiba, Vieques, Culebra y Fajardo), al Centro Médico, habilitados por trasbordos al Tren Urbano y la Estación Centro Médico desde la Estación Piñero. El Hospital Auxilio Mutuo en Hato Rey ubica a dos cuadras de la Estación Piñero, donde termina la ruta Ceiba Intercity Bus, añadiendo otro destino médico. En una encuesta de 290 viajeros de las islas de Vieques y Culebra, el 58 porciento indicó que los viajes médicos son uno de los principales motivadores para viajar a San Juan.

Viajeros fuera de Puerto Rico

Para residentes de la zona este, el aeropuerto Luis Muñoz Marín es el aeropuerto internacional más cercano. La ruta Ceiba Intercity Bus tendrá parada en el aeropuerto en los tres viajes que hace desde Ceiba hacia San Juan, y en los tres viajes que realizará desde San Juan hacia Ceiba. Al menos un cinco porciento de viajeros del área este demostró intención de usar el servicio Ceiba Intercity Bus para viajes al aeropuerto.

6. FINANCIAMIENTO Y COSTOS

La proyección de costos del servicio de Ceiba Intercity Bus se fundamenta en una operación de tres viajes diarios, ida y regreso, la utilización de un vehículo tipo Motorcoach con cabida para 54 pasajeros, y la responsabilidad del operador de proveer el vehículo para prestar el servicio.

Costos anticipados

Los costos económicos del servicio Ceiba Intercity Bus tienen un costo estimado de $603.643 al año. El costo anticipado del servicio se estima para la parte privada, encargada de operar el servicio, llevar a cabo el mantenimiento de la flota y manejar el cobro de tarifa, y los gastos administrativos asociados a su operación.

Tarifas y subsidios

El proceso de establecer la tarifa del servicio se basó en experiencias de otros estados, las tarifas establecidas para sistemas similares, las provisiones legales a nivel local, la demanda estimada y las métricas económicas anticipadas. El marco legal en Puerto Rico requiere descuentos a individuos a base de su edad o condición física. Las tarifas preferenciales equivalen al 50 porciento de la tarifa base para adultos entre 60 y 74 años, mientras que viajeros mayores de 74 años tienen derecho a viajar libre de costo. El marco legal en Puerto Rico también permite disfrutar de una tarifa descontada equivalente al 50 porciento de la tarifa base a individuos con discapacidades. Las tarifas preferenciales para estos grupos aumentan el subsidio requerido por pasajero para tener un servicio rentable.

La tarifa base de Ceiba Intercity Bus se estableció en $20, siendo comparable con servicios de larga distancia operados por Coach USA desde Nueva York y los servicios de las líneas en Washington. La Tabla 2 presenta las tarifas para servicios similares.

Tabla 2 Comparación de Tarifas de Servicios Intercity

Líneas Interurbanas	Tarifa Regular	Tarifa Adultos Mayores	Tarifa Niños
WsDOT Grape Line	$15	$15	$15
WsDOT Gold Line	$20	$20	$15
Coach USA NYC – Middletown, NY	$21	$11	$11
Coach USA NYC – Hawley, PA	$30	$27	$15
Ceiba Intercity Bus	$30	*$10 (60 a 74) / $0 (75 o más)*	*$10*

La demanda del servicio interurbano ha sido estimada entre 11.094 y 14.120 pasajeros al año. Esto traduce a unos ingresos estimados de $214.600, para un subsidio de $388.983. El costo por pasajero se estima en $42,75, mientras que la tarifa aproximadamente $15,20 del costo por pasajero, lo que cubre el 36 porciento del costo del servicio.

BIBLIOGRAFÍA

Circular C 9040.1H Guía del Programa de Fórmula de Fondos para Zonas Rurales (2024) Administración Federal de Transporte Público. Recuperado de https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/2024-10/C9040.1H-Circular-11-01-2024.pdf Recuperado 15 de agosto de 2025.

Intermodal Surface Transportation Equity Act (1991). Ley Federal 102-240.

Ley de la Carta de Derechos y la Política Pública a Favor de los Adultos Mayores (2019). Ley 121 de 2019 del Estado Libre Asociado de Puerto Rico.

Ley de la Carta de Derechos de las Personas con Impedimentos (2004). Ley 238 de 2004 del Estado Libre Asociado de Puerto Rico.

Perfil Anual de Autoridad de Carreteras y Transportación de Puerto Rico – Públicos. (2013, 2024) Base de Datos de Transporte Público de Estados Unidos. Administración Federal de Transporte Público. Recuperado de https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/transit_agency_profile_doc/2013/4105.pdf y https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/transit_agency_profile_doc/2024/40105.pdf Recuperado 1 de agosto de 2025.

Safe, Accountable, Flexible, Efficient Transportation Equity Act: A Legacy for Users (2005). Ley Federal 109-59.

Travel Washington Intercity Bus Program: Plan Update (2019). Departamento de Transportación del Estado de Washington (WSDOT).

TARIFA ZERO NO BRASIL: QUE CONDIÇÕES PARA A SUPERAÇÃO DA CRISE DA MOBILIDADE?

Anísio Brasileiro, Rodrigo Juan Martins Cardozo, Maurício Oliveira de Andrade
Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.
Anisio.brasileiro@ufpe.br
Rodrigo.cardozo@ufpe.br
Mauricio.andrade@ufpe.br

RESUMO

Desde antes da pandemia de 2020, as cidades brasileiras vivem uma crise estrutural de seus sistemas de transportes que se reflete por exemplo, pela queda na demanda dos transportes públicos, pelo aumento contínuo do fluxo de automóveis nas vias e pela proliferação do uso de motos e carros através das plataformas digitais, sem controle dos poderes públicos. Em paralelo, aumenta de forma progressiva o número de cidades que adotam a gratuidade universal ou a chamada Tarifa Zero em seus transportes públicos. O objetivo do artigo é discutir sob que condições essa política pública pode vir a contribuir para reduzir essa crise estrutural nos sistemas de transportes. São analisadas no artigo três pré-condições para que isto ocorra, a saber: a participação dos beneficiários indiretos no financiamento dos transportes (caso do *Versement Transport ou Mobilité Transport* na França), a gratuidade universal inserida em projetos urbanos e de mobilidade (Dunkerque) e envolvendo a participação social (Montpellier). A essas pré-condições devem estar sempre associadas a adoção de Parcerias Público Comunitárias com vistas a garantir a participação social na provisão de políticas públicas nas cidades brasileiras, buscando fortalecer os serviços públicos entendidos enquanto bens comuns da sociedade.

1. INTRODUÇÃO

As pesquisas de Santini (2025, 2024) mostram o crescimento contínuo das cidades brasileiras adotando a política de Tarifa Zero, esse número chegando a 135 cidades em 2025. Registre-se que nas duas últimas décadas, as políticas de gratuidade parcial ou universal não se restringiram apenas ao Brasil, estando presentes em muitos países, a exemplo da França, cuja experiência será objeto de análise no artigo. Neste país as políticas de gratuidade chegaram a 37 redes de transportes em 2022, indo desde pequenas cidades em sua maioria, mas já atingindo hoje cidades do porte das aglomerações de Dunkerque em 2018 (250 mil habitantes) e Montpellier em 2023 (450 mil habitantes), que adotaram a gratuidade (Huré, 2020, 2022).

Esse artigo tem por objetivo discutir a importância de uma política de gratuidade universal (chamada no Brasil de Tarifa Zero) vir a contribuir para a superação da crise estrutural da mobilidade que afeta hoje as cidades brasileiras. Os elementos dessa crise se expressam pela redução contínua da demanda pelo transporte público por ônibus, pelos elevados tempos de viagem devido aos congestionamentos provocados pelos aumentos dos fluxos de automóveis e motos para usos individual e compartilhado através de aplicativos, fato que se agrava com a escassez de faixas exclusivas para o transporte público, ocorrendo ainda aumentos das tarifas, observando-se também fragilidades na integração modal e no planejamento metropolitano.

A hipótese de pesquisa é que a Tarifa Zero pode contribuir para superar essa crise desde que ela esteja associada a políticas públicas urbanas baseadas em três dimensões interconectadas: i) participação dos beneficiários indiretos no financiamento dos transportes, inclusive da própria Tarifa Zero; ii) experiências de gratuidade universal inseridas em projetos de políticas de mobilidade que priorizem os transportes públicos, os modos ativos, a revitalização urbana e econômica das cidades; iii) participação das comunidades de usuários e associações da sociedade civil na formulação, implementação e avaliação de políticas urbanas e de gratuidade. Essas são condições indispensáveis para que políticas universais de gratuidade possam ter perenidade, não ficarem à mercê das conjunturas eleitorais, terem a possibilidade de contribuir para a superação da crise estrutural na gestão das cidades uma vez que estariam fundamentadas na participação cidadã, na coprodução e cogestão dos serviços públicos valorizados, tendo como referência o "princípio político" dos comuns (Dardot e Laval, 2017). Trata-se, pois, conforme Bianchi (2024) de um novo paradigma de elaboração de políticas urbanas de base comum, baseadas em práticas municipalistas inovadoras, visando promover a democratização das decisões de políticas públicas, contribuindo para a formação da cidadania e transformação social. Uma vez preenchidas essas três condições em conjunto, as cidades estarão melhor preparadas para caminhar em direção a um novo modelo de desenvolvimento social e inclusivo, alternativo à atual sociedade baseada no neoliberalismo urbano que tantas desigualdades traz para as condições de vida das cidades.

Através de um método qualitativo – interpretativo baseado em leituras documentais e análise de experiências internacionais, o artigo se estrutura em torno dessa Introdução (seção 1), realizando um breve histórico da experiência brasileira de Tarifa Zero, que requer estudos aprofundados (seção 2), para na seção 3 analisar a experiência do *Versement Transport* ou *Versement Mobilité* (Taxa Transporte ou Taxa Mobilidade)

adotada na França desde os anos 1970. A seção 4 mostra experiências de gratuidades que estejam inseridas em projetos urbanos de reorganização das redes de transportes públicos aliadas à revitalização de áreas centrais, tendo como referência a aglomeração de Dunkerque (França), a seção 5 discute elementos da experiência de participação social na aglomeração de Montpellier (França) que adotou a gratuidade universal, para na seção 6 discutir a necessidade de integração entre serviços públicos (re)valorizados, e, por fim, são enunciadas as conclusões e bibliografia usadas no artigo.

2. CRESCIMENTO DAS CIDADES ADOTANDO A TARIFA ZERO NO BRASIL

O ponto de partida para responder à questão do artigo consiste em realizar pesquisas nas cidades que implantaram a Tarifa Zero, cujos perfis vêm sendo estudados através de artigos em congressos, a exemplo da ANPET (Cardozo et al, 2024). Santini (2024, 2019) estuda o crescimento das políticas de Tarifa Zero no Brasil, registrando que o primeiro caso de Tarifa Zero universal ocorreu em 1992 no pequeno município de Conchas em São Paulo sob a iniciativa do Prefeito Paulo Nunes de Almeida, um dos primeiros eleitos pelo PT. Até 2012 haviam sido registrados apenas 17 cidades adotando Tarifa Zero, mas daí em diante houve um rápido crescimento com mais 25 casos entre 2013 e 2019, talvez já sob a influência das jornadas de junho 2013, da aprovação pelo Congresso da Política Nacional de Mobilidade Urbana (2012) e da aprovação da Emenda Constitucional (2015) de autoria de Deputada Luiza Erundina que reconhece o transporte como direito social na Constituição Brasileira. Após a pandemia esse número cresceu para chegar a 116 cidades (2024) adotando Tarifa Zero no Brasil (Santini, 2024). Em 2024 já se registravam 13 cidades com mais de 100 mil habitantes. Essas adoções da Tarifa Zero vieram acompanhadas de mudanças nos modelos de remuneração das empresas através de revisões contratuais, de reorganizações nas redes de transportes com novas linhas, itinerários, operadas pela iniciativa privada, remuneradas por quilômetros rodados. Os mecanismos de financiamento da Tarifa Zero referem-se a emendas parlamentares, cobranças por estacionamentos de veículos privados em áreas públicas, previsão de venda de créditos de carbono e, sobretudo, orçamentos municipais (Santini, 2024).

Se essas políticas possibilitam o acesso universal da população a um serviço público essencial, elas são objeto de controvérsias e debates, como ocorreu quando da primeira vez que surgiu a proposta da Tarifa Zero no Brasil, no Governo da prefeita de São Paulo Luiza Erundina (1989 – 1992), que não chegou a ser votada na Câmara dos Vereadores. Nesses debates que ocorrem nas cidades do Brasil, da França e de outros países, questões que se assemelham são debatidas, perguntas e dúvidas são esclarecidas. Vejamos a seguir cada uma das três condições que colocamos para a Tarifa Zero contribuir com a solução da crise dos transportes no Brasil.

3. PARTICIPAÇÃO DOS BENEFICIÁRIOS INDIRETOS NO FINANCIAMENTO DA MOBILIDADE: ENSINAMENTOS DO VERSEMENT TRANSPORT (VERSEMENT MOBILITÉ) FRANCÊS

3.1 Contexto político da criação do *Versement Transport* na França

Nosso conhecimento da experiência do *Versement Transport* (Taxa Transporte) francês data de cerca de 40 anos atrás, quando um dos autores desse artigo iniciou seu doutorado naquele país (Brasileiro, 1987). Na época o referido pesquisador buscava respostas para um duplo problema que se já era importante na época, hoje tornou-se altamente relevante no Brasil: como financiar os transportes públicos? Como criar e estruturar organismos públicos responsáveis pela gestão dos transportes e da mobilidade urbana? A ideia era verificar em que medida a criação de uma Taxa Transporte, ao mesmo tempo em que geraria recursos para financiar as infraestruturas e operação dos transportes, poderia incentivar a cooperação entre cidades de uma mesma aglomeração, pois a França é um mosaico com mais de 38 mil cidades (*communes*) de todos os tamanhos e diversos níveis de governo. Para entender essa relação entre financiamento e organização dos transportes observou-se que no início dos anos 1970, os transportes públicos viviam uma crise nas cidades, incluindo Paris. Observava-se uma deterioração das redes de transportes, pelo desengajamento financeiro das empresas privadas do financiamento da operação dos ônibus, o que acarretava aumentos de tarifas, com perda de qualidade dos serviços ofertados, gerando aumentos dos orçamentos municipais para cobrir custos, em um contexto de urbanização acelerada e aumento das taxas de motorização, com congestionamentos e perda de qualidade na vida urbana (Brasileiro, 1987).

O marco da renovação dos transportes públicos ocorreu, quando em 1970, se realizou na cidade de Tours um colóquio sobre a crise dos transportes no país, tendo como um dos motivos a ocorrência de manifestações dos usuários sobretudo em Paris (com o slogan *"metro, boulot, dodô"* ou metro, trabalhar, dormir), resultando no surgimento da proposta do *Versement Transport* (VT). Naquele colóquio se verificou uma convergência de interesses entre os atores em torno da criação dessa Taxa Transporte: as empresas privadas de ônibus e as empresas públicas de metrô e trens de subúrbio (*banlieue*) não precisariam mais cobrir os déficits operacionais, e se comprometiam em melhorar os serviços; as municipalidades disporiam de recursos financeiros adicionais e se comprometiam a elaborar planos de transporte e de uso do solo para propiciar uma ampla renovação das redes de transportes públicos através de medidas como: i) criação de linhas de bondes modernos; ii) revitalização dos centros das cidades, com vias de pedestres, ciclovias; iii) inovações tecnológicas como a bilhetagem eletrônica, planos de circulação; iv) fortalecimento da expertise local em urbanismo e transporte; v) criação de novas autoridades de tutela a nível da aglomeração, mas sempre de forma negociada entre os níveis de governo; vi) redefinição das missões do Estado central que aportaria soluções técnicas locais, da criação de organismos de planejamento em apoio aos municípios, a exemplo do CETUR – Centro de Estudos em Transportes Urbanos e do INRETS – Instituto Nacional de Pesquisa e Segurança de Transportes.

Esse esforço negociado entre os atores locais e nacionais teve seu ponto alto com a criação do *Versement Transport* a partir de 1971, e da LOTI – Lei de Orientação dos

Transportes Interiores (1982) pela Assembleia Nacional do país. Assim, a França se dotava de poderosos instrumentos institucionais, regulatórios e de financiamento que permitiriam uma revolução em seus sistemas de transportes públicos.

3.2 A criação do *Versement Transport* (VT)

Essa convergência de interesses entre os atores que que resultou em boa parte das lutas dos movimentos sociais na época, levou o Ministério dos Transportes francês a propor à Assembleia Nacional a "criação de uma taxa incidindo sobre os empregos que viria a aliviar as despesas com os elevados custos de financiamento dos investimentos". Esse novo mecanismos de financiamento representava uma vantagem para os industriais que disporiam de uma mão de obra com maior mobilidade através de uma renovação dos transportes coletivos urbanos (Brasileiro, 1987). Assim, o *Versement Transport* (VT) foi criado inicialmente na aglomeração de Paris (por conta da crise do metrô e trens de subúrbios) através da Lei N 71-559 de 12 julho 1971, sendo estendido às aglomerações das províncias com mais de 300 mil habitantes (Lei N 73-640 de 12 julho 1973), e devido às pressões das demais aglomerações cujos prefeitos se reuniram em Toulouse (1974) o VT foi ampliado para aquelas com menos de 100 mil habitantes (Lei N 74.933 de 7 novembro 1974), até que oito anos depois (1982), esse teto foi reduzido para agrupamentos de cidades com menos de 30 mil habitantes, seguido das com mais de 20 mil habitantes (1992), de mais de 10 mil habitantes (2000), e sem limites populacionais em cidades turísticas (2010) (Brasileiro, 1987, Richer, 2021). Um outro fato marcante foi a criação em 2019 de um novo arcabouço institucional pela Assembleia Nacional, a Lei de Orientação das Mobilidades (Loi d´Orientation des Mobilités – LOM) que mudou o nome do *Versement Transport* (VT) para *Versement Mobilité* (VM), de modo que doravante passaremos a denominar essa Taxa de VM.

Quanto aos percentuais das taxas limites (*taux plafonds*) a incidir sobre a massa salarial dos empregadores (empresas públicas e privadas presentes no perímetro territorial gerido pela autoridade de tutela) a legislação foi se modificando com o tempo, à medida em que mais recursos financeiros eram necessários para continuar a investir e mesmo manter os transportes públicos pelas municipalidades. Segundo Richer (2021), na aglomeração de Paris essas taxas passaram inicialmente de 2% em 1971 para 2,95% em 2021 (Paris e periférico interior) e de 2,01% no restante da região (1,6% nas áreas não urbanas). Nas cidades de Província, aquelas que criaram um Transporte coletivo em faixa exclusiva – *Transport collectif em site propre TCSP* (Tramway, ou BRT) a Taxa passou de 1,5% (1973) para 1,75% (1988); naquelas cidades com mais de 100 mil habitantes sem TCSP as taxas foram de 1%; e nas cidades com menos de 100 mil habitantes as Taxas passaram de 0,55% em 1981 para 0,80% em 2021.

É importante destacar aqui os fundamentos econômicos e sociais da criação do VT depois VM em França. Trata-se de um imposto que incide sobre a massa salarial dos empregadores públicos e privados que dispunham de mais de nove empregados trabalhando no perímetro do território da autoridade de tutela dos transportes. Esse número passou em 2019 para 11 empregados para atender as pequenas empresas que reagiam à cobrança desse imposto, cuja contrapartida é a melhoria do serviço de transporte prestado a seus empregados. O argumento econômico refere-se à justeza de cobrar dos beneficiários indiretos parte dos custos do sistema de transporte de seus empregados. Mas essa participação não é até hoje isenta de conflitos e reações.

E importante observar que desde sua origem a criação do VT ou VM é facultativa, não sendo um imposto obrigatório a ser cobrado aos empregadores pelas autoridades públicas. Qual a vantagem da aprovação do VT depois VM? De um lado, a sua aprovação pelas Câmaras de Representantes eleitos da cidade ou agrupamento de cidades, requer que o teto da população seja atingido, o que exige a associação de várias cidades para chegar a esses tetos populacionais e aplicar as taxas sobre as empresas situadas nesses perímetros, o VT se constituindo assim, em poderoso incentivador da cooperação entre cidades. De outro lado, a autoridade pública passou a gerir recursos financeiros crescentes que lhes permitiu investir na reorganização dos transportes, sobretudo na criação de linhas de bondes modernos, de expansão dos metrôs e trens regionais (esses com aporte de recursos do Estado), o que se constituiu em marketing de divulgação da tecnologia francesa no mundo.

3.3 O debate em torno do *Versement Mobilité* hoje

A principal vantagem da existência do VM diz respeito ao seu papel estratégico para o financiamento do sistema de transportes da França. Em 2020 o VM representou cerca de 50% do total de recursos das autoridades de tutela, sendo esse percentual de 43% na aglomeração de Paris, ao mesmo tempo em que das 101 redes de transportes das cidades com mais de 100 mil habitantes, apenas duas não tinham recursos oriundos do VM e 69 delas implantaram projetos de bondes elétricos, de metrôs e de ônibus em corredores expressos com recursos oriundos do VM (Richer 2021). De acordo com Cerema (2024) a repartição dos recursos financeiros geridos pelas Autoridades de tutela responsáveis pelo total das redes de transportes das províncias francesas era de: VM (52%), receitas tarifárias (17%), coletividades locais (19%), outras receitas (12%).

Ademais o VM contribui fortemente para o financiamento das políticas de gratuidade parcial ou total, adotadas nas cidades francesas. Ao mesmo tempo o VM pode ser usado para cobrir despesas financeiras, a exemplo dos custos de estacionamentos das ciclovias. Mas hoje o VM enfrenta o desafio de continuar a cobrir os déficits operacionais dos serviços que cresceram nos últimos 40 anos sendo que se nas duas primeiras décadas o VM cresceu bem mais que os déficits operacionais, nos últimos vinte anos essas diferenças vêm se reduzindo, de modo que chegará o momento em que as margens de cobertura dos déficits vão se reduzindo, o que pressionará as autoridades a aumentar seus orçamentos para cobrir o total dos custos (Richer, 2021).

Daí se colocar um impasse que tem a ver com as contestações históricas à existência do VM, em especial sobre a ampliação das taxas ou impostos cobrados aos empregadores públicos e privados, que poderiam ser aumentadas para cobrir as despesas crescentes das municipalidades. Richer (2021) coloca a existência de tensões entre dois blocos: de um lado, o "bloco local" em torno do Grupamento das Autoridades Responsáveis de Transportes (GART) e União dos Transportes Públicos e Ferroviários (UTP); de outro os representantes das empresas como o Movimento das Empresas da França (MEDEF) - a maior federação patronal do país, as Câmaras da Indústria e do Comércio (CCI), a Confederação Geral das Pequenas e Médias Empresas (CGPME). O conflito existe em torno da questão territorial, isto é, que cidades se beneficiam mais dos aumentos das Taxas do VM no interior de uma aglomeração?

Como as Taxas cobradas têm o mesmo valor no interior do perímetro onde por exemplo existem X a Y cidades, aquelas que estão mais próximas das áreas centrais onde passam os bondes elétricos ou ônibus em vias segregadas, se beneficiariam de uma melhor qualidade dos serviços de transportes, em comparação com aquelas que estariam mais distantes, nas bordas do perímetro territorial da Autoridade de Tutela, gerando conflitos em torno da taxa ser cobrada em sua área, mas que não teriam necessariamente acesso a melhores serviços. Da mesma forma há reações das empresas mais possantes que pagam mais a taxa do VM e que estão sediadas em áreas mais distantes dos novos serviços de transportes e que não vêm razão para pagar maiores valores do VM sobre a massa salarial de seus empregados, cujos recursos beneficiariam mais áreas centrais. Uma vez que as Autoridades de Tutela não oferecem necessariamente os mesmos padrões de qualidade para todo o perímetro de sua competência, empresas e cidades que se sentem prejudicadas tendem a reagir às cobranças dos impostos do VM gerando daí tensões que se acumulam historicamente.

Portanto, essas são tensões que acompanham a história do *Versement Transport* ao longo de sua longa e exitosa trajetória. O VM constituído através da convergência de interesses entre os atores permitiu a saída da crise estrutural em que se encontrava o financiamento e a gestão dos transportes da França. Assim, o principal ensinamento para o caso brasileiro estaria no caminho para a saída da crise através da negociação entre os atores da sociedade, o que requer uma reflexão permanente sobre o papel estratégico do VM na gestão territorial e na integração multimodal dos sistemas de transportes (Richer, 2021). Colocada, pois essa primeira precondição para a resolução da crise dos transportes no caso brasileiro, apresentamos a seguir a segunda condição ligada a necessidade da integração da política de gratuidade a um projeto urbano de melhoria dos transportes públicos e da qualidade de vida das cidades.

4. EXPERIÊNCIA INTERNACIONAL DE GRATUIDADE: A CIDADE DE DUNKERQUE, FRANÇA

A experiência francesa de Tarifa Zero nos interessa devido a que a França possui uma das mais antigas experiências de serviço públicos urbanos e de transportes. Segundo Huré (2022), as experiências de gratuidade nos transportes na França se inscrevem desde os anos 1980, em contextos políticos de valorização da oferta de transportes coletivos, com a criação de linhas de bondes elétricos e de ônibus circulando em faixas exclusivas, para reduzir o uso do automóvel e a emissão de gases poluentes. As políticas de gratuidade que remontam aos anos 1980 em cidades com menos de 50 mil habitantes, se estenderam nos anos 2010 em diante para cidades com mais de 100 mil habitantes, chegando a 37 cidades em 2022. Apoiando-se em pesquisas realizadas em Dunkerque (que em 2022 era a maior cidade a adotar a gratuidade, com cerca de 250 mil habitantes e 31 comunnes), Huré (2022) mostra que a gratuidade adotada desde 2018 se insere em um projeto chamado *"DK Plus de mobilité"* (Dunkerque mais mobilidade) com prioridade ao transporte público, na melhoria do transporte por ônibus, com a criação de um BRT, da reorganização de espaços públicos com políticas urbanas locais visando dinamizar a atividade econômica. O autor observa que essas ações se inserem em uma política de longo prazo com adoção desde 1976 de um sistema tarifário social que progrediu até chegar em 2018 à universalização do acesso aos serviços públicos de transportes. Os

resultados obtidos mostram um formidável aumento de 85% na demanda pelo transporte público nos dias de semana e de 120% nos fins de semana, entre junho de 2018 e junho de 2019, números que se mantiveram elevados até os dias atuais (Huré, 2022).

O autor chama a atenção para o fato que esses aumentos na demanda e no número de viagens tem a ver com a universalização do acesso a esse serviço público, ligado aos conceitos de justiça social integrada ao direito ao transporte. Assim, Huré (2022) chama atenção que se a gratuidade universal tem como foco principal as camadas da população cativas do transporte público (jovens, idosos, aposentados, pessoas sem posse de automóvel), ela também se dirige à classe média que utiliza o automóvel para se deslocar e que poderia se transferir para o transporte público de qualidade. Em um outro artigo (Huré, 2020) enfatiza a importância da decisão política e da liderança para o sucesso da experiência de Dunkerque, ao ressaltar o papel estratégico da liderança carismática do prefeito Patrice Vergriete eleito em 2014 com a gratuidade no seu programa e que ao assumir o segundo mandato a pôs em prática. O prefeito é engenheiro politécnico e de pontes e caminhos (*École Polytechnique et École Nationale des Ponts et Chaussées*) o que lhe deu enorme respeitabilidade e respaldo técnico para implementar a proposta do ponto de vista político. Huré (2020) enumera algumas das principais razões do sucesso da experiência de Dunkerque:

i) o consenso político que resultou da convergência entre a decisão política do prefeito e o seu conhecimento técnico (e da equipe) possibilitando que o Conselho da Comunidade aprovasse por quase unanimidade a proposta da gratuidade; ii) o apoio do prefeito ecologista da cidade de Grande Synthe, que trouxe a questão ambiental ao debate, defendendo a gratuidade como uma forma de reduzir a poluição atmosférica com possíveis reduções no uso do automóvel; iii) a existência de projeto urbano para a aglomeração e sua área central, através da melhora da qualidade da oferta do transporte público, readequação dos espaços públicos, fortalecimento das atividades econômicas na área central da cidade; iv) a criação de um ambiente psicológico positivo na população e um sentimento de orgulho devido às melhorias no transporte público em perspectiva ambiental, reduzindo a exclusão social, incentivando a convivialidade urbana, além de aumentar o poder de compra da população; v) o papel estratégico dos serviços técnicos locais, a exemplo da Agência de Urbanismo de Dunkerque cujo prefeito havia sido seu presidente, que organizou missões técnicas para visitas a outras cidades do país e do exterior, recebendo também delegações diversas, organizando seminários e encontros nacionais sobre gratuidade; vi)um aspecto central foi a instalação do Observatório das cidades do transporte gratuito criado em 5 de junho de 2019, através da inciativa da Agência de Urbanismo da região, da Comunidade Urbana de Dunkerque, e da associação de pesquisadores que tem realizado debates, estudos, tendo elaborado um livro em 2022, trazendo a dimensão da pesquisa para estudar os impactos da gratuidade sobre a sociedade.

5. PARTICIPAÇÃO SOCIAL EM PROJETOS URBANOS E DE MOBILIDADE: MONTPELLIER (FRANÇA)

A aglomeração de Montpellier (31 cidades e cerca de 500 mil habitantes) localizada na região sul da França constitui caso exemplar de combinação das dimensões

definidas no artigo relativas à participação do VM no financiamento dos transportes, na aprovação da gratuidade universal e sua inserção em um projeto de política urbana e de mobilidade e na existência de mecanismos de participação social na formulação e gestão dessas políticas públicas. Assim, um ano após assumir a prefeitura (*Mairie*) de Montpellier, o prefeito Michael Delafosse cumpriu um compromisso de campanha, ao adotar em quatro datas a gratuidade: nos fins de semana para todos os habitantes da aglomeração (05 setembro 2020), em seguida os vereadores votaram a gratuidade no Conselho da aglomeração (01 fevereiro 2021), vindo a gratuidade ser adotada todos os dias para os jovens com menos de 18 anos e mais de 65 anos (01 fevereiro 2021) e a gratuidade todos os dias para os seus 500 mil habitantes (21 dezembro 2023). Em seus pronunciamentos em defesa da gratuidade universal, o prefeito aponta que essa medida se apoia em quatro princípios,: i) contribuir para a transição ecológica com o incentivo a mudanças comportamentais e adoção de soluções inovadoras em defesa do meio ambiente, priorizando o uso do transporte público e a redução do uso dos veículos particulares; ii) reforçar o poder de compra das famílias de renda modesta, pois a gratuidade é uma medida de justiça social; iii) apoiar o comércio de proximidade, em especial no centro de Montpellier, em crise devido à concorrência das zonas comerciais mais acessíveis de carro; iv) melhor redistribuir os impostos locais, pois os visitantes pagam o bilhete nos ônibus e os locais têm seus custos cobertos pelo VM.

Esses princípios se transformaram em ações concretas previstas no Plano de Mobilidade para 2030, que teve aprovação inicial do Conselho da Aglomeração em 2021 com foco na luta em defesa do meio ambiente e da melhoria da qualidade de vida dos habitantes e usuários do território. O Plano segue cinco grandes orientações, visando fortalecer políticas para: bairros, cidades e vilas de "um quarto de hora", bicicleta como modo de deslocamento cotidiano, rede viária estruturante para dar mais fluidez às vias locais, rede de transporte público metropolitano, criação de polos de integração multimodais, contemplando todos os modos de deslocamentos.

A destacar a importância da participação cidadã no Plano de Mobilidade, com a criação em maio de 2022 do Comitê Mobilidades que associa empresas e usuários na definição e avaliação das políticas de mobilidade da aglomeração. Ao longo do projeto foi instalado um processo de concertação entre os atores, sendo que entre fevereiro de 2021 e maio 2022, mesmo antes da criação do Comitê, foram emitidos 150 pareceres relativos a contribuições ao projeto, e durante a sua existência foram realizadas três plenárias e quatro ateliês dedicadas ao projeto (chamados painéis da mobilidade) e duas experimentações a exemplo da mobilidade para pessoas com deficiência. Em 04 setembro 2024 o projeto foi apresentado em reunião pública, com a presença de habitantes, atores econômicos, associações de usuários e de empresas, parentes de estudantes, pessoas com mobilidade reduzida, associação de uso de bicicletas, sindicatos assalariados e patronais, sendo debatidos os objetivos do plano de ação do projeto: i) redução do tráfego no coração das áreas urbanas e redução das centralidades, ii) melhoria da rede de transportes coletivos, iii) tratamento da urbanização em coerência com a estratégia de mobilidade, iv) revalorizarção do lugar dos modos ativos (*Plan de Mobilité*, 2021 - 2032).

Esse processo participativo com foco no Plano de Mobilidade se insere em um projeto de participação cidadã em todas as dimensões da vida urbana da aglomeração. Essa

participação fica evidente através documento *Participation citoyenne 2021 – 2025* que mostra as grandes etapas da participação cidadã: i) 1980 - 2000 com o surgimento de projetos de urbanismo e transportes de caráter estruturador, debatidos em encontros públicos através dos comitês de bairros que são lugares de contato com a população; ii) 2000 – 2010, com exercício de uma democracia de proximidade através de processos de escuta dos habitantes, através de conselhos de bairros, a criação da Casa da Democracia (*Maison de la Démocratie*), com um grande processo de escuta em torno da construção da linha 3 do bonde elétrico, do Plano Clima, que mobilizaram ateliês participativos e conhecimentos locais ou ainda em torno das mobilidades ativas que a partir de 2010 buscaram associar os habitantes locais em uma lógica de Co construção de políticas públicas. Os anos 2020 vêm uma renovação da participação cidadã com a adoção de instrumentos participativos (orçamento participativo, assembleias de bairros, convenções cidadãos), de modo que a participação cidadã torna-se essencial para a construção de uma cidade onde se pratica a escuta justa e solidária.

6. CONCLUSÕES

Que ensinamentos podemos tirar dessas experiências para as cidades brasileiras? Entendemos que a questão central aqui analisada reside na inserção da política de Tarifa Zero em políticas públicas urbanas que contribuam para a melhoria da qualidade de vida das cidades. Mas essas políticas devem estar inseridas em um processo de participação social de base democrática, que permita a construção da cidadania da população a nível local. Para isso podemos tomar como referência a experiência de Barcelona, onde a ativista e militante Ada Colau oriunda dos movimentos sociais locais foi eleita prefeita da cidade por dois mandatos (2015 – 2023) sob o lema Barcelona em Comum. As bases teóricas e metodológicas de seus governos estavam inseridas no que Bianchi (2024) chamou o Novo Municipalismo que consiste na adoção de políticas públicas de base comum a nível local através de Parcerias Público Comunitárias – PPC – associando movimentos e organizações sociais aos governos das cidades.

Através das PPC é possível instalar processos de gestão democratizantes baseados no "princípio político" dos comuns (Dardot e Laval, 2025), onde é redefinido o papel do Estado, que passa a exercer funções de definição de diretrizes, financiamento e alocação de recursos humanos e materiais para que as comunidades locais possam efetuar a coprodução na formulação de políticas públicas, a cogestão dos bens e serviços públicos e os processos de autoavaliação dessas políticas. Dessa forma, conforme Bianchi (2024) são postas em prática de forma integrada, modalidades de participação representativa, direta e deliberativa, que levam ao exercício da democracia local. Essa abordagem tem sido adotada no Projeto "Ativos Cidadãos" iniciado em 2017, muito bem analisado por Bianchi (2024) e que pode servir de referência para a formulação, cogestão e autoavaliação de políticas públicas urbanas, inclusive a Tarifa Zero no Brasil, de forma a empoderar comunidades locais visando garantir o exercício de práticas democráticas, construindo pertencimentos e cidadanias locais. Para futuras pesquisas é essencial analisar as interfaces entre as políticas públicas de gratuidade universal e saúde, emprego e renda das famílias mais vulneráveis, combate ao racismo estrutural. O fortalecimento dessas políticas integrativas passa pela (re) valorização do papel do Estado a quem cabe fazer cumprir a Constituição Federal que garante o direito à mobilidade, educação, saúde der serviços públicos de qualidade.

BIBLIOGRAFIA

Bianchi, I. (2024) The democratising capacity of new municipalism: beyond direct democracy in public–common partnerships, Policy & Politics, XX(XX): 1–20.

Brasileiro, A. (1987) Les rapports entre le financement et l´organisation des transports collectifs urbains en France: Le cas du Versement Transport, ENPC, , Mémoire de DEA, Paris.

Cerema (2024) Quelle palce do Versement Mobilité dans le financement des mobilité en 2024?

Cardozo, R. J. M.; Luz, F. C. R.; Melo, Y. R.; Andrade, M. O.; Brasileiro, A. (2024) Tarifa Zero no Brasil: *Uma análise exploratória das experiências atuais*, in 38 Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, ANPET, Florianópolis.

Dardot, P. e Laval, C. (2017) Comum: Ensaio sobre a revolução no século XXI, Ed. Boitempo, São Paulo.

Huré, M. (2020) La gratuité des transports ou le retour du politique dans le pilotage de l´action publique. L´exemple de Dunkerque, in Transports Urbains, n. 136, juin 2020, Paris.

Huré, M. (2022) *La gratuité des transports au coeur des enjeux sociaux et écologiques de la mobilité*, in Informations sociales 2022/2, N 206, pp. 93 A 108.

Montpellier Méditerranée (2024) Plan de Mobilité 2021 – 2032. Diagnostic, Montpellier, France

Montpellier Méditerranée (2025) Participation citoyenne 2021 – 3035, 5 ans d´actions participatives, Montpellier, faire du futur un présent, Montpellier, France.

Richer C. (2021) Le Versement-Mobilité et la question territoriale : vers une redéfinition de la ressource suite à la Loi d'Orientation des Mobilités? Transports, Infrastructures & Mobilité, 2021, Financement, la grande impasse, N°527 – MAI & JUIN 2021, pp.28-30. halshs-03358905.

Santini, D. (2024) Sem catraca: da utopia à realidade da tarifa zero, São Paulo, Autonomia Literária, Fundação Rosa Luxemburgo.

TRANSCOLAR A PÉ: ANÁLISE DE CRITÉRIOS DE CAMINHABILIDADE NO PERCURSO CASA-ESCOLA PARA INFANCIAS

Víctor Veríssimo Guimarães
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil
victorverissimo@ufmg.br

Beatriz Alencar d'Araújo Couto
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil couto_beatriz@hotmail.com

Marcelo Franco Porto
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.
marceloporto@ufmg.br

RESUMEN

O A mobilidade ativa infantil é um tema crescente no Brasil, correlacionando o ato de caminhar ao desenvolvimento integral das crianças. Contudo, a influência dos cuidadores e a percepção de perigo em ambientes construídos afastam as infâncias do uso do espaço público, contribuindo para a diminuição do caminhar para a escola e o aumento de problemas de saúde pública. Entende-se que garantir a condição caminhável das ruas é um direito à cidade. O objetivo desta pesquisa é definir um conjunto de critérios avaliativos para uma metodologia de caminhabilidade direcionada ao público infantil. Parte-se da hipótese de que os métodos existentes se concentram em fatores estritamente objetivos ou subjetivos, sem intercâmbio causal, e relativizam a macro escala. A revisão narrativa da literatura demonstrou que índices reconhecidos, como o iCam 2.0, apresentam limitações por desconsiderar fatores simbólicos (brincadeira e descanso) e o conforto ambiental térmico. A análise permitiu sugerir novos critérios, agrupados em categorias como Recreação e Lazer e Conforto Climático e Sazonal. Concluiu-se que as medições de caminhabilidade devem integrar métodos subjetivos e objetivos em concordância, sendo a aplicabilidade dos índices maior para crianças do que para adolescentes.

1. INTRODUÇÃO

As discussões a cerca da mobilidade ativa infantil vem ganhando cada vez mais reverberação no Brasil, seja pelo fortalecimento das políticas e planos relacionados à primeira infância, seja pelas inúmeras pesquisas internacionais e nacionais que correlacionam o caminhar ao incremento ao desenvolvimento integral - físico, cognitivo e socioemocional em crianças.

Janssen e LeBlanc (2010) e Caughy et al. (2013), por exemplo, descrevem a partir de evidências que crianças que caminham para escola desenvolvem uma melhor saúde física psicológica, bem como facilidade de acesso caminhável a variedade diversificada de oportunidades podem garanttir resultados para a saúde e ao campo educacional mais garantidos. O plano nacional pela primeira infância (2020) por sua vez reafirma que os diversos contextos em que uma criança está inserida influenciam impacta em todos os aspectos do desenvolvimento, onde o ambiente construído pode se apresentar como uma intimidação quando as crianças e seus cuidadores não conseguem ponderar riscos, ser preparados ou ter segurança. Os caminhos usados e ocupados pelas crianças influenciam, na capacidade de participação nos termos de produção e uso do espaço público.

Ainda que entendida a relevância da necessidade de uso da cidade, existem contradições que afastam as infâncias do direito ao uso coletivo urbano. Na estrutura contemporânea de ocupação urbana pelas crianças, a influência dos cuidadores tem grande relevância, haja vista a dependência para a realização dos deslocamentos. Estes terminam por determinar restrições ao convívio infantil, o que afeta negativamente a autonomia das crianças e amplia a percepção de perigo nos trajetos que estas fariam de forma independente. A rua, desta forma, recebe um *status quo* prejudicial, não entendido como um espaço de lazer (ITDP Brasil, 2018), visto que muitos pensam que o mais seguro para criança é que esta fique em casa (Quintáns, 2015).

Ressalta-se, também no aspecto do uso ativo da rua pelas crianças que pais estão enfrentando desafios em seu cotidiano para trabalhar, bem como levar seus filhos à escola (Easton & Ferrari, 2015; Ferrari & Green, 2013). A participação modal de caminhar para a escola, que termina por ser uma das poucas formas de uso coletivo urbano, vem diminuindo (Hastie, 2007; McDonald & Aalborg, 2009; Schoeppe et al., 2016). A obesidade e a falta de atividade física tornaram-se um importante problema de saúde que afeta nossa qualidade de vida e, eventualmente, aumentará a mortalidade de nossa próxima geração (Hinckson et al., 2014; Nieuwenhuijsen, 2020).

Entende-se, dessa forma, que a condição caminhável das ruas para as infâncias cumpre o papel de garantir o direito a cidade. Incentivar que os espaços urbanos sejam de qualidade para as crianças é possibilitar o uso de tais espaços e levar a melhorias à sua educação, saúde e desenvolvimento. É junto dessa perspectiva que esta pesquisa se apresenta, ao buscar analisar os componentes que podem qualificar os deslocamentos e a apropriação do espaço urbano pelo público infantil. De acordo com Goulart e Günther (2018) é importante a avaliação da caminhabilidade a partir de seus elementos objetivos e subjetivos para a promoção um espaço público de fato democrático. Tal avaliação que é dada por meio de índices de caminhabilidade permitem monitorar qual o impacto de atividades de qualificação ou requalificação do espaço público, bem

como permite examinar em que medida estas beneficiam ou não os deslocamentos a pé (Andrade et al., 2017).

Nesse entendimento, esta pesquisa tem como objetivo apontar um conjunto de critérios avaliativos a serem considerados no desenvolvimento de uma metodologia de estudo da caminhabilidade, direcionada especificamente para o público infantil, tomando como base suas especificidades e restrições. Parte-se da hipótese que os métodos existentes que estudam a caminhabilidade junto desse público se concentram em fatores ou estritamente objetivos, ou tacitamente subjetivos, sem o intercâmbio causal, além disso verifica-se que os métodos se concentram na escala micro (elementos das calçadas e edificações) e relativizam fatores dedicados à escala macro (como a distribuição espacial, o clima e o relevo).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa construída se utiliza da revisão narrativa como metodologia primordial de análise e levantamento de dados. Segundo Camargo Júnior et al. (2023), a revisão narrativa não organiza em critérios explícitos e sistemáticos na análise crítica das informações. Esta se caracteriza pela seleção dos estudos e a interpretação das informações podem estar alinhadas à subjetividade dos pesquisadores, logo, não se pretende esgotar obrigatoriamente as fontes existentes, nem tampouco se aplicar estratégias densamente aperfeiçoadas e exaustivas.

Distinta da revisão sistemática, a revisão narrativa conta com uma abordagem mais aberta — raramente se usa de uma questão temática muito específica e bem definida — e não obriga a adoção de um protocolo rígido para sua realização. Assim, a seleção dos artigos é arbitrária, o que introduz o viés de seleção, com interferência da percepção subjetiva dos pesquisadores durante a interpretação dos dados (Camargo Júnior et al., 2023). A partir do entendimento dos procedimentos e da abrangência da modalidade narrativa de revisão, esta metodologia adota uma sequencia de etapas como: [1] a seleção do tema de pesquisa; [2] a definição dos termos de busca (no caso específico desta pesquisa: caminhabilidade, caminhabilidade infantil, mobilidade ativa com crianças e índices de caminhabilidade infantil); [3] a utilização de bases de dados (como Google Acadêmico, EBSCO, Periódicos CAPES, SciELO, entre outras); [4] a seleção de artigos pertinentes mediante leitura prévia (de título, resumo, palavras-chave, introdução e metodologia) e, por fim, [5] a construção do texto proposto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da revisão de literatura, entende-se que os índices de caminhabilidade são tentativas de integrar diferentes fatores do ambiente construído (HABIBIAN; HOSSEINZADEH, 2018; VARGAS; NETTO, 2017). Logo, os índices de caminhabilidade se caracterizam como instrumentos que avaliam o espaço e contribuem no reconhecimento do modo a pé como meio de transporte. A avaliação dos fatores, por fim permitem observar em que medida os deslocamentos a pé são favorecidos ou não.

Entre os mais diversos índices produzidos em circulação, no Brasil, o mais reconhecido é o iCam (Índice de Caminhabilidade), desenvolvido pelo Instituto de Política de Transporte e Desenvolvimento (ITDP), publicado em 2016 com função de mensurar as condições de espaços urbanos para o uso do pedestre. Essa ferramenta, revisada e republicada em 2018 (iCam 2.0) propôs a classificação do ambiente em 15 tipos de indicadores agrupados em categorias – calçada (largura e pavimentação); mobilidade (dimensão das quadras e distância a pé ao transporte); atração (fachadas fisicamente permeáveis, fachadas visualmente ativas, uso público diurno e noturno e usos mistos); segurança viária (tipologia da rua e travessias); segurança pública (iluminação e fluxo de pedestres diurno e noturno); e ambiente (sombra e abrigo, poluição sonora e, coleta de lixo e limpeza) (ITDP, 2018).

Todavia, reconhece-se que existem limitações sob vários condicionantes sobre essa mensuração, haja visto que fatores simbólicos – como locais de descanso e permanência, bem como de brincadeira e aprendizagem, - e relacionados ao conforto ambiental térmico não fazem parte das estruturas analisadas. Assim, é fundamental se estabelecer parâmetros regionalizados e segmentados por público que estejam adaptados as características dos usuários, haja visto os interesses e propósitos peculiares.

A revisão da narrativa da literatura possibilitou a correlação entre os critérios adotados pelo iCam 2.0, com outras metodologias sugeridas em outros estudos. A seguir apresentam-se uma sequência de 3 quadros que fornecerão bases de análise. O primeiro traz a lista de estudos utilizados como referência para a revisão de literatura; o segundo aponta os indicadores organizados por ordem de correlação; o terceiro uma sistematização por grupos temáticos.

Tabela 01. Agrupamento de fontes utilizadas para a análise de revisão narrativa

Nº	Nome do Artigo	Autor(es)	Tipo de Pesquisa	Ano de Publicação
01	Investigating effects of environmental physical attributes on neighborhood walkability	Saleheh Bokharaei, Jack L. Nasar	Aplicada (Investigação de efeitos)	2023
02	A new assessment model to evaluate the microscale sidewalk design factors at the neighbourhood level	M. Aghaabbasi, M. Moeinaddini, M. Z. Shah, Z. Asadi-Shekari	Aplicada (Modelo de avaliação)	2017
03	A data-driven framework for walkability measurement with open data: a case study of triple cities, New York	C. Deng, X. Dong, H. Wang, W. Lin, H. Wen, J. Frazier, et al.	Aplicada (Framework de medição)	2020
04	School walkability index: application of environmental audit tool and GIS	S. Lee, C. Lee, J. W. Nam, M. Abbey-Lambertz, J. A. Mendoza	Aplicada (Aplicação de índice)	2020
05	O Walk Score é uma ferramenta útil para medir a caminhabilidade em comunidades rurais?	Jay E Maddock, Cindy Perry, Rebecca Seguin-Fowler, Nathan F Diekman, Jessica Currier, Jim Winkle, Noah Lenstra, Heather Franklin	Aplicada (Avaliação da ferramenta Walk Score em ambiente rural)	2025
06	The development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study	L.D. Frank, J.F. Sallis, B.E. Saelens, L. Leary, K. Cain, T.L. Conway, et al.	Aplicada (Desenvolvimento de índice)	2010
07	Walkability Indicators for Pedestrian-Friendly Design	S. Gori, M. Nigro, M. Petrelli	Aplicada (Foca em indicadores)	2014

Nº	Nome do Artigo	Autor(es)	Tipo de Pesquisa	Ano de Publicação
08	Ciência cidadã e a (re)descoberta da caminhabilidade sob a ótica infantojuvenil	Ana Paula de Oliveira Freitas, Leandro Cardoso, Rogério Faria D'Ávila	Aplicada/Híbrida (Aprimoramento de índice via metodologia participativa)	2023
09	Evaluation and Optimization of Walkability of Children's School Travel Road for Accessibility and Safety Improvement	Jia Zhao, Wei Su, Jiancheng Luo, Jin Zuo	Aplicada (Construção de índice e otimização)	2022
10	Measuring Network Connectivity for Bicycling and Walking	Jennifer Dill	Teórica/Aplicada (Foco na medição de conectividade, componente central do índice)	2004
11	Walkability indices and children's walking behavior in rural vs. urban areas	Agnes G. Bucko, Dwayne E. Porter, Ruth Saunders, Lynn Shirley, Marsha Dowda, Russell R. Pate	Aplicada (Análise de índices existentes)	2021
12	Associação entre caminhabilidade e atividade física entre crianças e adolescentes: uma revisão sistemática	Giancarlo Bazarele Machado Bruno, Felipe Mendes Delpino, Ludmila Pereira Pimenta, Clécio Homrich da Silva, Elza Daniel de Mello	Teórica (Revisão Sistemática)	2025
13	Validation of the Neighborhood Environment Walkability Scale (NEWS) items using geographic information systems	M.A. Adams, S. Ryan, J. Kerr, J.F. Sallis, K. Patrick, L.D. Frank, G. J. Norman	Aplicada/Teórica (Validação de escala)	2009
14	Measures of walkability in the pediatric population: a qualitative review of the literature	A. Ubiali, D. Gori, A. Rochira, G. Raguzzoni, M.P. Fantini	Teórica (Revisão Qualitativa de medidas)	2021
15	Neighborhood Child Friendliness: A Comparative Analysis of Parental Landscape Perceptions and Geographic Information Systems-Based Urban Planning Indexes	Shadi Maleki, Ronald R. Hagelman III, Brendan L. Lavy	Aplicada (Análise comparativa de índices, incluindo caminhabilidade)	2022
16	Walking school bus line routing for efficiency, health and walkability: A multi-objective optimisation approach	Zhengyu Wu, Matthias Ehrgott, et al.	Aplicada (Otimização de rotas usando fatores de caminhabilidade)	2023
17	Subjective walkability perceived by children and adolescents living in urban environments: A study protocol for participatory methods and scale development in the WALKI-MUC project	Daniel Alexander Scheller, Joachim Bachner	Aplicada/Teórica (Protocolo para desenvolvimento de escala/índice NEWS-Y-G)	2024
18	Neighborhood Environment Walkability Scale for Youth (NEWS-Y): reliability and relationship with physical activity (Rosenberg et al.)	Rosenberg et al.	Aplicada/Teórica (Confiabilidade de escala)	2009
19	Investigating effects of environmental physical attributes on neighborhood walkability	Saleheh Bokharaei, Jack L. Nasar	Aplicada (Investigação de efeitos)	2023
20	A new assessment model to evaluate the microscale sidewalk design factors at the neighbourhood level (Aghaabbasi et al.)	M. Aghaabbasi, M. Moeinaddini, M. Z. Shah, Z. Asadi-Shekari	Aplicada (Modelo de avaliação)	2017
21	A data-driven framework for walkability measurement with open data: a case study of triple cities, New York (Deng et al.)	C. Deng, X. Dong, H. Wang, W. Lin, H. Wen, J. Frazier, et al.	Aplicada (Framework de medição)	2020
22	School walkability index: application of environmental audit tool and GIS (Lee et al.)	S. Lee, C. Lee, J. W. Nam, M. Abbey-Lambertz, J. A. Mendoza	Aplicada (Aplicação de índice)	2020

A partir do aprofundamento na literatura verificou-se quais os tipos de critérios de caminhabilidade foram utilizados para as análises e levantamentos, fez-se junto desses uma correlação por parametrização, observando-se as aproximações entre os estudos, verificou-se a prevalência de alguns critérios em mais de um artigo. Os artigos tomados foram numerados, e essa serviu de identificação de ocorrência utilização dos critérios de caminhabilidade (Tabela 02).

Tabela 02. Critérios de caminhabilidade a partir da análise de artigos tomados para revisão narrativa

Critério de Caminhabilidade	Descrição Breve	Prevalência nos Artigos Analisados (Fontes)
I. Critérios de Configuração (Macroescala)		
Conectividade de Ruas / Densidade de Interseções	Medida objetiva da frequência de cruzamentos, indicando a fluidez e variedade de rotas	3, 4, 8, 10, 11, 14, 15, 16, 17, 22
Uso Misto do Solo / Diversidade de Usos	Coexistência de diferentes tipos de uso (residencial, comercial, etc.), influenciando o número de destinos.	4, 6, 8, 10, 11, 16, 22
Densidade Populacional / Residencial	Número de residentes ou domicílios por unidade de área, associado à compacidade urbana	4, 8, 10, 11, 16, 22
Distância aos Destinos / Proximidade	Distância ou tempo de caminhada até comodidades, serviços ou parques	4, 10, 17
Densidade, Diversidade e Conectividade – DDC (Composto)	Medida sintética que combina múltiplas variáveis macro escalares (DDC)	4, 8, 10, 11, 16, 22
Tamanho / Comprimento do Quarteirão	Distância média entre interseções	4, 10, 11
Geometria Urbana / Estrutura Urbana	Características gerais do design de bairros (ex.: ruas arteriais) ou zona de estudo	5, 17
Topografia / Declividade (Slope)	Inclinação do terreno, que afeta a acessibilidade e o esforço de caminhar	6, 23
II. Critérios de Infraestrutura e Geometria (Microescala)		
Largura e Presença de Calçadas (Passeios)	Existência de um espaço exclusivo para pedestres e sua dimensão	1, 4, 5, 6, 8, 10, 14, 21, 22
Estado/Conservação do Pavimento	Qualidade da superfície da calçada (ausência de buracos, fissuras)	5, 6, 8, 21, 22
Barreiras de Proteção (Buffers)/ Separação	Elementos (faixas verdes, estacionamento) que separam o pedestre do fluxo veicular	1, 5, 6
Dispositivos de Travessia Segura	Elementos como faixas de pedestres (crosswalks), semáforos, pontes ou túneis	1, 4, 5, 6, 10, 14, 17, 22
Obstruções do Percurso	Itens que bloqueiam ou invadem o espaço de circulação (postes, lixo, caixas)	5, 17, 22
Estacionamento na Rua (On-street Parking)	Presença de veículos estacionados na rua	1, 5, 21
III. Critérios de Conforto e Clima (Situacional/Percebido)		
Proteção contra Intempéries / Conforto Térmico	Elementos que protegem de chuva, sol excessivo ou vento	4, 6, 21
Temperatura e Precipitação / Sazonais	Condições climáticas que afetam o comportamento de caminhar (variáveis situacionais)	2, 4
Poluição (Ar / Ruído / Fumaça)	Nível de poluição sonora ou atmosférica que afeta o conforto e a saúde	6, 22, 23
Iluminação	Qualidade da luz artificial para segurança e conforto, especialmente noturna	6, 22

Critério de Caminhabilidade	Descrição Breve	Prevalência nos Artigos Analisados (Fontes)
IV. Critérios Simbólicos, de Brincadeira e de Descanso		
Espaços de Brincadeira / Jogabilidade (Playability)	Características que promovem brincadeiras ativas e jogo livre (não utilitário).	6, 17, 21
Parques e Espaços Verdes Acessíveis	Proximidade e disponibilidade de áreas de lazer, recreação, ou espaços abertos e naturais	4, 6, 10, 21, 22
Bancos para sentar-se / Espaços de Descanso	Infraestrutura que oferece locais para pausas e encontros sociais	6
Atratividade / Estética (Aesthetics)	Qualidade visual do ambiente, incluindo vegetação, paisagismo e design urbano	1, 4, 6, 22
V. Critérios de Segurança		
Segurança Viária (Tráfego)	Percepção e medidas objetivas de risco de acidentes e colisões	5, 6, 8, 13, 14, 22
Velocidade e Volume do Tráfego	Intensidade e rapidez do fluxo de veículos, fatores que influenciam a percepção de perigo	5, 6, 22
Segurança Pública / Segurança contra o Crime	Sentimento de segurança contra atos criminosos e vigilância natural	6, 8, 16, 22
VI. Critérios de Acesso e Destinos		
Acesso ao Transporte Público	Proximidade e facilidade de acesso a paragens ou estações	6, 22
Vigilância Natural (Surveillance)	Capacidade de visão clara da rua a partir dos edifícios (janelas, varandas)	17, 22

A reflexão sobre o conjunto de critério serviu de referência para se observar a amplitude critérios adotados pelo iCam 2.0. Diante disso se compreendeu que a esse critério não continham especificidades e características indispensáveis para a análise da caminhabilidade, principalmente ao se utilizar o público infantil como objeto de análise. Assim, apresenta-se uma nova tabela que aponta uma maior abrangência com novos indicadores e critérios, possíveis de serem analisados em futuros estudos (Tabela 3).

Tabela 03. Novos Critérios de caminhabilidade a partir integração de dados de fontes de estudo

Categoria iCam 2.0	Indicadores Originais	Novos Indicadores Sugeridos para a Categoria (Com base nas Fontes)
1. Calçada	Largura e Pavimentação	Largura Efetiva do Passeio
		Conservação do Pavimento da Calçada
		Desníveis na Calçada
		Sinalização Tátil
		Obstrução do Percurso (*Obstruction of Pedestrian Safety*)
2. Mobilidade	Dimensão das Quadras	Densidade de Interseções/Conectividade de Ruas
	Distância a Pé ao Transporte	Conectividade Angular (*Angular Connectivity*)
		Métrica de Integração R600 (*Integration R600 metric*)
		Infraestrutura Cicloviária
3. Atração	Fachadas Fisicamente Permeáveis	Permeabilidade Visual
	Fachadas Visualmente Ativas	Atratividade Visual
	Uso Público Diurno e Noturno	Tipologia de Edifícios (Ex: Densidade de Apartamentos > 20 andares)
	Usos Mistos	Densidade de Destinos/Comodidades (*Retail, Food Outlets*)

Categoria iCam 2.0	Indicadores Originais	Novos Indicadores Sugeridos para a Categoria (Com base nas Fontes)
4. Segurança Viária	Tipologia da Rua	Barreiras de Proteção (*Buffers* ou Faixas de Proteção)
	Travessias	Estacionamento na Rua (*On-street Parking*)
		Velocidade dos Veículos / Limites de Velocidade Postados
		Impacto do Fluxo de Tráfego (*Impact Degree of Traffic Flow*)
		Dispositivos de Acalmamento de Tráfego (*Traffic Calming Features*)
		Completeness of Crossing Facilities
5. Segurança Pública	Iluminação	Vigilância Natural (*Surveillance*)
	Fluxo de Pedestres Diurno e Noturno	Segurança Contra o Crime (*Crime Safety*)
		Redução de Incivilidades Físicas (Graffiti, Vandalismo)
6. Ambiente	Sombra e Abrigo	Arborização / Vegetação (*Trees*)
	Poluição Sonora	Forma e Estrutura da Árvore (Canopy, Tronco)
	Coleta de Lixo e Limpeza	Poluição Atmosférica (Gases de Escape, Fumaça)
		Qualidade da Limpeza / Condição da Rua (*Street Cleanliness*)
Novas Categoria Sugerida (Com base nas Fontes)	**Motivação Principal (Foco no Público Infantojuvenil e Lazer)**	**Indicadores Sugeridos para a Nova Categoria (Com base nas Fontes)**
7. Recreação e Lazer	Categoria que agrupa critérios não utilitários, essenciais para a jogabilidade (playability) e o tempo de permanência no bairro, promovendo atividade física livre, sociabilidade e noções de cidadania e civilidade	Parques e Áreas Verdes Acessíveis (Proximidade/ Área)
		Espaços de Brincadeira / Playgrounds
		Trilhas e Caminhos Desenvolvidos (Trails and Paths)
8. Conforto Climático e Sazonal	Categoria focada em fatores que moderam o comportamento de caminhar, especialmente temperatura e intempéries, que afetam a experiência e a proteção	Conforto Térmico
		Risco de Inundações
		Variáveis Climáticas (Ex: Temperatura, Precipitação)

4. CONCLUSÃO

De maneira geral observou-se uma falta de padronização de metodologias de medição o que gerou dificuldades de comparabilidade, entende-se que de certo modo que esse contexto não pode ser resolvido, já que as especificidades são prioritárias para as análises. Em complemento, um dos pontos prioritários de defesa é a necessidade que as medições de caminhabilidade feitas por métodos subjetivos (como questionários/ surveys) ou objetivos (como GIS e auditorias de rua), sejam feitas em concordância, o que não foi percebido nos estudos. Outro ponto importante é que exista flexibilidade na ponderação relativa de diferentes variáveis alinhadas às características sociodemográficas e perceptivas das crianças haja visto que que negligenciar a importância relativa dos indicadores ignora a possibilidade de que um indicador seja mais importante do que outro dependendo das perspectivas individuais. Por fim, a maioria dos estudos indica uma aplicabilidade maior dos índices para crianças do que adolescentes, haja visto que para esses a decisão é multifatorial e menos ligada apenas à infraestrutura física, ao contrário das crianças que prioriza fatores objetivos do ambiente, medidos e orientados pelos pais. Espera-se que a diversidade e amplitude desse trabalho possibilite novas pesquisas e reflexões.

5. REFERÊNCIAS

Andrade, V., Linke, C. C., Hoppe, D., Ribeiro, G. (2017). Índice de caminhabilidade: Avaliação na escala do bairro. In: Andrade, V., Linke, C. C. (Org). *Cidades de pedestres*. Rio de Janeiro: Babilonia Cultural Editorial.

Brownson, R.C., Hoehner, C.M., Day, K., Forsyth, A., Sallis, J.F. (2009). Measuring the Built Environment for Physical Activity. *Am. J. Prev. Med.*, 36, S99-S123.

Buck, C., Tkaczick, T., Pitsiladis, Y., De Bourdehaudhuij, I., Reisch, L., Ahrens, W., et al. (2015). Objective measures of the built environment and physical activity in children: from walkability to moveability. *J Urban Health*, 92, 24–38.

Bucko, A.G., Porter, D.E., Saunders, R., Shirley, L., Dowda, M., Pate, R.R. (2021). Índices de caminhabilidade e o comportamento de caminhada de crianças em áreas rurais vs. urbanas. *Health Place*, 72, 102707.

CAMARGO JÚNIOR, R. N.C., DA SILVA, W. C., DA SILVA, E. B. R., DE SÁ, P. R., FRIAES, E. P.P., DA COSTA, B. O., ROCHA, C. B. R., DA SILVA, L. C. M., BORGES, D. C., DA CRUZ, S. L. F., NINA, L. M. B., DE OLIVEIRA JÚNIOR, J. A. (s.d.). Revisão integrativa, sistemática e narrativa - aspectos importantes na elaboração de uma revisão de literatura. *Revista ACB: Biblioteconomia em Santa Catarina*, 28(1), 1–15.

Carvalho, I. R. V. (2018). *Caminhabilidade como instrumento de mobilidade urbana: um estudo de caso em Belo Horizonte*. Dissertação de mestrado. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais.

Cerin, E., Saelens, B.E., Sallis, J.F., Frank, L.D. (2006). Neighborhood environment walkability scale: validity and development of a short form. *Med Sci Sports Exerc*, 38(9), 1682–91.

Clifton, K.J., Livi-Smith, A.L., Rodriguez, D. (2007). The development and testing of an audit for the pedestrian environment. *Landsc Urban Plan.*, 80, 95–110.

Ding, D., Sallis, J.F., Kerr, J., Lee, S., Rosenberg, D.E. (2011). Neighborhood environment and physical activity among youth a review. *Am. J. Prev. Med.*, 41, 442-455.

Duncan, D.T., Aldstadt, J., Whalen, J., Melly, S.J., Gortmaker, S.L. (2011). Validation of Walk ScoreVR for estimating neighborhood walkability: An analysis of four US metropolitan areas. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(11), 4160–79.

Frank, L.D., Sallis, J.F., Saelens, B.E., et al. (2010). The development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study. *Br J Sports Med*, 44(13), 924–33.

Freitas, A.P.O., Cardoso, L., D'Ávila, R.F. (2023). Ciência cidadã e a (re)descoberta da caminhabilidade sob a ótica infantojuvenil. [*Não Publicado/Artigo*].

Giles-Corti, B., Wood, G., Pikora, T., Learnihan, V., Bulsara, M., Van Niel, K., et al. (2011). School site and the potential to walk to school: the impact of street connectivity and traffic exposure in school neighborhoods. *Health Place*, 17(2), 545–50.

Goulart, F., Günther, H. (2018). O papel da arborização urbana na vivência do pedestre: Um estudo sob a perspectiva pessoa-ambiente. In: *8º Congresso Luso-Brasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável (Pluris 2018)*. Coimbra.

Gropp, K.M., Pickett, W., Janssen, I. (2012). Multi-level examination of corre-lates of active transportation to school among youth living within 1 mile of their school. *Int J Behav Nutr Phys Act.*, 9(1), 124.

Habibian, M., Hosseinzadeh, A. (2018). Walkability index across trip purposes. *Sustainable Cities and Society*, 42, 216–225. Recuperado de https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221067071731689X e acesso em 18 out. 2025.

Hastie, P. A. (2007). Physical activity opportunities before and after school. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 78, 20–23.

ITDP Brasil, Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento. (2018a). *Índice de Caminhabilidade: Ferramenta*. Versão 2.0. Rio de Janeiro: ITDP Brasil. Recuperado de https://itdpbrasil.org/icam2/ e acesso em 15 out. 2024.

ITDP Brasil, Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento. (2018b). *O acesso de mulheres e crianças à cidade*. Rio de Janeiro.

Janssen, I., LeBlanc, A.G. (2010). Systematic review of the health benefits of physical activity and fitness in school-aged children and youth. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7(40). doi: 10.1186/1479-5868-7-40.

Jáuregui, A., Santos-Luna, E., Hernández-Barrera, E., Barquera, S., Soltero, E., Jáuregui, E., et al. (2016). Multilevel Models of Individual and Environmental Correlates of Active Commuting to School in Mexican Urban Children. *Journal of Physical Activity and Health,* 13, 325-332.

Larouche, R., Bélanger, M., Brussoni, M., Faulkner, G., Gunnell, K., Tremblay, M.S. (2024). Correlates of Active School Transportation During the COVID-19 Pandemic Among Canadian 7- to 12-Year-Olds: A National Study. *Journal of Physical Activity and Health*, (Ahead of Print).

Lee, S., Lee, C., Nam, J.W., Abbey-Lambertz, M., Mendoza, J.A. (2020). School walkability index: application of environmental audit tool and GIS. *J Transp Health*, 18, 100880.

Maddock, J.E., Perry, C., Seguin-Fowler, R., et al. (2025). O Walk Score é uma ferramenta útil para medir a caminhabilidade em comunidades rurais?. *J Rural Health*, 41(2), e12895.

McDonald, N. C., Aalborg, A. E. (2009). Why parents drive children to school. *Journal of the American Planning Association*, 75, 331–342.

McMillan, T.E., Cubbin, C., Parmenter, B., Medina, A.V., Lee, R.E. (2010). Neighbor-hood sampling: how many streets must an auditor walk? *Int J Behav Nutr Phys Act.*, 7, 20.

Molina-García, J., Campos, S., García-Massó, X., et al. (2020). Different indices of neighborhood walkability for active commuting to school are needed for urban and rural children and adolescents. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 17, 124.

NACTO-GDCI, National Association of City Transportation Officials. (2019). *Guia Global Desenho de Ruas.* São Paulo: SENAC.

Nieuwenhuijsen, M. J. (2020). Urban and transport planning pathways to carbon neutral, liveable and healthy cities; a review of the current evidence. *Environment International*, 140, 105661.

Quintáns, I. (2015). A importância do caminhar nos espaços urbanos para a educação, saúde e desenvolvimento da criança. In: Duarte, T. L. (Ed.). (2015). *O pedestre e a cidade. ANTP, Associação Nacional de Transportes Públicos. Série cadernos técnicos – Cidades a pé*. Recuperado de http://www.antp.org.br/biblioteca-vitrine/cadernos-tecnicos.html e acesso em 05 de maio de 2019.

Rede Nacional Primeira Infância (RNPI), ANDI Comunicação e Direitos (ANDI). (2020). *Plano Nacional pela Primeira Infância: 2010-2022 | 2020-2030*. 2. ed. Brasília (DF), RNPI/ANDI. ISBN 978-65-992607-0-4. Disponível em: https://primeirainfancia.org.br/wp-content/uploads/2020/10/PNPI.pdf. Acesso em: (incluir data de acesso).

Sallis, J.F., Cervero, R.B., Ascher, W., Henderson, K.A., Kraft, M.K., Kerr, J. (2006). An ecological approach to creating active living communities. *Annu Rev Public Health*, 27, 297–322.

Schoeppe, S., Tranter, P., Duncan, M. J., Curtis, C., Carver, A., Malone, K. (2016). Australian children's independent mobility levels: Secondary analyses of cross-sectional data between 1991 and 2012. *Children's Geographies*, 14, 408–421.

Ubiali, A., Gori, D., Rochira, A., Raguzzoni, G., Fantini, M.P. (2021). Measures of walkability in the pediatric population: a qualitative review of the literature. *Ann Ig*, 33(1), 67-85.

Wong, B.Y.M., Faulkner, G., Buliung, R. (2011). GIS measured environmental correlates of active school transport: a systematic review of 14 studies. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 8(1), 39.

ACCESIBILIDAD UNIVERSAL Y EL DERECHO AL TRANSPORTE: PERSPECTIVAS DESDE UN ENFOQUE DE MODELADO DE ELECCIÓN DISCRETA APLICADO A UNA POBLACIÓN VULNERABLE

Ana Ferizzola
Kennya Páez
Thomas E. Guerrero B
Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña, Sede El Algodonal, Ocaña, Norte de Santander, Colombia.
teguerrerob@ufpso.edu.co

RESUMEN

Este estudio examina la accesibilidad al transporte como un derecho humano, enfocándose en personas con movilidad limitada en Ocaña (Colombia). Utilizando una encuesta de *Preferencias Declaradas* (SP) y un *Modelo Híbrido de Elección* (HCM) que incluye *Variables Latentes* (LVs), la investigación captura tanto las características observables del transporte como las percepciones no observables. La encuesta involucra a individuos con impedimentos de movilidad actuales o pasados y a cuidadores, recopilando información socioeconómica, satisfacción con el transporte existente y elecciones entre escenarios hipotéticos que involucran los modos de transporte: autobús, taxi y van (buseta). Los atributos considerados incluyen tiempo de viaje, tiempo de espera, costo, cobertura y comodidad. El HCM incorpora dos variables latentes: *"Facilidad de Viaje"*, que afecta positivamente la elección del autobús, y *"Disposición a Pagar"*, que impacta negativamente la elección del taxi. Los resultados indican que, si bien una mejor accesibilidad hace que los autobuses sean más atractivos, los individuos dispuestos a pagar más pueden evitar los taxis si los beneficios percibidos no justifican los costos más altos, optando por modos más costo-efectivos. El modelo también confirma la consistencia microeconómica, ya que el tiempo de espera se penaliza más fuertemente que el tiempo de viaje. Estos hallazgos proporcionan evidencia empírica desde un contexto del *Sur Global*, informando políticas para la planificación del transporte inclusivo.

1. INTRODUCCIÓN

La *Justicia en el Transporte* busca la distribución equitativa de beneficios y cargas en los sistemas de transporte, involucrando a todos los grupos sociales, especialmente a los más vulnerables (Martens, 2017). La oportunidad de viajar no debe considerarse un privilegio, sino un derecho, cuyo acceso implica infraestructura y un derecho a la plena participación en la sociedad. Sin embargo, millones de personas con movilidad reducida enfrentan obstáculos que limitan su acceso diario a un transporte justo, digno e inclusivo. Tanto las Naciones Unidas (ONU) como la Organización Mundial de la Salud (OMS) han alertado sobre la frecuencia con la que las personas con discapacidades son excluidas en lo que respecta a desplazarse por nuestras ciudades. Sus datos indican que el 75% de las personas con movilidad reducida experimentan limitaciones para acceder a oportunidades de transporte en países en desarrollo (ONU, 2006; OMS, 2011). Esta situación contribuye a una desigualdad social que afecta profundamente la calidad de vida, limitando el acceso a servicios esenciales, empleo, educación y participación cívica.

La literatura sobre movilidad y accesibilidad ha abordado principalmente el modelado de elecciones modales en poblaciones generales, basando todos los análisis en la influencia de atributos como el tiempo (acceso, espera y viaje), tarifa y comodidad (Ben-Akiva y Lerman, 1985; Ortúzar y Willumsen, 2024). Sin embargo, poco se ha explorado sobre cómo las personas con movilidad reducida toman decisiones modales bajo condiciones de accesibilidad limitada. La mayoría de los estudios en esta área se han realizado en países desarrollados con ofertas modernas de transporte e infraestructura, enfocándose en la calidad del servicio universal. Mientras que los estudios en ciudades intermedias, particularmente en América Latina, son escasos, estos países se encuentran en el otro lado de la moneda, y sus sistemas de transporte enfrentan varios problemas (subfinanciación, inseguridad, condiciones inseguras, hacinamiento y dificultad de acceso, entre otros). Esta brecha en la literatura representa una oportunidad para proporcionar evidencia empírica desde un contexto en desarrollo donde los sistemas de transporte no están completamente adaptados para satisfacer las necesidades de las personas con movilidad reducida.

Estudiar Ocaña como caso de estudio es particularmente relevante porque las ciudades intermedias en América Latina a menudo enfrentan el doble desafío de una capacidad institucional limitada y sistemas de transporte subfinanciados, mientras simultáneamente acomodan una demanda creciente de movilidad inclusiva. A diferencia de las grandes áreas metropolitanas, donde las inversiones en infraestructura de accesibilidad son más comunes, las ciudades intermedias típicamente carecen de una planificación sistemática para el diseño universal, dejando a los grupos vulnerables desproporcionadamente afectados. Ocaña representa así un caso crítico para entender cómo las brechas de accesibilidad se manifiestan en centros urbanos más pequeños del *Sur Global* y cómo las intervenciones focalizadas pueden generar ganancias significativas en equidad social con recursos relativamente modestos.

Esta investigación se llevó a cabo en Ocaña, una pequeña ciudad en Colombia. Un estudio realizado por ONU Mujeres et al. (2021) indica que en Colombia, alrededor del 8% de la población sufre algún tipo de discapacidad. Dos de cada tres personas con discapacidad son adultos de 45 años o más, mientras que la población entre 2 y 4

años con discapacidad representa el 4.6% del total de la población con discapacidad en Colombia. La principal causa de discapacidad es la enfermedad, seguida por la edad avanzada, las secuelas de la violencia o causas congénitas. Entre las personas con discapacidad, el 8.0% de las mujeres y el 5.8% de los hombres tienen dificultad para mover su cuerpo, caminar o subir y bajar escaleras. Entre las necesidades de este tipo de población se encuentra un sistema de transporte que facilite su accesibilidad y movilidad, ya que les resulta difícil utilizar el transporte público porque los servicios actualmente disponibles no cuentan con instalaciones suficientes para transportar dispositivos de asistencia a la movilidad (bastones, muletas, andadores, sillas de ruedas, entre otros). Asimismo, los modos actuales de transporte público disponibles no están adaptados para permitir una entrada y transporte cómodos, lo que ha limitado los viajes de las personas y les ha impedido acceder al sistema de transporte público debido a una movilidad insuficiente.

Se ha estudiado el uso de *Modelado de Elección Discreta* (DCM) en estudios de transporte para analizar las preferencias de personas con discapacidades (Peña et al., 2018; Márquez et al., 2019). Sin embargo, nuestra investigación explora cómo las personas con movilidad reducida toman decisiones sobre su elección de modo en condiciones de accesibilidad limitada en el contexto urbano. Utilizamos el DCM y la inclusión de *Variables Latentes* (LV) (*Modelo Híbrido de Elección* – HCM) empleando un modelo de medición ordenado para indicadores con el fin de determinar cómo atributos específicos influyen en las elecciones modales de las personas con movilidad reducida. Nuestro análisis incorporó dos variables latentes: *"Facilidad de Viaje"* y *"Disposición a Pagar"*. Finalmente, fue posible estimar la valoración de medidas e instalaciones de transporte específicas a través de la *"Disposición a Pagar"* (DAP), estimada como tasas marginales de sustitución. El DCM es muy adecuado para este tipo de estudio porque permite capturar las preferencias y percepciones de los usuarios con respecto a diferentes atributos de transporte, como el tiempo de viaje, el costo y las medidas de accesibilidad. Este enfoque es ventajoso cuando faltan datos de observación directa, como en el caso de sistemas de transporte donde la infraestructura no es totalmente accesible para personas con movilidad reducida. El uso de datos de *Preferencias Declaradas* (SP) está justificado, ya que permite analizar las decisiones de los usuarios en contextos donde la observación directa de las elecciones es difícil o imposible (Hensher, 1994). Nuestras principales contribuciones se centran en (i) proporcionar evidencia empírica sobre las preferencias de las personas con movilidad reducida en el contexto del transporte público en una ciudad intermedia del *Sur Global*, (ii) aplicar técnicas rigurosas de modelado cuantitativo para abordar un problema socialmente relevante, como la accesibilidad al transporte para personas con movilidad reducida, y (iii) reflexionar sobre el transporte como un derecho humano, proporcionando implicaciones valiosas para la formulación de políticas públicas en ciudades con infraestructura limitada.

La estructura del documento es la siguiente: después de esta introducción, presentamos los principales modelos relevantes de elección de modo considerando modos de transporte formales e informales, en particular en el *Sur Global*, así como la contribución de este estudio. A continuación, se presenta el diseño de la encuesta junto con las características del modelo de elección. La cuarta sección muestra los resultados del modelo, estadísticas descriptivas, elasticidades y análisis de sensibilidad.

Finalmente, en la quinta sección, se discuten las implicaciones de estos resultados para la política pública.

2. METODOLOGÍA

Esta sección describe el enfoque metodológico utilizado para esta investigación. Primero, describiremos el proceso de diseño de la encuesta SP y la estructura del resto del cuestionario. En segundo lugar, mostraremos los detalles relativos a la recolección de datos, explicando dónde y cómo se reclutó a los participantes. Finalmente, explicaremos el HCM (DCM y LV) utilizado para el análisis.

Diseño de la encuesta

La encuesta se administró en línea utilizando LimeSurvey (http://encuesta.ufpso.edu.co/), con el apoyo de la Universidad Francisco de Paula Santander Seccional Ocaña (UFPSO). Los datos se recolectaron en Ocaña, un pequeño centro urbano en el noreste de Colombia, a unos 400 kilómetros de Bogotá (la capital del país). El trabajo de campo se llevó a cabo durante marzo y abril de 2024, utilizando intercepciones en varios lugares públicos alrededor de la ciudad, incluyendo paradas de transporte público formal e informal, instituciones educativas, restaurantes, hospitales y lugares de trabajo. Después de explicar el propósito del estudio, se pidió a los individuos su consentimiento para recibir un enlace de la encuesta por correo electrónico o mensajería instantánea; sin embargo, los entrevistadores contaban con dispositivos móviles con acceso a internet para que, si algún encuestado deseaba completar la encuesta en ese momento, pudiera hacerlo solo o con la asistencia de un encuestador. Aquellos que aceptaron completaron el cuestionario por su cuenta. Las intercepciones se realizaron en días hábiles, entre las 8 a.m. y las 12 p.m. y de 2 p.m. a 6 p.m.

Realizamos una encuesta SP para entender cómo las personas con movilidad reducida perciben sus opciones de transporte. Esto no estaba dirigido solo a aquellos que enfrentan desafíos de movilidad permanentes o temporales; también invitamos a cuidadores e individuos sin problemas de movilidad. Recopilamos un espectro más amplio de perspectivas, mostrando varios puntos de vista sobre los desafíos de movilidad en entornos urbanos.

La encuesta se dividió en tres secciones. Primero, fue posible recopilar datos sobre la información socioeconómica relacionada con los encuestados, como género, edad, nivel educativo, ocupación, ingresos e información específica sobre su situación de movilidad. Esta información fue crucial para identificar nuestra población de estudio y examinar cómo varios factores sociodemográficos podrían impactar las elecciones de transporte. En la segunda sección, nos propusimos entender cómo se sienten los usuarios y qué tan satisfechos están con el sistema de transporte público actual. Recopilamos una mezcla de afirmaciones para que los participantes las calificaran utilizando escalas tipo Likert (Likert, 1932). En la última parte de la encuesta, presentamos a los participantes escenarios de transporte hipotéticos. A cada individuo se le pidió elegir entre cuatro alternativas de transporte con sus características de servicio. Estas características incluyeron tiempo de viaje, tiempo de espera, costo del viaje, cobertura

(que medimos por qué tan lejos tenía que caminar uno para acceder a los puntos) y comodidad (que definimos por si había o no aire acondicionado). Las alternativas fueron los modos de transporte más disponibles para viajar en la ciudad: taxi, autobús y van. Agregamos una opción nula ("Ninguna de las alternativas mostradas"), es decir, una elección en nuestra tarea de elección, para que si el encuestado encuentra todas las opciones inaceptables, pueda rechazarlas. Esto no desencadena un mecanismo secundario de toma de decisiones que podría sesgar los resultados del experimento (Ortúzar y Willumsen, 2024). Los escenarios hipotéticos mostrados a los encuestados en el experimento SP fueron generados utilizando un diseño *D-eficiente* (Rose y Bliemer, 2009), considerando los principios de equilibrio de niveles y solapamiento mínimo (Zwerina et al., 2005). El experimento dividió dieciséis combinaciones distintas en dos bloques de ocho escenarios cada uno. Cada encuestado abordó uno de estos grupos.

Datos

Se realizó un análisis descriptivo de los datos de la encuesta para caracterizar a la población objetivo y proporcionar una comprensión básica de los aspectos demográficos, socioeconómicos y experienciales de las personas involucradas en el experimento SP. La encuesta incluyó a 128 encuestados, todos de Ocaña (Norte de Santander). El instrumento recopiló datos sobre género, nivel de movilidad, edad, ocupación, nivel educativo y estrato socioeconómico.

3. PROCESO DE MODELADO

Las LVs proporcionan una forma útil de representar el efecto de variables subjetivas no observables en el comportamiento relacionado con la decisión de las personas (Ortúzar y Willumsen, 2011). El uso de LVs en este estudio nos brinda una forma sistemática de representar las percepciones de los individuos cuando no pueden ser percibidas directamente. En el HCM propuesto, las variables latentes (η_{ilq}) se especifican como funciones de atributos observados relacionados con la socioeconomía (S_{iqr}) utilizando ecuaciones estructurales. Las LVs representarán entonces indicadores percibidos del comportamiento de visualización hacia el cambio utilizando ecuaciones de medición. El modelo HDC propuesto se estimó utilizando el paquete Apollo implementado en R (Hess y Palma, 2019).

Para explorar más a fondo la interacción entre los atributos modales observables y los factores psicológicos latentes que afectan el comportamiento de viaje de las personas con movilidad reducida, se estimó un HCM. Este modelo integra un marco de elección discreta tradicional con un componente de variable latente para capturar explícitamente percepciones como la satisfacción, la seguridad y la comodidad—dimensiones que son especialmente relevantes para los usuarios vulnerables del transporte y a menudo subrepresentadas en modelos puramente compensatorios. El modelo comprende tres componentes principales: Modelo de elección, Ecuación estructural y Modelo de medición.

Se probaron diferentes combinaciones de constructos latentes. La especificación final retuvo dos constructos—*"Facilidad de Viaje"* y *"Disposición a Pagar"*—porque

exhibieron cargas factoriales consistentes, significancia estadística y coherencia teórica. Incluir variables latentes adicionales no mejoró el ajuste ni la interpretabilidad del modelo. Durante la estimación, se verificaron cuidadosamente los posibles problemas de identificación. El modelo logró una convergencia estable en Apollo, y todos los parámetros retenidos en la especificación final fueron significativos al nivel del 95%, mientras que los controles no significativos se descartaron en etapas anteriores. Esto fortalece la robustez del HCM.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificamos dos LVs dentro de nuestro HCM. La primera se denominó *"Facilidad de Viaje"* y la segunda se llamó *"Disposición a Pagar"*. Estos nombres se asignaron basándose en los indicadores de percepción vinculados a cada variable latente. La *"Facilidad de Viaje"* puede explicarse por factores como Estado de Movilidad, Edad y Ocupación; mientras tanto, *"Disposición a Pagar"* se explica por Edad, Nivel Educativo y Estrato Social. Realizamos un Análisis Factorial Confirmatorio (CFA) para demostrar estadísticamente las relaciones entre los indicadores de percepción y las LVs. Encontramos que los indicadores 7, 10, 11 y 12 se explican por la LV *"Facilidad de Viaje"*, mientras que los indicadores 18 y 19 dependen de la LV *"Disposición a Pagar"*.

Los resultados de nuestro HCM se presentan en la Tabla 1. Para asegurar la identificabilidad del modelo, fijamos una alternativa asociada a NINGUNA a cero. Nuestro modelo describe la utilidad percibida de un individuo como una función del Tiempo de Viaje (TT), Costo de Viaje (TC), Tiempo de Espera (WT), Comodidad (COMF), Cobertura (COV) y las LVs *"Facilidad de Viaje"* y *"Disposición a Pagar"*. Todas las variables incluidas en el HCM muestran los signos esperados y son significativas al nivel de confianza del 95%. Específicamente, los individuos perciben un aumento en la utilidad cuando TC, TT, WT y COV disminuyen. Por el contrario, viajar con comodidades como aire acondicionado aumenta significativamente la probabilidad de seleccionar la alternativa correspondiente. El modelo también se alinea con los principios microeconómicos, ya que WT incurre en una penalización mayor que TT. Este resultado es consistente con la teoría económica en el transporte, que sugiere que los usuarios tienden a penalizar WT más que TT, apoyando así la validez conductual de las estimaciones obtenidas; esto se debe a que a menudo se asigna un factor de desutilidad mayor al WT debido a la incomodidad, ansiedad y falta de control que experimentan los usuarios (Ortúzar y Willumsen, 2024).

En el componente de LVs, se observa que *"Facilidad de Viaje"* se incorporó solo en la función de utilidad para el modo autobús, presentando un coeficiente positivo y estadísticamente significativo. Esto significa que cuanto mayor es la percepción de accesibilidad y *"Facilidad de Viaje"*, mayor es la probabilidad de elegir el autobús sobre las otras alternativas. En otras palabras, las mejoras percibidas en accesibilidad, infraestructura y experiencia de viaje benefician particularmente la competitividad del autobús como una opción modal para personas con movilidad reducida. En este sentido, estos resultados están en línea con los reportados por Peña et al. (2018) donde aspectos relacionados con la infraestructura en autobuses, como rampas para viajeros en sillas de ruedas o con discapacidades visuales, así como la elevación de las paradas de autobús,

parecen ser los aspectos más importantes. Mientras tanto, la LV llamada *"Disposición a Pagar"* se especificó solo en la función de utilidad para el modo taxi y muestra un coeficiente negativo y significativo. Este resultado indica que, en el contexto estudiado, los individuos con valores más altos en esta LV tienden a asignar una utilidad relativa menor al taxi. Una posible explicación alternativa es que este grupo, aunque declara una voluntad de invertir más en transporte inclusivo, podría percibir que el taxi no ofrece mejoras proporcionales en accesibilidad o calidad que justifiquen su costo adicional. Otra hipótesis es que estas personas, al valorar más la calidad del servicio, comparan la relación precio-beneficio más estrictamente, inclinándose hacia modos que consideran más eficientes en este aspecto, como autobuses o vans. Esta interpretación se alinea con hallazgos – por ejemplo – de la investigación sobre *Movilidad como Servicio* (MaaS), donde se ha demostrado que la disposición a pagar depende del valor percibido de un paquete de servicios y la eficiencia de sus componentes, en lugar de un solo modo de forma aislada (Polydoropoulou et al., 2020). Tal evidencia sugiere que incluso los usuarios con una alta disposición general a pagar pueden asignar una utilidad menor a modos específicos si se percibe que ofrecen beneficios comparativamente menores.

El hallazgo de que *"Facilidad de Viaje"* aumenta la probabilidad de elegir el autobús sugiere que intervenciones de costo relativamente bajo—como rampas en paradas de autobús, señalización más clara o mejor asistencia del conductor—podrían mejorar sustancialmente la competitividad de este modo para personas con movilidad reducida. En contraste, el efecto negativo de *"Disposición a Pagar"* en los taxis indica que, incluso cuando los individuos expresan disposición a pagar más, rechazan modos que no logran ofrecer mejoras tangibles en accesibilidad. Esto implica que la inversión pública debería enfocarse en generar valor percibido en lugar de aumentar las tarifas.

Tabla 1. HCM Estimado

Parámetro	Estimación	Error Estándar	t-ratio
ASCtaxi	27.84	8.84	3.15
ASCbus	19.25	4.02	4.79
ASCvan	31.80	11.07	2.87
ASCnone	–	–	–
βTT (taxi, bus, van)	-0.1555	0.04	-3.91
βTC (taxi, bus, van)	-2.28 * 10^-3	0.0011	-2.01
βWT (taxi, bus, van)	-0.2982	0.08	-3.75
βCOMF (taxi, bus, van)	1.0857	0.30	3.57
βCOV (taxi, bus, van)	-5.67 * 10^-3	0.0028	-2.05
θFacilidad de Viaje (bus)	2.1804	0.29	7.44
θDisposición a Pagar (taxi)	-0.5290	0.0028	-4.88
N (Total de observaciones)	1024		
lθ (Log-verosimilitud)	-1387.61		
ρ2 (Índice Rho-cuadrado)	0.454		

Las LVs *"Facilidad de Viaje"* y *"Disposición a Pagar"* influyen significativamente en las preferencias de viaje individuales al incorporar tanto rasgos socioeconómicos como circunstancias personales. Para *"Facilidad de Viaje"*, los coeficientes negativos de las personas con movilidad limitada, aquellas que han experimentado problemas

de movilidad antes y los cuidadores de individuos con restricciones de movilidad – respectivamente – tienden a puntuar más bajo en esta medida en comparación con aquellos que no han tenido restricciones de movilidad. Esto sugiere que cualquier experiencia directa o indirecta con limitaciones de movilidad disminuye la *"Facilidad de Viaje"* percibida y puede disuadir ciertas elecciones de viaje. Por el contrario, los coeficientes positivos para individuos de 36–45 años y personas desempleadas implican que estos grupos reportan valores más altos para *"Facilidad de Viaje"*, quizás porque tienen más flexibilidad en la planificación de viajes o valoran más el transporte accesible. Con respecto a *"Disposición a Pagar"*, los resultados indican una asociación sistemática con las características socioeconómicas de los encuestados. Pertenecer al grupo de edad de 36–45 años exhibe un valor negativo y significativo, indicando valores más bajos del constructo latente en relación con las otras categorías que funcionan como referencia. El nivel educativo emerge como un fuerte impulsor positivo: los individuos con educación secundaria y aquellos que poseen una calificación técnica o tecnológica muestran valores sustancialmente más altos. Además, la residencia en el estrato socioeconómico medio se asocia positiva y significativamente con esta LV. Colectivamente, estos resultados sugieren que *"Disposición a Pagar"* captura una dimensión amplificada por un mayor logro educativo y estatus de clase media, mientras que se atenúa para individuos en la adultez media, reflejando interacciones matizadas entre la etapa de vida, la posición socioeconómica y el constructo latente subyacente.

En la ecuación de medición los coeficientes positivos para los indicadores relacionados con *"Facilidad de Viaje"* implican que puntuaciones latentes más altas conducen a una mayor probabilidad de reportar evaluaciones más favorables de las condiciones de viaje en la escala ordinal. De manera similar, los indicadores para *"Disposición a Pagar"* son consistentes con la hipótesis de que actitudes más fuertes de disposición a pagar resultan en respuestas más positivas a los ítems relacionados. Los umbrales ordenados apoyan la validez de la medición, ya que muestran que las categorías en los indicadores capturan efectivamente niveles crecientes de percepción o acuerdo.

Si bien Peña et al. (2018) encontraron que las mejoras en la infraestructura física (p. ej., rampas, espacios designados y paradas elevadas) tuvieron el mayor impacto en Santiago de Chile, nuestros resultados sugieren que para una ciudad de tamaño mediano como Ocaña, los sentimientos subjetivos de facilidad de movimiento y ser tratado con dignidad ejercen una mayor influencia en el comportamiento de viaje que la propia infraestructura física generalizada. Esto apoya la idea de que, en contextos menos desarrollados, la confianza en los proveedores de servicios de transporte, la seguridad y el trato respetuoso juegan un papel más significativo en el comportamiento de viaje en comparación con ciudades más grandes, donde las características de Diseño Universal están más establecidas (Martens, 2017; Olivares et al., 2019). La comparación también destaca que la accesibilidad debe verse tanto como un constructo social como físico—especialmente para ciudades intermedias latinoamericanas con baja inversión en infraestructura y capacidad institucional limitada. Por otro lado, estudios recientes sobre vehículos autónomos (AVs) accesibles también ofrecen un contexto relevante y complementan nuestros hallazgos. Jaydarifard et al. (2025) señalan que los individuos con impedimentos aún encuentran obstáculos estructurales en el transporte público convencional—hacinamiento, desafíos al subir y bajar, rampas insuficientes y falta de asistencia del conductor—acortando la frecuencia de viaje y ampliando la exclusión

social. Su evidencia de encuesta indica que los principios de diseño universal, si se incorporan en nuevas tecnologías de movilidad como los AVs, podrían mejorar enormemente la usabilidad e independencia para individuos con impedimentos variados. Mientras que nuestro trabajo sobre modos convencionales (autobús, taxi, van) en un contexto de ciudad intermedia para el municipio de Ocaña difiere del suyo, sus hallazgos y los nuestros apuntan juntos a la misma conclusión: que el problema no es solo tecnológico sino que fundamentalmente es un problema de instituciones y de diseño: si los sistemas venideros, formales o nuevos, se desarrollan con accesibilidad incorporada desde el principio. Aplicar estas lecciones reafirma el punto de que la equidad en el transporte exige un alejamiento activo de las adaptaciones reactivas y hacia el diseño universal sistémico, una idea tan relevante para mejorar los autobuses para ciudades pequeñas de América Latina como para diseñar la inclusividad del despliegue de AVs.

5. CONCLUSIONES

Este documento proporciona evidencia empírica sobre la implementación de un *Modelo Híbrido de Elección* del comportamiento de viaje para individuos con movilidad reducida en una ciudad intermedia en América Latina. Al integrar variables latentes como *"Facilidad de Viaje"* y *"Disposición a Pagar"* con el modelado de elección discreta, agrega nuevos datos del *Sur Global* a una literatura que aún está dominada principalmente por investigaciones de países de altos ingresos. Los hallazgos apoyan la idea de que la accesibilidad universal y el derecho al transporte para poblaciones vulnerables, como las personas con movilidad reducida, dependen no solo de la infraestructura o los costos, sino también de las percepciones relacionadas con los rasgos socioeconómicos de los individuos y los sentimientos hacia las alternativas, que influyen en las elecciones y a menudo se pasan por alto en los modelos estándar.

Desde una perspectiva de política, los resultados muestran que las percepciones de *"Facilidad de Viaje"* aumentan significativamente la probabilidad de uso del autobús para personas con movilidad limitada. Esto sugiere que mejorar el acceso percibido y la experiencia general en el autobús—a través de modificaciones en la infraestructura, confiabilidad o apoyo al usuario—puede mejorar enormemente su papel como un modo inclusivo. Por el contrario, la relación negativa entre *"Disposición a Pagar"* y los taxis indica que, independientemente de las afirmaciones de estar dispuestos a gastar más en movilidad, las personas pueden evitar los taxis si no perciben mejoras correspondientes en el acceso o la calidad del servicio. Para los planificadores de transporte local en ciudades intermedias como Ocaña, estos hallazgos destacan la importancia de incorporar principios de diseño universal en la planificación del transporte, en lugar de tratar la accesibilidad como una ocurrencia tardía.

Investigaciones futuras deberían extenderse más allá de una sola ciudad para examinar si estos hallazgos son aplicables en otros contextos latinoamericanos. También es esencial incluir modos informales de transporte, como los mototaxis, para entender la gama completa de prácticas de movilidad que afectan a los grupos vulnerables en la región. Además, adoptar una perspectiva más robusta de género y ciclo de vida podría revelar diferencias críticas en cómo se experimentan las barreras de accesibilidad a

través de los grupos sociales. Colectivamente, estas extensiones no solo avanzarían en las discusiones académicas sobre justicia en el transporte, sino que también ofrecerían una guía más rica y basada en evidencia para diseñar políticas inclusivas.

REFERENCIAS

Bahamonde-Birke, F.J., Kunert, U., Link, H. & Ortúzar, J. de D. (2017). About attitudes and perceptions: finding the proper way to consider latent variables in discrete choice models. Transportation 44, 475-493.

Ben-Akiva, M. E., & Lerman, S. R. (1985). Discrete choice analysis: theory and application to travel demand (Vol. 9). MIT press.

Bolaños Moreno, M. E. (2022). La accesibilidad al transporte público: los derechos de las personas con discapacidad física (Tesis de maestría). Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador. Recuperado de https://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/9061

Bolduc, D. & Alvarez-Daziano, R. (2009). On estimation of hybrid choice models. En S. Hess & A. Daly (eds.), Choice Modelling: The State-of-the-Art and the State-of-Practice. Emerald Group Publishing Limited, Bingley.

Daly, A., Hess, S., Patruni, B., Potoglou, D. & Rohr, C. (2012). Using ordered attitudinal indicators in a latent variable choice model: a study of the impact of security on rail travel behaviour. Transportation 39, 267-297.

Hensher, D. A. (1994). Stated preference analysis of travel choices: the state of practice. Transportation, 21, 107-133.

Hess, S. & Palma, D. (2019) Apollo: a flexible, powerful and customisable freeware package for choice model estimation and application. Journal of Choice Modelling 32. https://doi.org/10.1016/j.jocm.2019.100170

Jaydarifard, S., Gomez, R., Dwyer, J. L., Cocks, K., Bubke, A., & Paz, A. (2025). Towards universally designed autonomous people mover: a survey analysis. Cities, 165, 106132.

Márquez, L., Poveda, J. C., & Vega, L. A. (2019). Factors affecting personal autonomy and perceived accessibility of people with mobility impairments in an urban transportation choice context. Journal of Transport & Health, 14, 100583.

Martens, K. (2017). Transport Justice: Designing Fair Transportation Systems. New York: Routledge.

Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. Arch. Psychol. 140, 1–55.

ONU Mujeres, UNFPA, & UNICEF. (2021). Análisis de la situación de las personas con discapacidad en Colombia: Entre avances y retos. ONU Mujeres Colombia.

Ortúzar, J. de D., & Willumsen, L. G. (2024). Modelling transport (5th ed.). John Wiley & Sons.

Polydoropoulou, A., Tsouros, I., Pagoni, I., & Tsirimpa, A. (2020). Exploring individual preferences and willingness to pay for mobility as a service. Transportation research record, 2674(11), 152-164.

Peña, E., Galilea, P., & Raveau, S. (2018). How much do we value improvements on the accessibility to public transport for people with reduced mobility or disability? Research in Transportation Economics, 69, 445-452.

Raveau, S., Alvarez-Daziano, R., Yañez, M.F., Bolduc, D. & Ortúzar, J. de D. (2010). Sequential and simultaneous estimation of hybrid discrete choice models: some new findings. Transportation Research Record 2156, 131–139.

Rose, J.M., Bliemer, M.C.J., 2009. Constructing efficient stated choice experimental designs. Transport Rev. 29, 587–617.

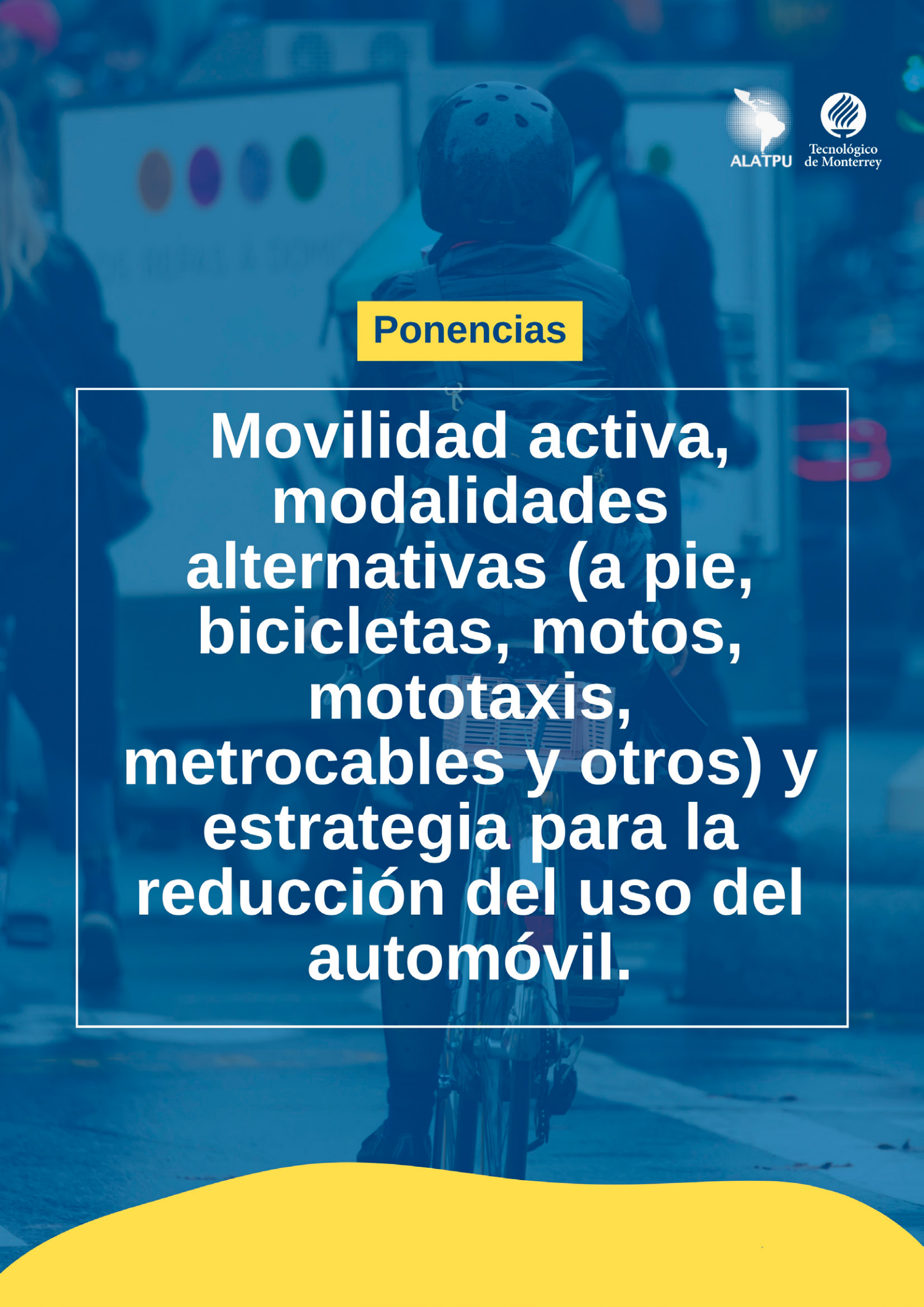
United Nations. (2006). Convention on the Rights of Persons with Disabilities.

Walker, J.L. & Ben-Akiva, M.E. (2002). Generalized random utility model. Mathematical Social Sciences 43, 303-343.

World Health Organization. (2011). World report on disability.

Yáñez, M.F., Raveau, S. & Ortúzar, J. de D. (2010). Inclusion of latent variables in mixed logit models: modelling and forecasting. Transportation Research Part A: Policy and Practice 44, 744–753.

Zwerina, K., Huber, J., Kuhfeld, W. (2005). A General Method for Constructing Efficient Choice Designs. SAS Institute, Ludwigshafen.



ALATPU

Tecnológico de Monterrey

Ponencias

Movilidad activa, modalidades alternativas (a pie, bicicletas, motos, mototaxis, metrocables y otros) y estrategia para la reducción del uso del automóvil.

¿QUÉ LIMITA EL USO DE LA BICICLETA EN CUSCO? UNA EXPLORACIÓN DEL USO, PERCEPCIÓN Y BARRERAS URBANAS EN UNA CIUDAD ANDINA INTERMEDIA

Orlando Barreto Jara
Universidad Nacional de San Antonio Abad de Cusco. Cusco, Perú.
orlando.barreto@unsaac.edu.pe

Urpi Barreto Rivera
Universidad Continental. Cusco, Perú.
ubarreto@continental.edu.pe

Guido Huari Huari
Universidad Nacional de San Antonio Abad de Cusco. Cusco, Perú.
huariguido@gmail.com

RESUMEN

Este estudio analiza las limitaciones del uso cotidiano de la bicicleta en la ciudad andina de Cusco, Perú, a través de una estrategia metodológica mixta que combina conteos estructurados de ciclistas, encuestas ciudadanas y un diagnóstico visual de la infraestructura ciclista. Los resultados evidencian una fuerte concentración del uso en la Av. De la Cultura, mientras que otras vías presentan flujos bajos, discontinuidad y deterioro. A pesar de los beneficios reconocidos de la movilidad activa, solo el 12.8 % de los encuestados usa la bicicleta como medio habitual de transporte, predominando un perfil recreativo. Las percepciones sobre la calidad de las ciclovías difieren según el tipo de usuario: quienes usan la bicicleta de forma cotidiana las valoran más positivamente, especialmente en términos de seguridad y utilidad. Sin embargo, el análisis también revela una percepción común sobre la baja calidad de la infraestructura, sin diferencias significativas entre grupos. Las principales barreras identificadas son la fragmentación de las rutas, la invasión del carril ciclista por vehículos y comercio informal, la falta de señalización, y el bajo reconocimiento simbólico de la bicicleta como modo legítimo de transporte. Se concluye que el desarrollo de políticas públicas efectivas en contextos andinos requiere una planificación territorial sensible, infraestructura continua y segura, y acciones que transformen los imaginarios sociales en torno al ciclismo urbano.

1. INTRODUCCIÓN

En ciudades andinas como Cusco, la adopción de la bicicleta enfrenta barreras estructurales, culturales e institucionales, pese al impulso global del ciclismo tras la pandemia. La infraestructura es desigual y poco segura (Tiznado-Aitken, Carrasco, and Oviedo 2022; Solano et al. 2025), el transporte motorizado conserva mayor prestigio social (Albalate, Bel, and Gragera 2022) y las políticas públicas siguen fragmentadas (Toro, Krogt, and Flores 2019; Vecchio et al. 2021). Superar estas limitaciones requiere mejorar la infraestructura, transformar percepciones culturales y fortalecer la gobernanza. En contraste, Europa y Norteamérica lograron mayor uso del ciclismo gracias a apoyo político sostenido e inversión en redes seguras (Buehler and Fulcher 2022).

La infraestructura ciclista en ciudades andinas como Cusco enfrenta desafíos estructurales, culturales y de gestión que limitan su consolidación como modo de transporte sostenible. La red actual, apenas 11,5 km de carriles bici, en su mayoría discontinuos y mal mantenidos, refleja una planificación históricamente centrada en el automóvil, agravada por calles estrechas, topografía accidentada y la superposición de rutas de transporte público, que reducen el espacio vial disponible (Solano et al. 2025; Tiznado-Aitken et al. 2022). A ello se suman barreras culturales, como la percepción de la bicicleta como un medio de bajo estatus (Mendiate et al. 2022), y debilidades institucionales, derivadas de la falta de políticas y financiamiento sostenido (Robartes et al. 2021; Schön, Heinen, and Manum 2024). Superar estas limitaciones requiere estrategias integrales que combinen inversión en infraestructura continua, programas de movilidad inclusiva y participación ciudadana para mejorar la seguridad, la percepción social y la aceptación del ciclismo urbano (Nikitas et al. 2021).

La decisión de usar bicicleta depende en gran medida de la percepción de seguridad y calidad de la infraestructura, especialmente entre mujeres y usuarios novatos. El tráfico motorizado, el mal mantenimiento y la falta de carriles exclusivos reducen la confianza del ciclista (Graystone, Mitra, and Hess 2022; Ferreira et al. 2022). Además, el estatus del automóvil y la estigmatización del ciclismo limitan su aceptación social (Winters et al. 2011). Superar estas barreras exige combinar infraestructura segura y continua con estrategias culturales que revaloricen la bicicleta como medio urbano legítimo e inclusivo.

En este contexto, Cusco constituye un caso relevante para analizar las barreras físicas, sociales y perceptivas que condicionan el uso de la bicicleta. Este estudio examina el flujo real de ciclistas, las percepciones ciudadanas y el estado de las ciclovías, con el fin de generar evidencia para políticas públicas inclusivas y contextualizadas en entornos andinos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio adoptó un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo-inferencial y diseño no experimental transversal, orientado a caracterizar el uso real de la bicicleta, analizar diferencias en la percepción ciudadana según el tipo de usuario y evaluar el estado físico de la infraestructura ciclista en Cusco durante el primer trimestre de 2024. La metodología combinó tres estrategias: conteo estructurado de ciclistas en cinco

corredores urbanos mediante observación directa, aplicación de encuestas sobre percepciones de seguridad, calidad y adecuación de las ciclovías, e inspección visual de los tramos para identificar deficiencias e incidencias físicas.

2.1 Conteo estructurado de ciclistas

Para registrar el flujo ciclista se seleccionaron cinco puntos estratégicos de observación en avenidas de alto tránsito y potencial uso ciclista: (1) frontis del colegio Clorinda Matto de Turner, (2) intersección Av. Universitaria–Av. De la Cultura, (3) primer paradero de San Sebastián, (4) tramo residencial-escolar de la Av. Túpac Amaru y (5) zona residencial-comercial de la Av. Velasco Astete. El conteo se efectuó mediante observación directa estructurada durante siete días no consecutivos entre febrero y marzo de 2024, registrando el número de ciclistas por sentido de desplazamiento (subida y bajada) en bloques horarios de 06:00 a 19:00 h. La información se recopiló con fichas manuales y observadores capacitados, garantizando precisión y evitando duplicaciones.

2.2 Encuestas estructuradas

Para captar la percepción ciudadana sobre el uso de la bicicleta en Cusco, se aplicó una encuesta estructurada a residentes urbanos, incluyendo usuarios y no usuarios. El cuestionario, compuesto por preguntas cerradas, abordó el tipo de uso (ninguno, recreativo o habitual), la percepción de atributos de las ciclovías (seguridad, comodidad, conectividad, accesibilidad y adecuación) y la evaluación de cuatro corredores principales: Av. De la Cultura, Túpac Amaru, Velasco Astete y Vía de Evitamiento. También se recopilaron variables sociodemográficas (edad, sexo, educación y ocupación). De las 296 encuestas recibidas, 231 fueron válidas tras depuración por coherencia y completitud. La recolección combinó modalidades presencial y virtual, mediante Google Forms y redes sociales locales (Colectivo Biciñan, ABC Noticias Cusco y Baratillo Cusco). Aunque el muestreo no fue aleatorio, se controló la heterogeneidad del perfil de participantes para mantener validez interna. Los datos fueron anonimizados y tratados confidencialmente, ofreciendo una aproximación robusta a las percepciones urbanas sin pretensión de generalización estadística. La muestra final estuvo compuesta por 231 personas: 65.3 % hombres y 34.7 % mujeres, principalmente jóvenes de 20–30 años (54.5 %), con formación universitaria (73 %) y dedicación como trabajadores independientes (34.7 %), empleados públicos (25.9 %) o estudiantes (21.9 %).

2.3 Estado físico de las ciclovías

Para evaluar el estado físico y funcional de las ciclovías temporales en Cusco, se realizó una inspección visual en cuatro corredores viales: Av. De la Cultura, Av. Velasco Astete, Av. Túpac Amaru y Vía de Evitamiento. La observación se efectuó entre diciembre de 2023 y febrero de 2024, en horario diurno y con clima estable, a fin de mantener condiciones comparables.

Se identificaron seis tipos de incidencias, clasificadas como P1 a P6: (P1) daño o ausencia de elementos de protección; (P2) obstáculos fijos o móviles; (P3) obstrucción por comercio informal o desmonte; (P4) falta o deterioro de señalización; (P5)

inseguridad o visibilidad limitada; y (P6) uso inadecuado del carril ciclista. Se tomaron fotos georreferenciadas y notas de campo, y los datos se organizaron en una matriz de frecuencia por tipo y ubicación para facilitar el análisis comparativo entre tramos.

2.4 Procesamiento y análisis estadístico

Los datos fueron procesados en Python. El análisis se estructuró en tres componentes: conteo estructurado de ciclistas, encuestas estructuradas e inspección visual de ciclovías.

Conteo estructurado de ciclistas: El registro se realizó mediante observadores previamente capacitados, utilizando fichas manuales normalizadas. Se contabilizó el número de ciclistas por sentido de circulación y por bloque horario, consolidando posteriormente los totales semanales por punto de observación. El análisis estadístico incluyó una ANOVA de un factor para comparar el flujo ciclista entre cinco tramos urbanos. Cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicó la prueba post hoc de Tukey HSD. Se verificaron los supuestos de normalidad (Shapiro–Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene), considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Encuestas estructuradas: Se analizaron 231 respuestas válidas, correspondientes a usuarios y no usuarios de bicicleta. Se calcularon frecuencias, porcentajes, medias y desviaciones estándar para variables sociodemográficas, tipo de uso, percepción de atributos de la infraestructura ciclista y evaluación por avenida. Para comparar percepciones según tipo de usuario (no usuario, recreativo y habitual), se aplicaron pruebas ANOVA y Tukey HSD. Adicionalmente, se utilizó la prueba chi-cuadrado para evaluar la asociación entre el uso de bicicleta y la preferencia por modos de transporte percibidos como más seguros. Todos los datos fueron anonimizados y tratados con confidencialidad.

Inspección visual de ciclovías: Las observaciones se organizaron en una matriz de frecuencia por tipo de incidencia (P1–P6) y tramo. Se efectuó un análisis comparativo para identificar los corredores con mayor número y diversidad de problemas, destacando la Av. De la Cultura y la Vía de Evitamiento. Este componente se complementó con registros fotográficos georreferenciados y notas de campo, permitiendo visualizar espacialmente los puntos críticos de la infraestructura ciclista temporal.

3. RESULTADOS

3.1 Comparación inferencial del flujo de ciclistas por ubicación

Se aplicó un análisis de varianza de un factor (ANOVA) para evaluar si la intensidad del uso ciclista difería significativamente según el punto de observación. La variable dependiente fue el número total de ciclistas registrados semanalmente (suma de ambos sentidos) y la independiente, la ubicación del conteo en cinco tramos urbanos de Cusco. Los resultados mostraron que las avenidas Clorinda Matto (Av. De la Cultura), Universitaria y San Sebastián registraron los promedios más altos de flujo ciclista, muy por encima de Túpac Amaru y Velasco Astete (Tabla 1). El ANOVA indicó diferencias significativas entre ubicaciones ($F(4, 30) = 17.30$; $p < 0.001$), evidenciando

que no todos los corredores presentan el mismo nivel de tránsito. El análisis post hoc de Tukey HSD confirmó que las tres primeras avenidas conforman un clúster de alta intensidad ciclista, mientras que Túpac Amaru y Velasco Astete presentan volúmenes significativamente menores.

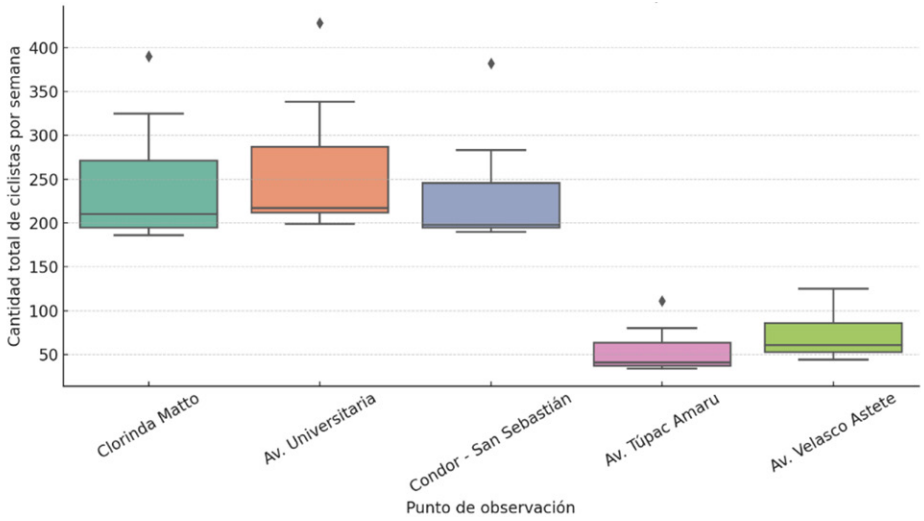
Tabla 1: Promedio semanal de ciclistas por punto de observación

Ubicación	Media	Desv. Est.
Clorinda Matto (Av. Cultura)	367.4	40.3
Av. Universitaria	372.7	37.9
San Sebastián (1er paradero)	370.9	32.8
Av. Túpac Amaru	80.0	18.1
Av. Velasco Astete	90.7	15.8

Nota: Diferencias significativas entre ubicaciones según ANOVA ($p < 0.001$).

La Figura 1 refuerza visualmente estos hallazgos, al mostrar una mayor concentración (mediana elevada y menor dispersión) en los puntos de mayor uso ciclista, en contraste con la variabilidad registrada en las zonas de menor tránsito. Estos resultados permiten priorizar áreas para futuras intervenciones en infraestructura ciclista, conectividad segura y campañas de fomento en la ciudad del Cusco.

Figura 1: Distribución del conteo semanal de ciclistas por ubicación



3.2 Percepción de ciclovías por avenida

Se aplicó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) para determinar si la percepción de la infraestructura ciclista difiere significativamente según el tipo de uso de la bicicleta. La variable independiente fue el tipo de usuario, no usuario, uso deportivo y uso de transporte, y las variables dependientes fueron las puntuaciones promedio (escala Likert 1–5) asignadas a las ciclovías en cuatro avenidas principales de Cusco: Av. De la Cultura, Túpac Amaru, Velasco Astete y Vía de Evitamiento. Los resultados (Tabla 2) evidencian diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los grupos de

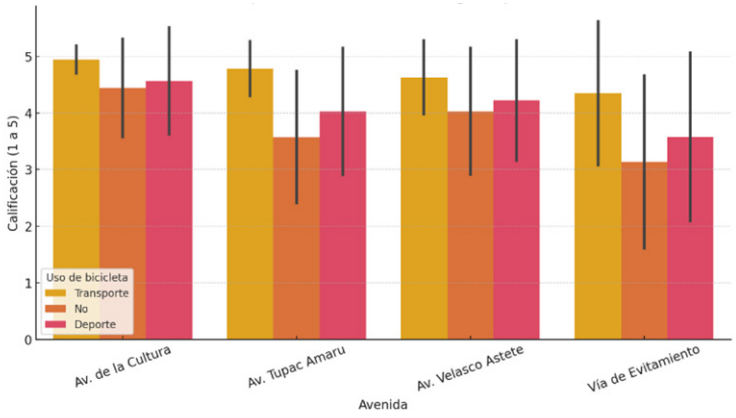
usuarios en todas las avenidas analizadas, lo que indica que la valoración de la calidad e importancia de las ciclovías varía según la experiencia de uso.

Tabla 2: Resultados del ANOVA por avenida

Avenida	F	p-valor
Av. De la Cultura	4.49	0.012
Av. Túpac Amaru	16.62	< 0.001
Av. Velasco Astete	4.24	0.016
Vía de Evitamiento	8.86	< 0.001

La prueba post hoc de Tukey HSD ($\alpha = 0.05$) confirmó que los usuarios que utilizan la bicicleta como medio de transporte otorgan calificaciones significativamente más altas que los no usuarios en todas las avenidas, con diferencias especialmente marcadas en la Av. Túpac Amaru y la Vía de Evitamiento. Los usuarios deportivos mostraron valoraciones intermedias y mayor dispersión, diferenciándose del grupo de transporte solo en estos dos tramos. La Figura 2 muestra la calificación promedio de las ciclovías por tipo de usuario, con barras de error que reflejan la variabilidad interna. Se observa que quienes usan la bicicleta para transporte cotidiano presentan la percepción más favorable, mientras que los no usuarios valoran negativamente la infraestructura, sobre todo en zonas con menor conectividad.

Figura 2: Calificación promedio de ciclovías según tipo de usuario



3.3 Preferencia modal condicionada por el uso de bicicleta

La distribución de respuestas evidencia diferencias claras en la preferencia modal según el uso declarado de la bicicleta. Quienes no la utilizan tienden a considerar el auto particular (56 casos) y el transporte público (37 casos) como los medios más seguros, mientras que la bicicleta y la caminata presentan menor aceptación. En contraste, entre quienes la emplean como medio de transporte, la mayoría (68 %; 21 casos) también la identifica como la opción más segura, evidenciando coherencia entre uso y percepción. Los usuarios deportivos presentan una tendencia intermedia, con valoraciones divididas entre el auto y la bicicleta. La Tabla 3 sintetiza la distribución cruzada entre uso de bicicleta y modo de transporte percibido como más seguro. La prueba de independencia chi-

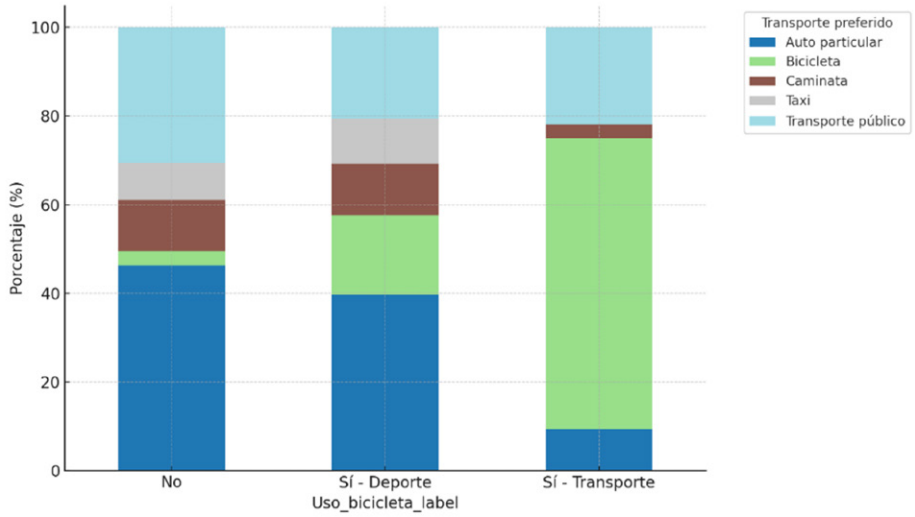
cuadrado confirmó que las diferencias observadas son estadísticamente significativas ($\chi^2 = 74.27$; gl = 8; $p < 0.001$), lo que demuestra una asociación sólida entre la frecuencia de uso de la bicicleta y la percepción modal de seguridad.

Tabla 3: Distribución cruzada entre uso de bicicleta y medio de transporte preferido

Uso de bicicleta	Auto particular	Bicicleta	Caminata	Taxi	Transporte público
No	56	4	14	10	37
Sí - Deporte	31	14	9	8	16
Sí - Transporte	3	21	1	0	7

La Figura 3 muestra estas diferencias de forma visual: los ciclistas habituales concentran las mayores tasas de confianza en la bicicleta, mientras que los no usuarios mantienen una fuerte preferencia por modos motorizados. Los resultados confirman que la experiencia de uso influye directamente en la percepción de seguridad, aspecto clave para el diseño de políticas y estrategias de promoción del ciclismo urbano.

Figura 3: Porcentaje de preferencia por tipo de transporte seguro según uso de bicicleta



3.4 Percepción de calidad de la infraestructura ciclista

La Tabla 4 muestra los resultados del ANOVA de una vía aplicado a las percepciones sobre cinco atributos de las ciclovías: seguridad, comodidad, conectividad, estacionamiento y adecuación. En todos los casos, los valores de p fueron mayores a 0.05, lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos según el tipo de uso de la bicicleta. Por ello, no fue necesario aplicar pruebas post hoc. Estos resultados sugieren que, más allá de si las personas usan o no la bicicleta, existe una percepción común sobre lo que se considera una buena infraestructura ciclista.

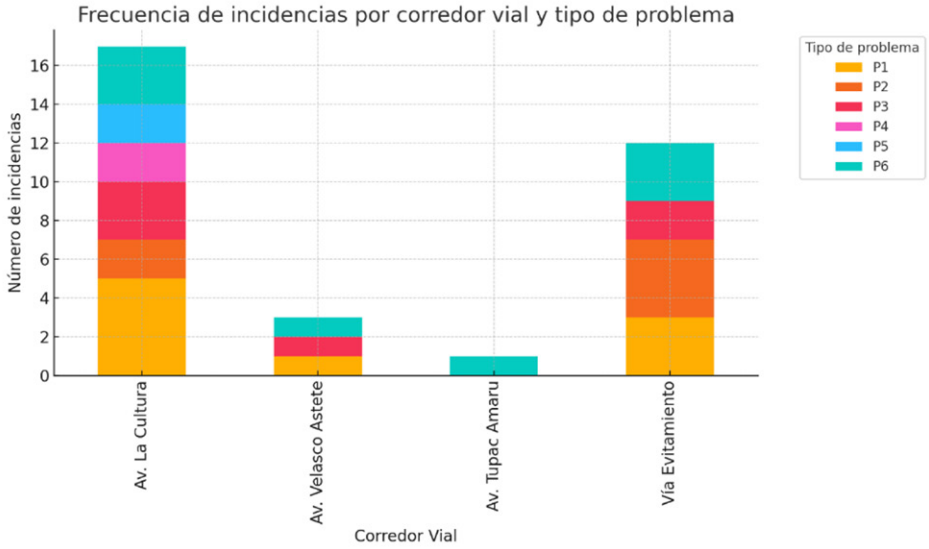
Tabla 4: Resultados del ANOVA por variable de percepción sobre ciclovías

Variable de percepción	Estadístico F	p-valor
Seguridad a lo largo del trayecto	1.316	0.270
Comodidad y agradabilidad	1.165	0.314
Conectividad y continuidad de rutas	1.134	0.322
Estacionamientos cercanos	1.057	0.348
Adecuación para principiantes y usuarios habituales	0.838	0.433

3.5 Diagnóstico del estado situacional de ciclovías

Entre diciembre de 2023 y febrero de 2024 se realizó una inspección visual en cuatro avenidas de Cusco, De la Cultura, Velasco Astete, Túpac Amaru y Vía de Evitamiento, para identificar incidencias en las ciclovías temporales. Se registraron seis tipos de problemas, desde daños estructurales hasta invasiones del carril ciclista. La Av. De la Cultura concentró la mayor cantidad de incidencias, principalmente en protección (P1) y ocupación comercial (P3), seguida por la Vía de Evitamiento, donde se observó invasión vehicular (P2, P6). En Velasco Astete y Túpac Amaru, los problemas fueron puntuales, aunque reflejan deficiente mantenimiento y señalización. Los resultados evidencian falta de control y gestión del espacio público, lo que incrementa los riesgos de seguridad vial. Se recomienda priorizar intervenciones en la Av. De la Cultura y Vía de Evitamiento, por su alta exposición al tránsito motorizado, esto se aprecia en la Figura 4.

Figura 4: Gráfico de barras apiladas – Incidencias por tipo y corredor vial

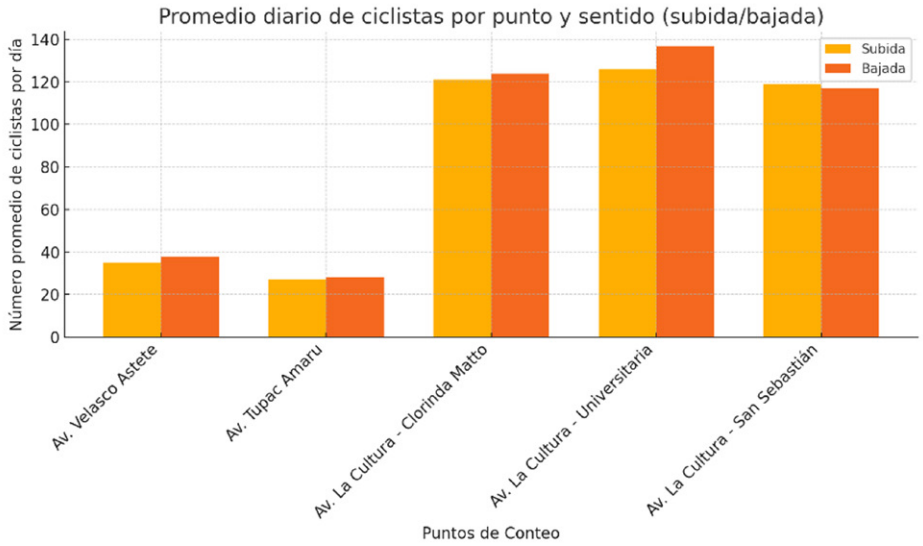


3.6 Diagnóstico de la movilidad ciclista

El diagnóstico del flujo ciclista en Cusco evidenció patrones diferenciados por corredor vial. Los tres puntos ubicados en la Av. De la Cultura concentraron la mayor demanda, destacando la intersección con la Av. Universitaria con 263 ciclistas diarios, seguida

del colegio Clorinda Matto (245) y el paradero San Sebastián (236). En contraste, las ciclovías de Velasco Astete (73) y Túpac Amaru (55) mostraron menor uso, asociado a baja conectividad y discontinuidad de la infraestructura. La Figura 5 compara los promedios diarios por sentido de circulación, confirmando el rol de la Av. De la Cultura como eje principal de movilidad ciclista urbana.

Figura 5: Promedio diario de ciclistas por punto y sentido (subida/bajada)



De las respuestas válidas, el 54 % no utiliza bicicleta, el 33.2 % la usa con fines recreativos o deportivos y solo el 12.8 % como medio de transporte habitual, evidenciando su baja integración en la movilidad urbana. Entre los usuarios activos (n=126), el 57.1 % pedalea desde hace más de cinco años y el 25.4 % inició durante la pandemia, mostrando un efecto coyuntural. Predomina el uso recreativo, principalmente los fines de semana (40 %) y feriados (31 %). La Av. De la Cultura concentra el 74.6 % del uso ciclista, seguida de Velasco Astete (27 %) y Túpac Amaru (23 %), consolidándose como eje principal de conectividad. Los viajes promedio duran entre 15 y 30 minutos (46 %), con picos de uso entre 5:00 y 7:00 a.m. (30.2 %). La mayoría pedalea por motivos recreativos (70 %), mientras que el trabajo (14 %) y el estudio (11 %) son minoritarios. El principal atractivo de uso es su beneficio para la salud (72.2 %), seguido por razones ambientales (38.1 %) y económicas (29.4 %). Esto se aprecia en la tabla

Tabla 5: Resumen de patrones de uso de la bicicleta en Cusco

Indicador	Categoría principal	%
Tipo de uso	Recreativo/deportivo	33.2
Uso como transporte	Habitual	12.8
No usuarios	—	54.0
Antigüedad de uso	> 5 años	57.1
Inicio durante pandemia	—	25.4
Frecuencia principal	Fines de semana	40.0
Ciclovía más usada	Av. De la Cultura	74.6
Duración promedio del viaje	15–30 min	46.0
Principal motivo de uso	Salud y bienestar	72.2

4. DISCUSIÓN

Los resultados muestran patrones claros en el uso y la percepción de la bicicleta en Cusco, donde la infraestructura y el entorno urbano condicionan fuertemente la movilidad ciclista. El mayor flujo se concentra en la avenida De la Cultura, especialmente en Clorinda Matto, Universitaria y San Sebastián, con más de 350 ciclistas por semana, frente a cifras mucho menores en Túpac Amaru y Velasco Astete. Este comportamiento se explica por la continuidad de la infraestructura, las pendientes suaves y la cercanía a centros educativos y residenciales, lo que confirma la relevancia del diseño urbano y la conectividad en la promoción del ciclismo (Schön, Heinen, and Manum 2024; Berghoefer 2022), Sin embargo, las brechas estructurales y la débil gestión pública limitan el mantenimiento y la expansión de la red (Tiznado-Aitken, Carrasco, and Oviedo 2022), restringiendo su incorporación en la movilidad cotidiana.

Las percepciones también varían según el tipo de usuario. Los ciclistas habituales valoran más la infraestructura por su experiencia directa, mientras que los recreativos priorizan aspectos estéticos y los no usuarios muestran mayor desconfianza, asociada al riesgo y la falta de familiaridad (Biassoni et al. 2023; Ma and Dill 2015). Esta diferencia, ya advertida por Moudon et al. (2005) y Mitra et al. (2023), puede limitar el respaldo social a las políticas de movilidad sostenible. Por ello, las estrategias urbanas deben combinar mejoras físicas con acciones educativas y de sensibilización que fortalezcan la confianza y la aceptación del ciclismo como medio legítimo y seguro (Vallejo-Borda, Rosas-Satizábal, and Rodriguez-Valencia 2020).

Aunque algunos tramos registran un flujo relevante, el uso diario sigue siendo reducido: solo el 12.8 % de los encuestados utiliza la bicicleta como medio habitual, frente al 33.2 % que lo hace con fines recreativos. Las causas son conocidas: la falta de continuidad, la topografía compleja y la escasez de espacios seguros para estacionar (Solano et al. 2025; Tiznado-Aitken, Carrasco, and Oviedo 2022). A ello se suman problemas operativos, como la invasión de ciclovías por vehículos y el comercio informal, reflejo de una gestión urbana aún centrada en el automóvil (Robartes et al. 2021; Schön, Heinen, and Manum 2024).

Finalmente, la relación entre uso y percepción de seguridad confirma que la experiencia cotidiana reduce la sensación de riesgo: los usuarios frecuentes confían más en la bicicleta, mientras los no usuarios la perciben insegura (Nikitas et al. 2021; Mendiate et al. 2022). En general, existe consenso sobre las deficiencias de la red, discontinuidad, mantenimiento limitado y baja conectividad (Solano et al. 2025; Tiznado-Aitken, Carrasco, and Oviedo 2022). Los resultados destacan la urgencia de políticas integrales que combinen inversión sostenida, infraestructura segura y una gestión urbana más participativa, orientada a consolidar la bicicleta como alternativa real de movilidad en ciudades andinas.

5. CONCLUSIONES

El estudio demuestra que el uso limitado de la bicicleta en Cusco responde a una combinación de factores estructurales, culturales y de gestión que restringen su

integración en la movilidad urbana. La red ciclista, concentrada principalmente en la avenida De la Cultura, presenta discontinuidades, deterioro y débil fiscalización, lo que reduce su funcionalidad y seguridad. A pesar de un interés creciente por sus beneficios ambientales y de salud, el uso cotidiano sigue siendo bajo (12.8 %), con predominio recreativo. Las percepciones difieren según el tipo de usuario: quienes pedalean con frecuencia valoran mejor la infraestructura, mientras que los no usuarios la asocian con riesgo e incomodidad. Este contraste evidencia la necesidad de políticas públicas que aborden simultáneamente la mejora física de las ciclovías y la transformación de los imaginarios sociales sobre el ciclismo urbano. En contextos andinos, avanzar hacia una movilidad sostenible requiere planificación territorial sensible, infraestructura continua y segura, y gobernanza participativa que promueva la bicicleta como un modo legítimo, inclusivo y resiliente de transporte.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albalate, Daniel, Germà Bel, and Albert Gragera. 2022. "Mobility, Environment and Inequalities in the Post-COVID City". *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society* 15 (3): 459–75. https://doi.org/10.1093/cjres/rsac021.

Berghoefer, Frauke L. 2022. "Cyclists' Perception of Cycling Infrastructure – A Repertory Grid Approach". *Transportation Research Part F-Traffic Psychology and Behaviour* 87: 249–63. https://doi.org/10.1016/j.trf.2022.04.012.

Biassoni, Federica, Chiara Lo Carmine, Paolo Perego, and Martina Gnerre. 2023. "Choosing the Bicycle as a Mode of Transportation, the Influence of Infrastructure Perception, Travel Satisfaction and Pro-Environmental Attitude, the Case of Milan". *Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su151612117.

Buehler, Ralph, and Jonathan Fulcher. 2022. "Cycling through the COVID-19 Pandemic to a More Sustainable Transport Future: Evidence from Case Studies of 14 Large Bicycle-Friendly Cities in Europe and North America". *Sustainability* 14 (12): 7293. https://doi.org/10.3390/su14127293.

Ferreira, Marta Campos, Paulo Dias Costa, Diogo Abrantes, Joana Hora, Soraia Felicio, Miguel Ferreira Coimbra, and Teresa Galvão Dias. 2022. "Identifying the Determinants and Understanding Their Effect on the Perception of Safety, Security, and Comfort by Pedestrians and Cyclists: A Systematic Review". *Transportation Research Part F-Traffic Psychology and Behaviour* 91: 136–63. https://doi.org/10.1016/j.trf.2022.10.004.

Graystone, Matthew, Raktim Mitra, and Paul M Hess. 2022. "Gendered Perceptions of Cycling Safety and On-Street Bicycle Infrastructure: Bridging the Gap". *Transportation Research Part D-Transport and Environment* 105: 103237. https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103237.

Ma, Liang, and Jennifer Dill. 2015. "Associations between the Objective and Perceived Built Environment and Bicycling for Transportation". *Journal of Transport and Health 2* (2): 248–55. https://doi.org/10.1016/J.JTH.2015.03.002.

Mendiate, Classio Joao, Alphonse Nkurunziza, Julio A Soria-Lara, and Andres Monzon. 2022. "Cycling in Sub-Saharan African Cities: Differences and Similarities with Developed World Cities". *Iatss Research* 46 (3): 398–410. https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2022.05.003.

Mitra, Raktim, Remington Latanville, Paul M Hess, Kevin Manaugh, and Meghan Winters. 2023. "Pandemic-Time Bike Lanes in Three Large Canadian Urban Centres- Differences in Use and Public Perception by Socio-Demographic Groups and Geographical Contexts". *Journal of Transport Geography*. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2023.103681.

Moudon, Anne Vernez, Chanam Lee, Allen Cheadle, Cheza W Collier, Donna B Johnson, Thomas L Schmid, and Robert D Weather. 2005. "Cycling and the Built Environment, a US Perspective". *Transportation Research Part D-Transport and Environment* 10 (3): 245–61. https://doi.org/10.1016/J.TRD.2005.04.001.

Nikitas, Alexandros, Stefanos Tsigdinos, Christos Karolemeas, Efthymia Kourmpa, and Efthimios Bakogiannis. 2021. "Cycling in the Era of COVID-19: Lessons Learnt and Best Practice Policy Recommendations for a More Bike-Centric Future". *Sustainability* 13 (9): 4620. https://doi.org/10.3390/SU13094620.

Robartes, Erin, Emily Chen, T Donna Chen, and Peter B Ohlms. 2021. "Assessment of Local, State, and Federal Barriers to Implementing Bicycle Infrastructure: A Virginia Case Study". *Case Studies on Transport Policy* 9 (2): 488–96. https://doi.org/10.1016/J.CSTP.2021.02.004.

Schön, Peter, Eva Heinen, and B Manum. 2024. "A Scoping Review on Cycling Network Connectivity and Its Effects on Cycling". *Transport Reviews*. https://doi.org/10.1080/01441647.2024.2337880.

Solano, Gustavo Adolfo Correa, Julián David Castañeda Muñoz, Angélica Chappe Chappe, Rogelio Manuel Alvarado Martinez, Rossember Edén Cárdenas-Torres, Claudia Patricia Ortíz, and Daniel Ricardo Delgado. 2025. "Analysis of the Human Barriers to Using Bicycles as a Means of Transportation in Developing Cities". *Sustainability* 17 (18): 8264. https://doi.org/10.3390/su17188264.

Tiznado-Aitken, Ignacio, Juan Antonio Carrasco, and Daniel Oviedo. 2022a. "A Bumpy Ride: Structural Inequalities, Quality Standards, and Cycling Infrastructure in Latin America". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.08.012.

Tiznado-Aitken, Ignacio, Rodrigo Mora, Gabriel Oyarzún, Jaime Vergara, and Giovanni Maria Vecchio. 2022b. "A Bumpy Ride: Structural Inequalities, Quality Standards, and Institutional Limitations Affecting Cycling Infrastructure". *Transportation Research Part D-Transport and Environment* 110: 103434. https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103434.

Toro, Eladio Enrique Martinez, Augustinus Van der Krogt, and Rodrigo Sánchez Flores. 2019. "Mobility and Integration of Public Transport Systems in Latin America". In https://doi.org/10.1145/3366750.3366760.

Vallejo-Borda, Jose Agustin, Daniel Rosas-Satizábal, and Alvaro Rodriguez-Valencia. 2020. "Do Attitudes and Perceptions Help to Explain Cycling Infrastructure Quality of Service". *Transportation Research Part D-Transport and Environment* 87: 102539. https://doi.org/10.1016/J.TRD.2020.102539.

Vecchio, Giovanni, Ignacio Tiznado-Aitken, Ignacio Tiznado-Aitken, Rodrigo Mora-Vega, and Rodrigo Mora-Vega. 2021. "Pandemic-Related Streets Transformations: Accelerating Sustainable Mobility Transitions in Latin America". *Case Studies on Transport Policy*. https://doi.org/10.1016/J.CSTP.2021.10.002.

Winters, Meghan, Gavin Davidson, Diana Kao, and Kay Teschke. 2011. "Motivators and Deterrents of Bicycling: Comparing Influences on Decisions to Ride". *Transportation* 38 (1): 153–68. https://doi.org/10.1007/S11116-010-9284-Y.

ANÁLISIS DE PERCEPCIÓN EN USUARIOS DE INFRAESTRUCTURAS DE MICROMOVILIDAD; BANDA CICLOPREFERENTE DE LA AVENIDA SANTANDER, MANIZALES

Germán Andrés Torres Carmona
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, getorresc@unal.edu.co

Juan Nicolás Ramírez Giraldo
Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia, jnramirezg@unal.edu.co

Diego Enrique Machuca Duarte
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, demachucad@unal.edu.co

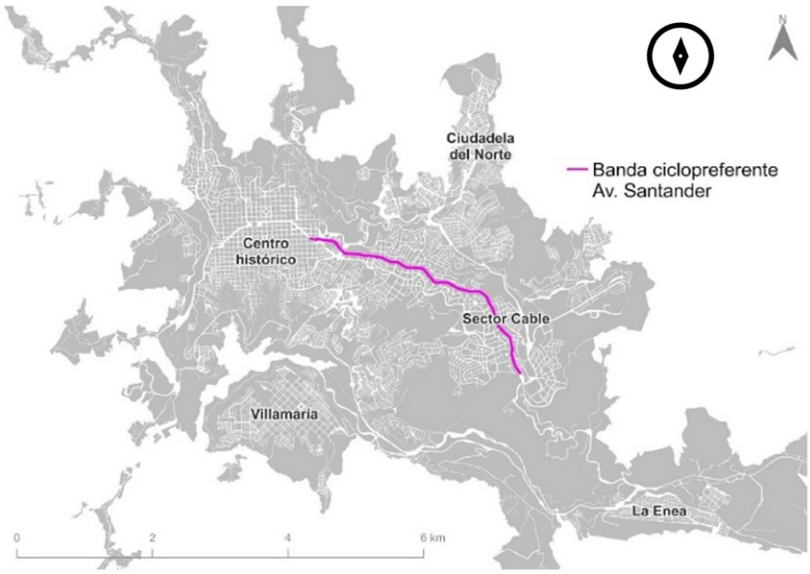
RESUMEN

La ciudad de Manizales ha consolidado en los últimos años un corredor estratégico de micromovilidad sobre la Avenida Santander, cuya banda ciclopreferente se ha convertido en un eje de uso cotidiano pese a las limitaciones topográficas de la ciudad. El presente estudio analiza la percepción de sus usuarios mediante una encuesta aplicada en campo a 214 personas, diseñada bajo una escala de Likert y parámetros estadísticos comparables con la Encuesta de Percepción Ciudadana de Manizales Cómo Vamos. La caracterización evidencia un predominio de usuarios jóvenes-adultos, principalmente hombres, que emplean la bicicleta como modo habitual y recurren a la banda casi a diario. Los resultados muestran una valoración positiva de la convivencia entre modos de micromovilidad y de elementos como la seguridad ciudadana, la señalización y la arborización, mientras que factores como la contaminación del aire, el ruido y la interacción con conductores de transporte público generan las percepciones más críticas. En conjunto, el estudio permite identificar fortalezas y desafíos en el funcionamiento del corredor y aporta insumos para la toma de decisiones orientadas al mejoramiento de la infraestructura y a la consolidación de la movilidad activa en la ciudad.

1. INTRODUCCION

Manizales ha logrado importantes avances en micromovilidad pese a sus condiciones topográficas, alcanzando para junio de 2025 un total de 12 km de cicloinfraestructura y 2,7 km adicionales en construcción. El principal hito ha sido la banda ciclopreferente de la Avenida Santander, implementada en 2020 durante la emergencia sanitaria por COVID-19 como una medida temporal que, tras decisiones judiciales y cambios administrativos, terminó consolidándose y siendo repotenciada en 2025 con una señalización más robusta. Este proceso ha generado amplias discusiones técnicas y ciudadanas, donde la percepción de los usuarios ha sido central. En este contexto, el presente estudio analiza las características de los usuarios de la banda y su percepción frente a esta infraestructura, en una ciudad donde la bicicleta ha ganado relevancia en los últimos cinco años, alcanzando un 3% de participación modal en 2024, frente al 1% en 2023 y al 0,3% registrado en 2020, año de la implementación del corredor.

Figura 1: Localización de la banda ciclopreferente



Fuente: Avenida Santander en Manizales (Juan E. Aristizábal)

2. METODOLOGIA

Se desarrollo un instrumento de recolección de información tipo encuesta orientado a conocer la percepción de los usuarios de la micromovilidad que usan la banda ciclo preferente de la Avenida Santander, donde se obtuvo datos cualitativos y cuantitativos que sirvan como insumo para un análisis estadístico riguroso que permitirá identificar la percepción respecto a variables significativas de interés, tales como el estado físico de la infraestructura, la localización de zonas críticas con alta siniestralidad, la configuración geométrica de las intersecciones, la señalización vertical y horizontal, la preferencia de los usuarios de esta banda ciclo preferencial respecto a los carriles compartidos que existían previamente, entre otros elementos relevantes del entorno del caso de estudio.

2.1 Instrumento estadístico usado:

La aplicación de la encuesta de percepción usó la escala de Likert de cinco puntos, en las que los usuarios encuestados expresaron su grado de satisfacción frente a afirmaciones relacionadas con variables clave de la banda ciclo preferencial. Así las cosas, será posible calificar las percepciones mediante la asignación de valores ordinales como, por ejemplo, 1 = totalmente insatisfecho, hasta 5 = totalmente satisfecho, facilitando así su análisis mediante técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales.

Para el cálculo del tamaño de muestra "n_{opt}"óptima con un nivel de confianza *"Z"* del 90%, se usa la siguiente ecuación (Martínez, 2012):

$$n_{opt} = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N-1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

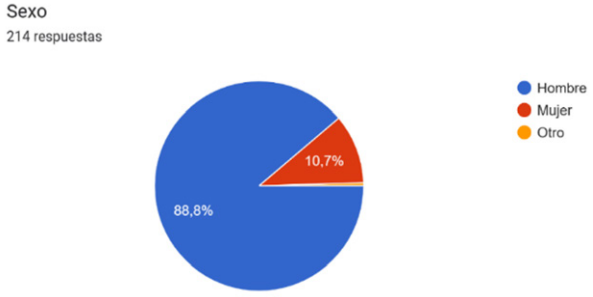
Se obtuvo una muestra de 214 encuestados y encuestadas, lo cual indica que se logró el 90% de confianza calculado como objetivo, siendo una muestra totalmente representativa. Adicionalmente, la encuesta se realizó de manera aleatoria en las zonas más concurridas de la banda ciclopreferente y en los horarios de máxima demanda, en donde se motivó a los participantes con un concurso para ganar un casco.

2.1.1 Caracterización de la muestra

Para efectos comparativos con otros instrumentos de análisis e interpretación de resultados, se utilizaron las preguntas de referencia y caracterización poblacional de la Encuesta de Percepción Ciudadana que anualmente realiza el programa Manizales Cómo Vamos, con el propósito de obtener resultados estadísticamente comparables y metodológicamente consistentes. Esta decisión metodológica permite contrastar las percepciones específicas de los usuarios de la banda ciclopreferente con los indicadores generales de percepción ciudadana frente a la movilidad, el espacio público y la calidad urbana, fortaleciendo la validez externa del estudio y facilitando la integración de sus hallazgos con otras mediciones territoriales reconocidas en la ciudad.

La toma de datos se realizó completamente en campo, aplicando las encuestas de manera aleatoria a las personas que circulaban por la banda ciclopreferente de la Avenida Santander, garantizando así la representatividad y la validez de la información obtenida frente al comportamiento real de los usuarios de micromovilidad en este corredor.

Figura 2. Distribución de sexo de la muestra



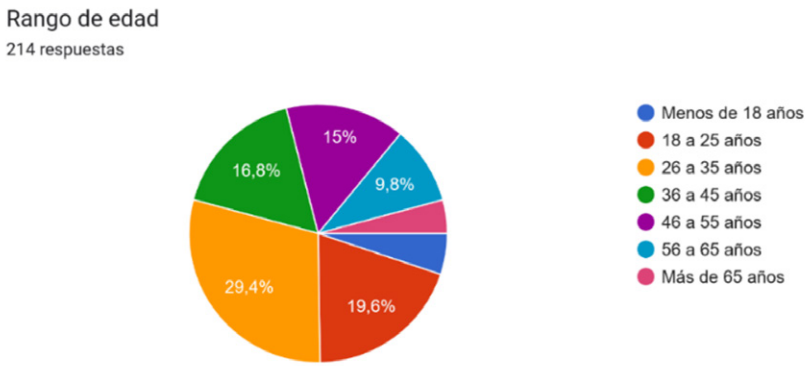
Fuente: Elaboración propia, a través de Google Forms

Frente a la pregunta sobre el sexo, se evidencia una predominancia del sexo hombre, con un 88,8% de los encuestados, frente a un 10,7% correspondiente al sexo mujer y un 0,5% que se identifica con otras categorías. Este resultado refleja una tendencia clara de predominio de hombres en el uso de la bicicleta y demás modos de micromovilidad, situación que será analizada más adelante en relación con los factores que explican la baja participación de las mujeres en estos medios de desplazamiento.

Respecto al tipo de vehículo utilizado por las personas encuestada, se evidenció una clara predominancia del uso de la bicicleta, con un 91,1% de los casos, seguida por los scooters o patinetas eléctricas con un 4,2%, las bicicletas con pedaleo asistido o electroasistidas con un 2,8%, las motos/bicicletas eléctricas con un 0,9%, y un 0,5% correspondiente tanto a las patinetas convencionales como a los ciclomotores.

Con relación a la frecuencia de uso de la banda ciclopreferente entre las personas encuestadas, se observa que el 55,6% la utiliza todos los días, lo que demuestra un uso cotidiano y sostenido de la Avenida Santander, particularmente de este corredor de micromovilidad. Un 25,2% manifestó emplearla dos o tres veces por semana, mientras que un 15,4% lo hace casi todos los días. En contraste, el 2,3% indicó que casi nunca la utiliza y el 1,4% señaló haberlo hecho únicamente en esta ocasión por una situación excepcional. Estos resultados permiten inferir que la mayoría de los encuestados tiene un conocimiento directo y constante del funcionamiento real de la banda ciclopreferente, lo que otorga mayor validez a las percepciones registradas en el estudio.

Figura 3. Distribución de edades de la muestra

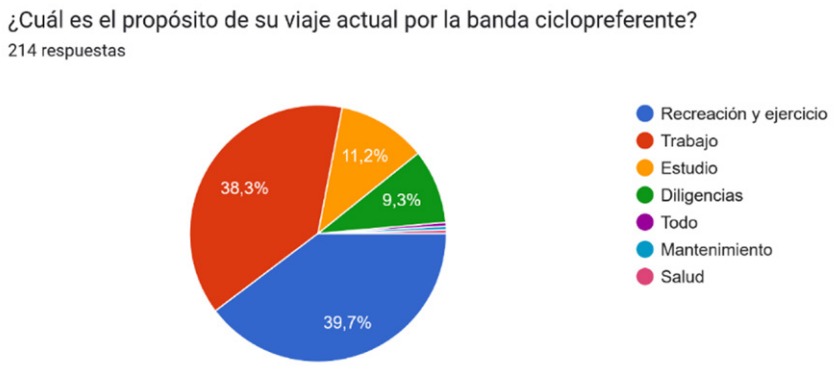


Fuente: Elaboración propia, a través de Google Forms

Se evidencia que el grupo poblacional con mayor participación en la encuesta corresponde a las personas entre 26 y 35 años, con un 29,4%, seguido por quienes tienen entre 18 y 25 años con un 19,6%, y el grupo de 36 a 45 años con un 16,8%. Posteriormente, se ubican los rangos de 46 a 55 años con un 15% y de 56 a 65 años con un 9,8%. En menor proporción, las personas mayores de 65 años representan un 4,2%, mientras que los menores de 18 años constituyen un 5,1% del total de encuestados. Esta distribución evidencia que los usuarios en edad laboral activa son quienes más utilizan la banda ciclopreferente, lo que sugiere que su uso está principalmente asociado a desplazamientos cotidianos y no exclusivamente a fines recreativos.

Con base en lo obtenido en la encuesta, se observa una mayor participación de personas pertenecientes nivel socioeconómico medio (estratos 3 y 4), que representan el 48,6% de la muestra, seguidas por el nivel socioeconómico alto (estratos 1 y 2) con un 30,4%, y el nivel socioeconómico alto (estratos 5 y 6) con un 20,6%. Un 0,4% de los encuestados no reportó estrato socioeconómico.

Figura 4. Distribución del propósito del viaje al momento de la encuesta

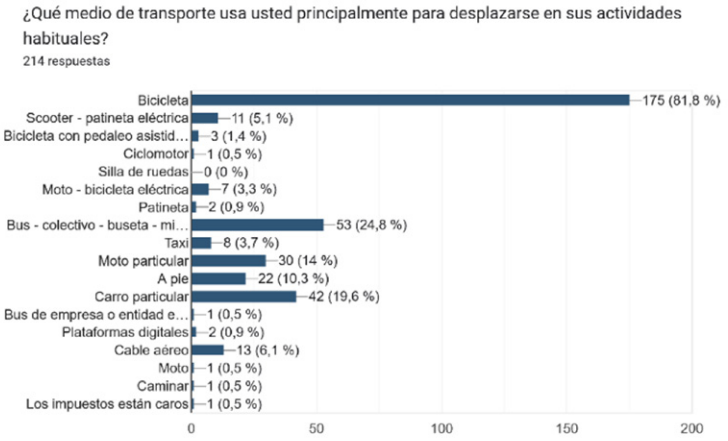


Fuente: Elaboración propia, a través de Google Forms

Se le consultó a los encuestados el propósito del viaje al momento de la aplicación del instrumento, evidenciándose que el 39,7% lo realizaba con fines de recreación y ejercicio, mientras que el 38,3% lo hacía por motivos laborales. En menor proporción, un 11,2% manifestó utilizar la banda ciclopreferente para asistir a actividades académicas, y el 10,8% restante correspondió a diligencias (agrupa cualquier otra actividad reportada). Esta distribución refleja un equilibrio entre el uso funcional y recreativo de la banda, lo que sugiere que la banda ciclopreferente de la avenida Santander cumple simultáneamente una función de movilidad cotidiana y de promoción del bienestar físico y social en la ciudad.

En contraste, aunque al momento de la encuesta la mayoría de los usuarios se desplazaba por motivos de recreación y ejercicio, los resultados muestran que el principal medio de transporte habitual de los encuestados corresponde a la bicicleta, con un 81,8% del total de respuestas, seguida por otros modos de micromovilidad como el scooter o patineta eléctrica (5,1%) y la bicicleta con pedaleo asistido (1,4%). Esto confirma que, más allá del uso recreativo ocasional, la bicicleta se consolida como el medio de transporte predominante y funcional en la movilidad diaria de quienes utilizan la banda ciclopreferente.

Figura 5. Distribución del principal medio de transporte para realizar las actividades diarias



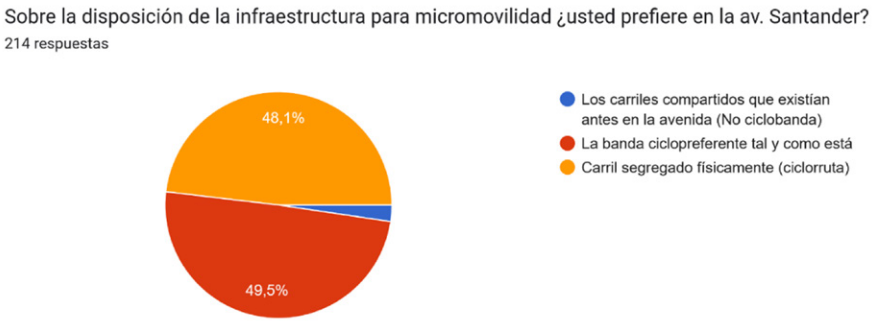
Fuente: Elaboración propia, a través de Google Forms

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En cuanto a la interpretación de los resultados, se contempla avanzar en fases posteriores de la investigación hacia el análisis del uso de la plataforma Strava, la cual permitirá establecer un posible factor de expansión y validación de los patrones de movilidad identificados. Durante la aplicación del instrumento, se encontró que el 27,1% de los encuestados manifestó estar utilizando dicha aplicación al momento de la encuesta, lo que ofrece una oportunidad metodológica para correlacionar datos empíricos de campo con registros digitales de desplazamiento. Adicionalmente, se observó que el 66,4% de los usuarios portaba correctamente el casco, lo que refleja un nivel significativo de adopción de prácticas seguras en el uso de la bicicleta y otros modos de micromovilidad dentro de la Avenida Santander.

Frente a la pregunta por el lugar de origen y destino del viaje actual, se identifica que la zona con mayor frecuencia de aparición es Milán, seguida del Centro y del sector del Cable. Esta distribución evidencia una alta concentración de viajes en los entornos inmediatos de la avenida Santander, lo que confirma que la banda ciclopreferente cumple un papel articulador dentro del sistema urbano de movilidad activa, conectando los principales sectores residenciales, comerciales y académicos de la ciudad alrededor de la avenida.

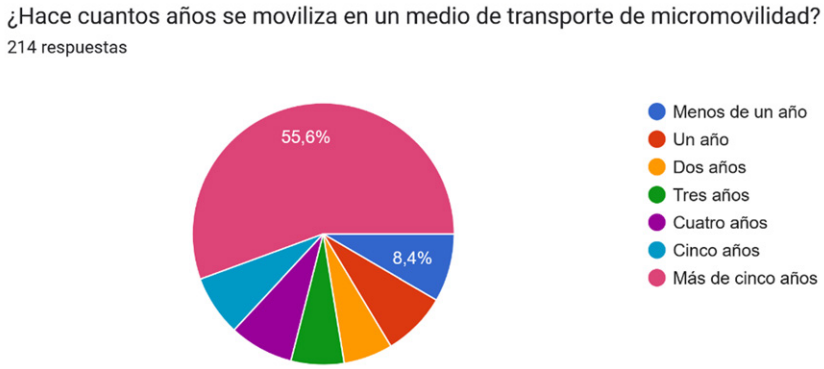
Figura 6. Distribución de la preferencia de la tipología de la infraestructura para la micromovilidad en la avenida Santander



Fuente: Elaboración propia, a través de Google Forms

Si bien se evidencia que el 49,5 % de las personas considera que la banda ciclopreferente constituye por ahora una infraestructura suficiente y adecuada para su forma de desplazamiento en micromovilidad, resulta significativo que un 48,1 % —prácticamente la otra mitad— manifieste la necesidad de aumentar el nivel de protección y segregación física frente al tráfico motorizado. Este resultado refleja una percepción ciudadana equilibrada entre la aceptación del modelo actual y el interés por evolucionar hacia esquemas más seguros. No obstante, es claro que la banda ciclopreferente ha logrado una amplia aceptación social y se reconoce como una solución funcional, realista y coherente con la demanda actual de usuarios, consolidándose como un elemento estructural dentro de la movilidad activa en la Avenida Santander.

Figura 6. Distribución de los años que lleva usando un medio de micromovilidad



Fuente: Elaboración propia, a través de Google Forms

En este caso, se evidencia que el 55,6 % de las personas encuestadas utiliza un medio de micromovilidad desde hace más de cinco años, lo cual coincide con el periodo de implementación de la banda ciclopreferente de la Avenida Santander. Este dato refleja una madurez progresiva en la adopción de la bicicleta y otros modos sostenibles como medios habituales de transporte. Por su parte, quienes manifestaron llevar menos de cinco años movilizándose en estos modos corresponden a usuarios que han interactuado exclusivamente con la existencia de la banda ciclopreferente, mientras que aquellos con más de cinco años de experiencia han convivido con diferentes tipologías de infraestructura ciclista en la ciudad, lo que permite inferir una evolución en la percepción y el uso de la micromovilidad asociada a la consolidación de este corredor.

Finalmente, para el análisis de percepción, se aplicó una escala de Likert de 1 a 5, donde 1 corresponde a "muy insatisfecho" y 5 a "muy satisfecho", con el fin de evaluar la percepción de los encuestados frente a distintos actores viales que circulan por la Avenida Santander durante el uso de la banda ciclopreferente. En esta escala se calificó la interacción con conductores de bus, taxi, camiones, motocicletas, vehículos particulares, así como con usuarios de scooters eléctricos, personas en silla de ruedas, corredores (runners) y otros ciclistas.

Asimismo, bajo la misma escala se consultó la percepción de los usuarios sobre diversos elementos de la infraestructura presentes en el corredor, incluyendo el estado del pavimento, la señalización horizontal, la señalización en accesos, salidas e

intersecciones, la iluminación nocturna, los niveles de seguridad vial y ciudadana, la cantidad de árboles, la sensación de bienestar, el nivel de ruido y la contaminación del aire. Estos indicadores permiten obtener una visión integral tanto de la convivencia multimodal como de la calidad física y ambiental de la banda ciclopreferente en la Avenida Santander.

Frente a la percepción que tienen los usuarios de la banda ciclopreferente respecto a los distintos actores viales que convergen en la Avenida Santander, se observa que la mejor valoración está asociada a los ciclistas, con un promedio de 4,62, seguidos por los usuarios de scooters, patinetas eléctricas y otros vehículos eléctricos, con 4,16, y por las personas en silla de ruedas, con 4,15. Estos resultados reflejan una percepción de convivencia positiva entre los modos de micromovilidad y los actores más vulnerables del sistema vial, lo cual contrasta con la crítica recurrente sobre los posibles conflictos de uso del espacio, que según la evidencia no se manifiestan de manera significativa.

En el extremo opuesto, las percepciones más bajas se registran frente a los conductores de buses, busetas, microbuses y transporte ejecutivo, con un promedio de 2,94, y frente a los motociclistas, con 3,06, quienes son señalados por los usuarios debido a invasiones ocasionales a la infraestructura ciclista. De manera similar, los conductores de camiones y furgones obtienen una valoración de 3,15, y los conductores de taxi, un 3,16, ambos asociados a maniobras que pueden generar riesgos o tensiones en la circulación. También se destaca la percepción moderada hacia los runners o personas que trotan en este espacio (3,27), dado que su presencia puede generar situaciones de interacción no siempre previsibles dentro del corredor. En contraste, los conductores de vehículo particular presentan una valoración relativamente alta (3,77), indicando una mejor disposición hacia el respeto del espacio ciclopreferente y una interacción más segura con los usuarios de la micromovilidad.

Finalmente, frente a los elementos generales de la infraestructura y las condiciones de la banda ciclopreferente, se observa que el factor con mejor calificación corresponde a la seguridad ciudadana, con un promedio de 4,49, lo que refuerza la importancia de este componente como determinante para sostener y aumentar la cantidad de viajes en modos de micromovilidad. En contraste, el aspecto con menor valoración corresponde a la contaminación del aire, con un promedio de 2,69, seguido por el nivel de ruido, que aunque no presenta una calificación crítica (3,29), sí refleja una percepción de incomodidad ambiental entre los usuarios.

Por su parte, otros elementos como la cantidad de árboles, la seguridad vial y la señalización horizontal, en accesos e intersecciones, se mantienen en rangos de satisfacción medio-altos (entre 3,6 y 4,1), lo que indica una valoración favorable de las condiciones físicas y ambientales del corredor. En conjunto, estos resultados muestran que la banda ciclopreferente de la Avenida Santander no solo es percibida como segura y funcional, sino también como un espacio que contribuye a la calidad urbana y ambiental del sector, aunque persisten desafíos asociados al control del ruido y la calidad del aire.

4. CONCLUSIONES

La banda ciclopreferente de la Avenida Santander se consolida como una infraestructura emergente y funcional dentro del sistema de movilidad urbana de Manizales, al articular los principales sectores residenciales, académicos y comerciales a lo largo de un corredor de baja pendiente. Su implementación durante los últimos cinco años ha promovido una adopción sostenida de la micromovilidad, evidenciada en que el 55,6 % de los usuarios la emplea de manera cotidiana, confirmando su relevancia como eje estructurante de los desplazamientos urbanos, aunque persisten algunos aspectos susceptibles de mejora.

El perfil de los usuarios revela una alta participación de hombres jóvenes-adultos, principalmente entre los 26 y 35 años, pertenecientes a los estratos socioeconómicos medios (3 y 4). Este patrón confirma que la bicicleta y otros medios de micromovilidad se han convertido en herramientas funcionales de transporte para la población en edad laboral activa, consolidando a la banda ciclopreferente de la Avenida Santander como el principal corredor de micromovilidad en la ciudad.

Las percepciones de convivencia vial reflejan una relación positiva entre los usuarios de la micromovilidad y los actores más vulnerables del sistema, como las personas en silla de ruedas y los usuarios de scooters o vehículos eléctricos, con promedios superiores a 4,1 en la escala de Likert. Sin embargo, se identifican tensiones ocasionales con los conductores de transporte público (2,94) y motociclistas (3,06), atribuibles a invasiones esporádicas del carril ciclopreferente. Estas percepciones no configuran un conflicto estructural, pero sí evidencian la necesidad de fortalecer las estrategias de educación y control vial para mejorar la convivencia entre actores.

Los elementos de infraestructura presentan una valoración general positiva, destacándose la seguridad ciudadana, la señalización horizontal y la arborización como aspectos mejor calificados, lo que demuestra que la banda es percibida como un espacio seguro y ambientalmente favorable. En contraste, variables como el nivel de ruido (3,29) y la contaminación del aire (2,69) revelan oportunidades de mejora en la gestión ambiental y en el control de emisiones, a fin de fortalecer la percepción de confort y atraer nuevos usuarios. A pesar de no cumplir plenamente con los estándares internacionales de diseño, la infraestructura demuestra una funcionalidad adaptada al contexto local, apoyada en su iluminación, arborización y condiciones geométricas particulares.

La consolidación de la micromovilidad en Manizales depende tanto de la infraestructura física como de la cultura vial y ciudadana, que garantizan una apropiación social adecuada del espacio público. Los resultados respaldan la continuidad y expansión de estrategias como la banda ciclopreferente, bajo los criterios implementados en los últimos cinco años, integrando mejoras en seguridad, señalización e inclusión. Además, se evidencia que, por su localización en el costado izquierdo de la vía y su trazado continuo, la banda favorece recorridos de mayor longitud, funcionando como una autopista ciclista urbana que conecta sectores aledaños y podría ampliar su impacto si se extendiera a otras zonas de la ciudad con condiciones equivalentes de iluminación, arborización y seguridad.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aristizábal Salazar, J. E., Wagenaars Rincón, S., & Escobar García, D. A. (2025). Diverse opportunity potential through geographic accessibility modeling as a basis for planning towards the 15-minute city and spatial justice. Future Cities and Environment, 11.: https://cspub-fce-submission.org/index.php/fce/article/view/52/208

Artículos de revistas científicas en formato electrónico

Datos Abiertos Secretaría Distrital de Movilidad. (¿2015?). *Siniestros viales georreferenciados desde el año 2015 en la ciudad de Bogotá D.C.* Obtenido de https://datos.movilidadbogota.gov.co/datasets/movilidadbogota::accidente-1/explore?location=4.605009%2C-74.083146%2C16.88

Dieter Nohlen. (2013). Ciencia política comparada el enfoque histórico-empírico. *Universidad de Granada*.

Encuesta de Percepción Cuidadana de Manizales 2024 - Manizales Cómo Vamos: https://manizalescomovamos.org/wp-content/uploads/2025/09/ICV-MCV-2024-2025-FINAL.pdf

FONAM. (2005). *Manual de diseño para infraestructura de ciclovías.* Tomar la decisión del cambio

Documentos técnicos

International Transport Forum. (2020). *Safe Micromobility*. Obtenido de International Transport Forum: https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/safe-micromobility_1.pdf

Karla Cristina Cardona Arango, Verónica Bermúdez Zapata. (2019). ARBOLADO URBANO COMO ESTRATEGIA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE. *Universidad de Antioquia*.

Ministerio de Transporte. (2015(Incongruencias), 04 de abril) *Guía de ciclo – infraestrutura para ciudades colombianas*. Obtenido de https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/4853/publicacionesmovilidad_sostenibleguia_de_ciclo-infraestructura_para_ciudades_colombianas/

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2023). *Guía de recomendaciones para el diseño de infraestructura ciclista*. Obtenido de https://esmovilidad.mitma.es/estrategia-estatal-por-la-bicicleta/guia-de-recomendaciones-para-el-diseno-de-infraestructura-ciclista

Reyes Avilés Isabel, Gutiérrez Chaparro Juan. (2010). Los servicios ambientales de la arborización urbana: Retos y aportes para la sustentabilidad de la ciudad de Toluca. *Universidad Autónoma del estado de México.*

Secretaría Distrital de Movilidad. (2002). LEY 769 DE 2002 *"Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones"*. Obtenido de https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/ley-769-de-2002-codigo-nacional-de-transito_3704_0.pdf

Secretaría Distrital de Movilidad. (2020). RESOLUCIÓN No. *269 DE 2020: Por medio de la cual se modifica la Resolución 264 de 2015 y se dictan otras disposiciones.* Obtenido de https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Paginas/19-10-2020/resolucion_269_de_2020_paradereros_transporte_publico_con_accesibilidad-_seguridad_para_usuarios.pdf

Secretaría Distrital de Movilidad. (2019). Aprende a identificar los puntos ciegos para evitar accidentes en las vías. Obtenido de https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/los-puntos-ciegos-son-causales-de-accidentes-de-transito-en-bogota

DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS GEOREFERENCIAL EN INFRAESTRUCTURAS DE MICROMOVILIDAD; BANDA CICLOPREFERENTE DE LA AVENIDA SANTANDER, MANIZALES

Germán Andrés Torres Carmona
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, getorresc@unal.edu.co

Juan Nicolás Ramírez Giraldo
Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia, jnramirezg@unal.edu.co

Diego Enrique Machuca Duarte
Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia, demachucad@unal.edu.co

RESUMEN

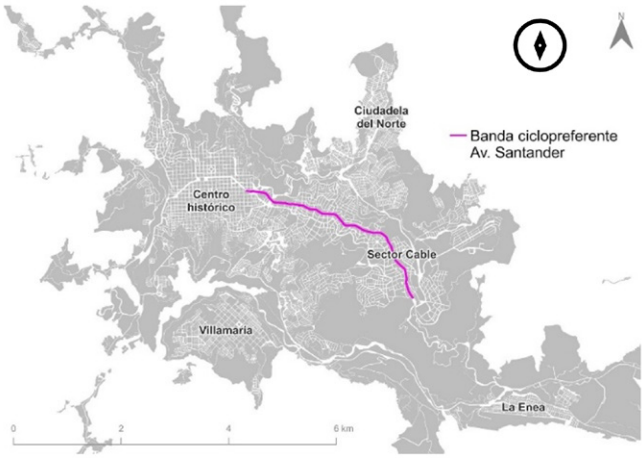
Manizales, ciudad caracterizada por su topografía montañosa y su desarrollo urbano en terrazas, ha promovido en los últimos años el uso de la micromovilidad, destacándose la banda ciclopreferente de la Avenida Santander como el principal corredor para estos modos. Este estudio realiza un diagnóstico integral y un análisis georreferencial de dicha infraestructura con el objetivo de identificar las condiciones físicas, ambientales y operacionales que influyen en su funcionamiento y en la experiencia de los usuarios. La metodología incluye una revisión comparativa de referentes normativos nacionales e internacionales, la elaboración de una matriz de criterios de diseño, levantamientos en campo sobre señalización, pavimento, topografía y elementos de seguridad, así como el uso de herramientas SIG para analizar arborización, accesibilidad, siniestralidad y equipamientos urbanos. Los resultados muestran que la banda ciclopreferente presenta un diseño particular condicionado por el espacio disponible y la topografía de la ciudad, por lo que no cumple con la mayoría de los estándares geométricos recomendados; sin embargo, su operación ha sido viable gracias al comportamiento de los usuarios y a las condiciones favorables del corredor. El análisis evidencia riesgos asociados a múltiples cruces vehiculares a la izquierda, tramos con señalización deficiente y puntos críticos de siniestralidad, además de la necesidad de mantenimiento permanente del arbolado. No obstante, la ubicación estratégica del corredor, su baja pendiente y la alta accesibilidad a servicios justifican su trazado y consolidan su papel como infraestructura esencial para la micromovilidad en Manizales.

1. INTRODUCCION

La ciudad de Manizales, capital del departamento de Caldas, se localiza en la región andina del país conocida como El eje cafetero y se caracteriza por su topografía montañosa y su desarrollo urbano en terrazas. Es un centro académico de gran relevancia, con instituciones como la Universidad Nacional de Colombia (sede Manizales), la Universidad de Caldas y la Universidad Católica de Manizales, entre otras que le dan la fama de ser una ciudad campus, además, cuenta con importantes zonas de atracción de viajes y actividades económicas y culturales, entre ellas el Cable Aéreo, el Parque de la Mujer, el Estadio Palogrande y el corredor de la Avenida Santander, uno de los ejes más representativos de la ciudad. Este corredor conecta sectores residenciales, comerciales y universitarios, siendo un punto estratégico para la movilidad y la conexión entre los dos principales polos económicos de la ciudad como lo son el sector de El cable y El centro. Los vehículos de micromovilidad y principalmente la bicicleta ha ganado terreno y popularidad en los últimos 5 años, fomentados por la implantación de la banda ciclopreferente en la ciudad, en la cual se registró un crecimiento hasta el 3% de viajes en bicicleta en 2024, comparación de 1% en 2023 y 0,3% de viajes en el 2020 cuando de implantó la banda ciclopreferente (Encuesta de Percepción Cuidadana de Manizales 2024 - Manizales Cómo Vamos).

En los resultados de este análisis se cuestionan cuáles son aquellas condiciones y características físicas que influyen positiva y negativamente a la micromovilidad, teniendo como caso de estudio la banda ciclopreferente implantada a los costados del separador de la carrera 23, más conocida como la Avenida Santander entre el sector del El Cable y el Sector Fundadores (Figura 1).

Figura 1: Localización de la banda ciclopreferente



Fuente: Avenida Santander en Manizales (Juan E. Aristizábal).

2. METODOLOGIA

Con el propósito de elaborar un diagnóstico y evaluar el diseño de la cicloinfraestructura del par vial, se llevó a cabo un proceso integral de recolección de información en distintas etapas, el cual consistió, en primer lugar, en una revisión documental sobre la

accesibilidad territorial en la Avenida Santander y un análisis comparativo orientado a establecer los criterios óptimos de diseño. Posteriormente, se efectuó un levantamiento en campo de la zona de estudio, sobre propiedades de la infraestructura como señalización, defectos en el pavimento, topografía en el recorrido de la infraestructura, ubicación de los semáforos, arborización en el separador, intersecciones y entradas y salidas a la banda ciclopreferente.

2.1 Matriz de Análisis Comparativo:

De acuerdo con los principios de la metodología de análisis comparativo propuesta por Nohlen (2013), se elaboró una matriz en la que se sistematizó información proveniente de diversas normas, guías y manuales técnicos tanto nacionales como internacionales, los cuales se escogieron el Manual de deseño de Ciclorrutas para ciudades colombianas del Ministerio de Transporte (2016) y las directrices del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2023), con el objetivo de establecer criterios de diseño aplicables a infraestructuras ciclistas, en particular al caso de estudio.

El análisis de concordancias empleado, inspirado en la metodología de la ciencia política comparada (Nohlen, 2013), busca identificar similitudes, divergencias y patrones comunes entre los diferentes referentes normativos y contextos analizados.

2.1.1 Criterios de diseño

La tabla de análisis comparativo integra y sistematiza los principales criterios de diseño geométrico establecidos en manuales y guías nacionales e internacionales de cicloinfraestructura. Su función es identificar concordancias, divergencias y patrones comunes entre referentes técnicos como el Manual de Ciclorrutas para Ciudades Colombianas y las directrices del MITMA con el propósito de evaluar la pertinencia de dichos criterios frente a las condiciones reales de la banda ciclopreferente de la Avenida Santander. Para ello, la matriz organiza de manera estructurada variables como anchos de carril, tratamientos en intersecciones, señalización, segregación y consideraciones topográficas, permitiendo contrastar los requisitos normativos con las características observadas en campo y establecer el grado de cumplimiento, adaptación o incompatibilidad del caso de estudio con los estándares de diseño recomendados.

Tabla 1. Matriz de análisis comparativo entre manuales de diseño geométrico de cicloinfraestructuras

Categoría	Distrital (Alcaldía Bogotá - Manual de diseño de ciclorrutas)	Nacional (Ministerio - Guía de cicloinfraestructuras para ciudades colombianas)	Internacional (España - Guía de recomendaciones para el diseño de infraestructura ciclista)	Internacional (Perú - Manual de diseño para infraestructura de ciclovías)	Criterio de diseño Banda ciclopreferente	Guía que se aproxima a la banda ciclopreferente
Ancho unidireccional (m)	1	1,4	2,4	2	0,95	Adopta: Manual diseño distrital Bog.
Ancho doble vía (m)	2	2,6	2,6	2.5 - 3	N/A	N/A
Largo útil ciclista (m)	1,75	1	1,9	1,5	1	Adopta: Guía Ministerio Col.
Alto útil ciclista (m)	2,25	1,8	2,25	2,5	1,8	Adopta: Guía Ministerio Col.
Sobreancho por árbol a un costado (m)	0,5	0,3	0,3	0,75	N/A	N/A
Sobreancho por sardinel/bordillo (m)	0,5	0,4	0,15	0,5	N/A	N/A
Velocidad de diseño (Km/h)	30	30	30	30	30	Todas coinciden
Radios de giro	Se calcula respecto a la velocidad de diseño, el peralte y el coeficiente de fricción.	Velocidad de 12 km/h: Radio 3.2 m; 15 km/h: Radio 6.5 m; 20 km/h: Radio 10 m.	Depende si es un tramo largo o intersección; a su vez de la velocidad de diseño de la via y del tipo de superficie.	Velocidad de 12 km/h: Radio 3.3 m; 15 km/h: Radio 4 m; 20 km/h: Radio 5.2 m.	Se adoptan las medidas utilizadas en la normativa Española.	Adopta: Guía España
Sobreanchos de ciclovía	0.25 m	1.8 – 2 m	1 m - 0.25 m	Dependerá de la pendiente o radio de curvatura de la vía.	No se adopta	N/A
Peralte	2%	No menciona.	No menciona.	No debe superar el 12%. En pendientes mayores al 4%, el peralte no debe superar el 8%.	No se adopta	N/A

Fuente: Elaboración propia.

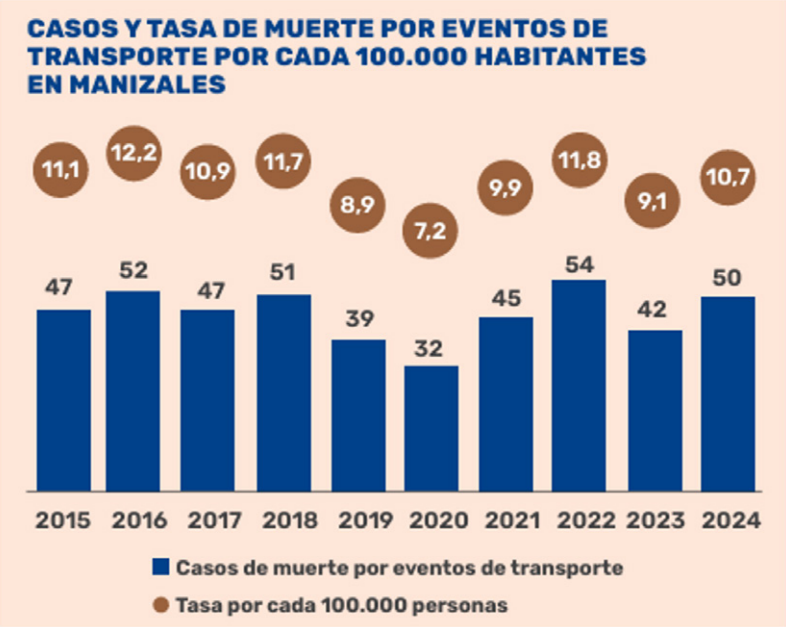
2.2 Análisis de infraestructura existente

En el marco de la metodología implementada, se llevó a cabo la caracterización técnica de la banda ciclopreferente de la Avenida Santander, mediante una serie de visitas de campo orientadas a documentar de manera integral el estado actual de la infraestructura. A través de registros fotográficos y videográficos, se identificaron aspectos relacionados con el estado de la superficie vial, el diseño geométrico del corredor, sus conexiones con intersecciones vehiculares y pasos peatonales, así como el inventario de señalización vertical, demarcación horizontal, semáforos y elementos de seguridad donde se empleó el software QGIS.

2.3 Mapa de Calor de Siniestralidad

Con base a las cifras de siniestralidad de la ciudad de Bogotá (Datos Secretaría de movilidad de Manizales) se construye el mapa de calor en la herramienta GIS, en donde se evidencian las zonas de alta siniestralidad que involucra diferentes actores viales en la Avenida Santander para identificar tramos críticos en la misma y si la implantación de la banda ciclopreferente influye en algún cambio en la tasa de siniestralidad por este corredor.

Figura 2. Contexto actual fatalidades en Manizales últimos 10 años



Fuente: Encuesta de Percepción Cuidadana de Manizales 2024 - Manizales Cómo Vamos

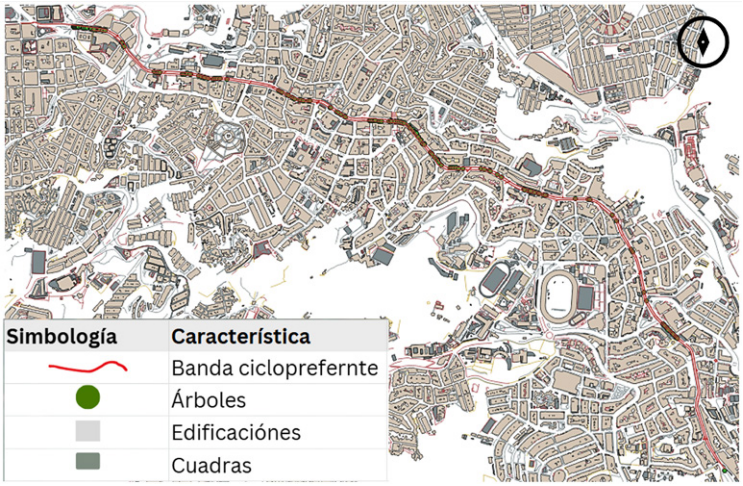
3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.1 Arborización

Las zonas verdes contribuyen al usuario de micromovilidad una experiencia más confortable en sus viajes, gracias a su componente de paisaje urbano atractor de viajes, a la mejora de la calidad del aire sobre la zona por donde pasa el trazado en la infraestructura y a que regula la temperatura en días soleados (Cardona, Bermúdez, 2019). De acuerdo con la figura 3, en la banda ciclopreferente se diferencia dos tipos de vegetación en el separador, el primer tipo de vegetación son árboles altos y frondosos que se caracterizan ubicarse en la mitad occidental de la banda ciclopreferente y el segundo tipo de vegetación es una vegetación decorativa de plantas muy bajas en el separador ubicadas en la mitad oriental de la infraestructura. Para efectos de observar el tipo de vegetación, se referencia la vegetación alta como árboles que influyen en la operación de la banda ciclopreferente y podrían afectar la percepción en los usuarios de micromovilidad, tal como es estudia en la segunda parte de este estudio.

La buena cantidad de árboles es positiva siempre y cuando esta vegetación no represente un peligro para los usuarios de la micromovilidad, lo cual sugiere un mantenimiento constante de los arboles que hacen parte de la vegetación.

Figura 1. Distribución horaria de viajes diarios

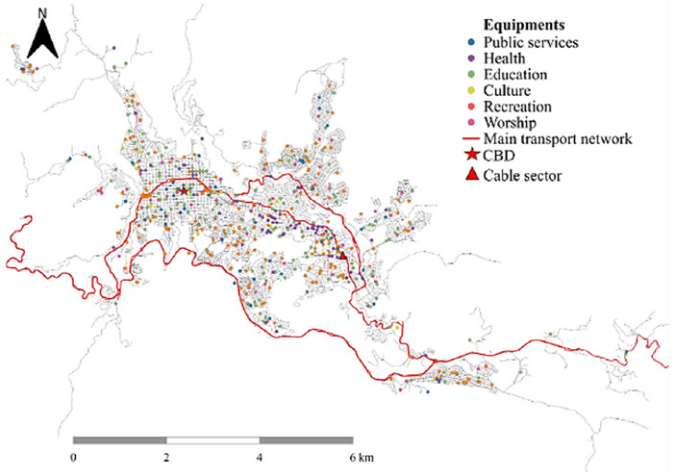


Fuente: Elaboración propia.

3.2 Uso de suelo

El área de estudio se encuentra muy bien equipada, pues los servicios que se encuentran en el trazado de la banda ciclopreferente son muy diversos al comunicar los dos principales polos económicos de la ciudad, el centro de Manizales y el sector El cable. En este recorrido se encuentra alta oferta de servicios como salud, educación, supermercados, entretenimiento. Todos estos equipamientos son importantes para la micromovilidad, pues son atractores de viajes y son parte de los destinos de los usuarios de la banda ciclopreferente, pues su trazado beneficia viajes regulares como trabajo o estudio sino también, viajes ocasionales que ofrece suplir el mismo trazado geográfico donde se encuentra la banda ciclopreferente. Acceder a la ciudad por medio de infraestructura de micromovilidad es un gran acierto y es una de las ventajas que tiene la banda ciclopreferente al estás implantada en la Avenida Santander, sus usuarios disponen de muy buena oferta de servicios debido a los equipamientos y los usos de suelo que se encuentran en su trazado.

Figura 3. Equipamientos de Manizales



Fuente: Aristizábal Salazar, J. E., Wagenaars Rincón, S., & Escobar García, D. A. (2025). Diverse opportunity potential through geographic accessibility modeling as a basis for planning towards the 15-minute city and spatial justice. Future Cities and Environment

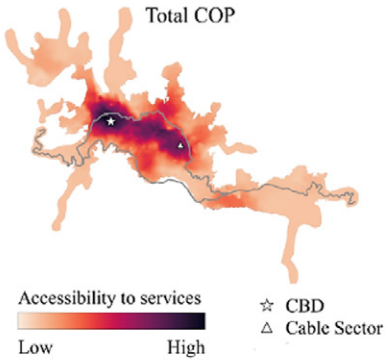
3.3 Accesibilidad

Mediante la interpretación de los usos del suelo, se deduce que la banda ciclopreferente está implantada justo en zonas que no suelen ser residenciales en Manizales, se podría decir que todo su trazado se caracteriza por estar en zonas de uso comercial, lo que la convierte en un excelente corredor ciclista para quienes buscan acceder a la ciudad, recibiendo viajes de diferentes zonas generadoras, las cuales se revisarán en la tercera parte de esta investigación en curso.

Esto significa que sus usuarios gozan de un buen nivel de accesibilidad media integral, lo cual hace que su uso es perfectamente conveniente y versátil entre los propósitos de viaje de sus usuarios.

Nótese en el mapa de la figura 4 la accesibilidad de los servicios y cómo la banda ciclopreferente conecta con las zonas más importantes entre lo dos principales polos económicos, siendo la estrella el centro y el triángulo el sector EL cable.

Figura 4. Accesibilidad de servicios en Manizales



Fuente: Aristizábal Salazar, J. E., Wagenaars Rincón, S., & Escobar García, D. A. (2025). Diverse opportunity potential through geographic accessibility modeling as a basis for planning towards the 15-minute city and spatial justice. Future Cities and Environment

3.4 Topografía

La Avenida Santander tiene la virtud de ser el corredor con menor pendiente que comunica el occidente con el oriente de la ciudad, por lo cual, que la banda ciclopreferente esté implantada en ella es algo muy conveniente para los usuarios de la micromovilidad, pues Manizales es una ciudad con una topografía muy accidentada, lo que convierte una vez más a su recorrido en el más adecuado para implementar en la ciudad de Manizales.

El análisis de topografía examina cómo el relieve y el desnivel del corredor influyen directamente en la operación y el confort de la micromovilidad. Para ello, se emplean curvas de nivel y modelos digitales de elevación que permiten identificar variaciones altimétricas a lo largo de la banda ciclopreferente y comparar su pendiente con la de los sectores adyacentes. Como ya se menciona anteriormente, este procedimiento

evidencia que la Avenida Santander constituye el trazado con menor inclinación entre el oriente y el occidente de la ciudad, lo que justifica su selección como eje principal para la infraestructura ciclista y explica su eficiencia operativa en un contexto urbano caracterizado por fuertes pendientes.

Los usuarios de la micromovilidad, intuitivamente siempre van a buscar las rutas que representen el menor esfuerzo físico posible o menor consumo de energía si es el caso de las scooters o bicicletas electro asistidas, era de esperarse que la Avenida Santander sea por defecto, el corredor determinado para cumplir con todas las condiciones favorables para el desarrollo de estos viajes.

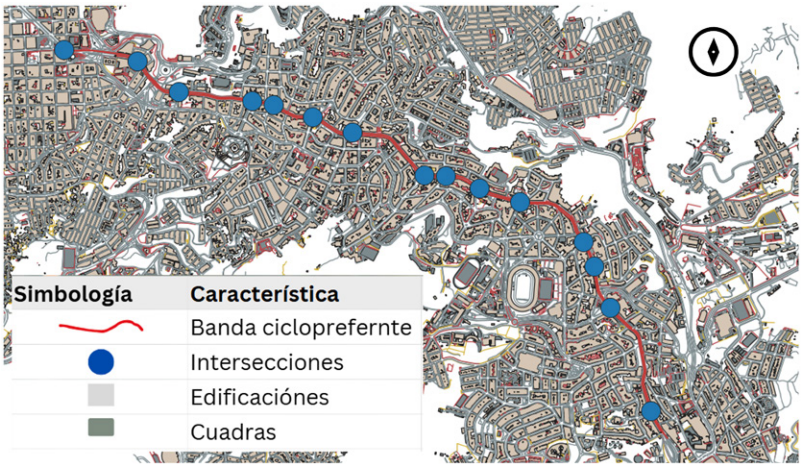
Figura 5. Curvas de desnivel cada 1 metro, sector el Triángulo

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Intersecciones y semáforos

En la banda ciclopreferente se presenta varias intersecciones las cuales deben demarcarse bien y controlar una buena semaforización, pues los cruces a la izquierda pueden generar situaciones de riesgo para los usuarios de micromovilidad.

Figura 6. Intersecciones vehiculares de la banda ciclopreferente.



Fuente: Elaboración propia.

3.6 Inferencia demarcación la cicloinfraestructura

Como puede observarse, la cicloinfraestructura presenta cruces que necesitan un buen estado en la demarcación para brindar seguridad a los usuarios de micromovilidad, la cual requiere mantenimiento permanente.

4. CONCLUSIONES

La banda ciclopreferente de la Avenida Santander en Manizales, no cumple con la mayoría de los criterios de diseño geométrico de los manuales de diseño de cicloinfraestructura en Colombia, Latinoamérica y el mundo, debido a las condiciones de espacio y topografía de Manizales, la cual la hace una infraestructura para micromovilidad realmente muy particular. A falta de buenos criterios de diseño, su buen funcionamiento de sebe a buenas prácticas en el comportamiento de las personas.

Los cruces vehiculares a la izquierda representan un riesgo para los usuarios de la micromovilidad y en este estudio se georreferencia una cantidad alarmante, lo cual sugiere eliminarlos o implementar otras estrategias de diseño útiles para brindar seguridad.

Los arboles son un bien elemento para la sensación de bienestar de los usuarios, sin embargo, sin mantenimiento, pueden presentar un riesgo para los usuarios de la micromovilidad en este corredor, por lo que se recomienda un mantenimiento frecuente.

La topografía beneficia el trazado de este corredor, se comprueba mediante un análisis de capas de nivel topográficas que la Avenida Santander el recorrido más conveniente y con menos desnivel.

La accesibilidad de las zonas que recorre la banda ciclopreferente también beneficia a sus usuarios, dando otra justificación para su trazado geográfico-

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aristizábal Salazar, J. E., Wagenaars Rincón, S., & Escobar García, D. A. (2025). Diverse opportunity potential through geographic accessibility modeling as a basis for planning towards the 15-minute city and spatial justice. Future Cities and Environment, 11.: https://cspub-fce-submission.org/index.php/fce/article/view/52/208

Artículos de revistas científicas en formato electrónico

Datos Abiertos Secretaría Distrital de Movilidad. (¿2015?). *Siniestros viales georreferenciados desde el año 2015 en la ciudad de Bogotá D.C.* Obtenido de https://datos.movilidadbogota.gov.co/datasets/movilidadbogota::accidente-1/explore?location=4.605009%2C-74.083146%2C16.88

Dieter Nohlen. (2013). Ciencia política comparada el enfoque histórico-empírico. *Universidad de Granada*.

Documentos técnicos

Encuesta de Percepción Cuidadana de Manizales 2024 - Manizales Cómo Vamos: https://manizalescomovamos.org/wp-content/uploads/2025/09/ICV-MCV-2024-2025-FINAL.pdf

FONAM. (2005). *Manual de diseño para infraestructura de ciclovías*. Tomar la decisión del cambio

International Transport Forum. (2020). *Safe Micromobility*. Obtenido de International Transport Forum: https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/safe-micromobility_1.pdf

Karla Cristina Cardona Arango, Verónica Bermúdez Zapata. (2019). ARBOLADO URBANO COMO ESTRATEGIA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE. *Universidad de Antioquia*.

Ministerio de Transporte. (2015(Incongruencias), 04 de abril) *Guía de ciclo – infraestrutura para ciudades colombianas.* Obtenido de https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/4853/publicacionesmovilidad_sostenibleguia_de_ciclo-infraestructura_para_ciudades_colombianas/

Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2023). *Guía de recomendaciones para el diseño de infraestructura ciclista*. Obtenido de https://esmovilidad.mitma.es/estrategia-estatal-por-la-bicicleta/guia-de-recomendaciones-para-el-diseno-de-infraestructura-ciclista

Reyes Avilés Isabel, Gutiérrez Chaparro Juan. (2010). Los servicios ambientales de la arborización urbana: Retos y aportes para la sustentabilidad de la ciudad de Toluca. *Universidad Autónoma del estado de México.*

Secretaría Distrital de Movilidad. (2002). *LEY 769 DE 2002 "Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones"*. Obtenido de https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/ley-769-de-2002-codigo-nacional-de-transito_3704_0.pdf

Secretaría Distrital de Movilidad. (2020). *RESOLUCIÓN No. 269 DE 2020: Por medio de la cual se modifica la Resolución 264 de 2015 y se dictan otras disposiciones*. Obtenido de https://www.movilidadbogota.gov.co/web/sites/default/files/Paginas/19-10-2020/resolucion_269_de_2020_paradereros_transporte_publico_con_accesibilidad-_seguridad_para_usuarios.pdf

Secretaría Distrital de Movilidad. (2019). *Aprende a identificar los puntos ciegos para evitar accidentes en las vías.* Obtenido de https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/los-puntos-ciegos-son-causales-de-accidentes-de-transito-en-bogota

INFRAESTRUCTURA CICLISTA, ESPACIO VERDE Y PATRIMONIO: HACIA UNA MOVILIDAD ACTIVA SOSTENIBLE EN TALCA Y EL MAULE – CHILE

Wilmer J. Bueno Silva
Universidad Católica del Maule, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Talca, Chile.
Contacto: wbueno@ucm.cl

RESUMEN

La ciclomovilidad activa ha cobrado creciente relevancia en las en las políticas de sostenibilidad urbana en América Latina. Su consolidación como alternativa real por sobre el automóvil requiere no solo de infraestructura adecuada, sino también la integración de variables ambientales, sociales y patrimoniales en el diseño y gestión del espacio urbano. Talca (Chile) representa un caso de estudio idóneo para analizar estas tensiones, considerando condiciones topográficas, distancias de recorrido e interés por articular espacios urbanos diversos. La ciudad posee 31,20 km de ciclovías, de los cuales solo el 35 % pertenece a la categoría de alto estándar, con once contadores automáticos dispuestos de manera desigual, lo que dificulta la identificación de patrones completos de desplazamiento. La fragmentación de la red, la ausencia de circuitos cerrados y la débil integración con áreas verdes y zonas recreativas evidencian limitaciones estructurales que afectan el uso. En respuesta, surge Ciclo-SIG, aplicación móvil de registro georreferenciado para recopilar datos de desplazamientos y procesarlos mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). La propuesta metodológica se organiza en cuatro dimensiones –ambiental, social, patrimonial y tecnológica– que permiten articular la movilidad sostenible con el confort térmico, la accesibilidad, la valorización patrimonial y la gestión territorial, fortaleciendo la identidad local y reduciendo la dependencia del automóvil como modo dominante de movilidad urbana.

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas dos décadas, la movilidad activa ha adquirido relevancia como estrategia para mejorar la sostenibilidad urbana y la calidad de vida en las ciudades latinoamericanas (Haaland & Van den Bosch, 2015; Guanais, 2023). Sin embargo, en Chile persisten desafíos estructurales y culturales que limitan la adopción masiva de modos no motorizados, especialmente la bicicleta, pese al bajo costo de inversión inicial para el usuario y los beneficios que reporta en el ámbito ambiental y social. Las ciudades en regiones intermedias como Talca, se enfrentan a un crecimiento urbano disperso que incrementa el déficit de transporte público eficiente y potencian la concentración de flujos vehiculares motorizados en ejes troncales, lo que repercute en la accesibilidad, la equidad y la habitabilidad urbana (Bueno-Silva & Soto-Cerda, 2024).

La ciudad de Talca constituye un caso representativo del contexto nacional en cuanto a ciudades intermedias, si bien, cuenta con una red de ciclovías de aproximadamente 31,2 kilómetros, de estos apenas el 35% cumple los lineamientos técnicos definidos por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU, 2015) para ser consideradas de "alto estándar". Además, cuenta con once contadores automáticos instalados para registrar el flujo de ciclistas, pero, se concentran en direcciones norte-sur, lo que impide captar patrones de desplazamiento este-oeste, información que resulta particularmente relevante en una ciudad que tiene un patrón de distribución espacial con estructura reticular. Esta distribución desigual limita la comprensión de los hábitos de movilidad y obstaculiza la planificación basada en evidencia.

En este marco, el proyecto *Ciclo-SIG* desarrollado por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Católica del Maule surge como respuesta a la necesidad de incorporar herramientas tecnológicas para el análisis geoespacial en la gestión de la movilidad ciclista. Su objetivo es recopilar, integrar y analizar datos en tiempo real sobre los desplazamientos de ciclistas, considerar los factores ambientales y elementos de confort urbano mediante una aplicación de registro georreferenciado. La propuesta busca articular variables ambientales, sociales, patrimoniales y tecnológicas para fortalecer la toma de decisiones urbanas y contribuir así a la generación de una red de movilidad sostenible con identidad territorial.

De esta manera, la investigación que sustenta este trabajo tiene como propósito general analizar la interrelación entre infraestructura ciclista, espacio verde y patrimonio en la ciudad de Talca y la Región del Maule, para establecer lineamientos que promuevan una movilidad activa sostenible, segura e inclusiva. A través del diagnóstico del estado actual de la red ciclista y su vinculación con el entorno natural y patrimonial; identificar brechas de conectividad, accesibilidad y confort ambiental; proponer una metodología de integración territorial sustentada en la aplicación Ciclo-SIG. Este trabajo se inscribe en la línea de continuidad de investigaciones previas del autor sobre movilidad sostenible y desarrollo territorial (Bueno-Silva, 2025), consolidando un enfoque multidimensional que vincula ingeniería civil, urbanismo y sostenibilidad.

2. ANTECEDENTES Y MARCO REFERENCIAL

La movilidad urbana sostenible se ha consolidado como una prioridad en las políticas públicas de transporte y planificación territorial, impulsada por los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ONU, 2015), en especial el ODS 11, que promueve ciudades inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. En Chile, la Política Nacional de Desarrollo Urbano (MINVU, 2014) y la Ley de Convivencia Vial (Ley 21.088, 2018) establecen las bases para integrar modos de transporte no motorizados en el sistema urbano. Sin embargo, la implementación efectiva ha sido desigual, con avances normativos que no siempre se traducen en mejoras sustanciales a la infraestructura o en el comportamiento ciudadano (Breu, 2021).

Los estudios de Gosse y Clarens (2014) y Nankervis (1999) demostraron que factores como la continuidad de los trazados, la calidad del pavimento, el clima y la percepción de seguridad influyen significativamente en la decisión de utilizar la bicicleta como medio de transporte cotidiano. En Talca, la discontinuidad de los circuitos, la falta de arborización y la escasa integración con espacios públicos recreativos o patrimoniales repercuten en el bajo uso del sistema (Bueno-Silva & Soto-Cerda, 2024). Este escenario evidencia la necesidad de una evaluación multivariable que considere tanto las condiciones físicas de la infraestructura como las características ambientales y sociales del entorno urbano.

Desde la perspectiva jurídica y normativa, el marco chileno ha evolucionado hacia un enfoque ciclo-inclusivo, aunque persisten vacíos en las políticas de integración territorial. Documentos como el *Manual de Diseño de Ciclovías de Alto Estándar* (MINVU, 2015), la *Vialidad Ciclo-Inclusiva* (MINVU, 2015) y la *Guía de Composición y Diseño Operacional* (MTT, 2020) constituyen avances relevantes al definir parámetros técnicos de diseño, seguridad y confort. Sin embargo, a diferencia de la normativa española como la *Guía de Recomendaciones para Diseño de Infraestructura Ciclista* (FOM/1742/2013), los instrumentos chilenos aún no incorporan explícitamente la interacción entre las ciclovías, el arbolado urbano y la influencia del patrimonio cultural (Bueno-Silva, 2025).

El análisis comparativo entre ambos marcos regulatorios realizado en estudios previos del autor mostró que, mientras la legislación española enfatiza la continuidad, intermodalidad y compatibilidad del entorno vegetal con las rutas ciclistas, la regulación chilena mantiene una visión segmentada y orientada principalmente a la seguridad vial (Altaba & García-Esparza, 2021). Esta diferencia en el enfoque de las normativas revela oportunidades de mejora para incorporar la dimensión ambiental y patrimonial en la planificación de la movilidad no motorizada en Chile.

En cuanto a la relación entre espacio verde y confort térmico, investigaciones recientes destacan que la arborización urbana contribuye a reducir las islas de calor y mejora la percepción de seguridad y bienestar (Haaland & Van den Bosch, 2015; Fischer & Gopal, 2021). Por lo que, estos aspectos son esenciales para el diseño de ciclovías atractivas, seguras y funcionales. De este modo, la incorporación del arbolado, el paisaje urbano y el patrimonio en la infraestructura ciclista no solo fortalece la sostenibilidad ambiental, sino que también promueve la cohesión social y la identidad territorial.

3. METODOLOGÍA Y DIMENSIONES ANALÍTICAS

La investigación adopta un enfoque mixto, de carácter descriptivo y analítico, sustentado en el procesamiento de información geoespacial, normativa y ambiental. La metodología se estructura en torno a cuatro dimensiones interrelacionadas que permiten comprender la movilidad ciclista (no motorizada) como un fenómeno territorial y social más amplio que incluye aspectos de tipo: ambiental, social, patrimonial a través de la tecnología.

3.1 Dimensión ambiental

Considera la interacción entre infraestructura y el ciclista de acuerdo al arbolado urbano disponible y los microclimas generados por la cobertura vegetal. En ella se analizan los sectores donde la vegetación existente ofrece condiciones de confort térmico, reducción de ruido y calidad paisajística. La revisión de Haaland y Van den Bosch (2015) y Fischer y Gopal (2021) refuerza la necesidad de integrar la vegetación como componente estructural del diseño urbano sostenible.

3.2 Dimensión social

Para aborda la accesibilidad universal, la seguridad percibida y la equidad en el uso del espacio público. Se consideran aspectos de género, edad, condición física y vulnerabilidad, siguiendo la orientación del ODS 11. La metodología incorpora observaciones de campo y revisión de normativa relacionada con convivencia vial (Ley 21.088, 2018).

3.3 Dimensión patrimonial

Integrando los hitos culturales y espacios de valor histórico como elementos articuladores del trazado de las ciclovías. Para ello se mapean los nodos patrimoniales y espacios públicos de alto valor simbólico en Talca y la Región del Maule, en concordancia con los planteamientos de Altaba y García-Esparza (2021) sobre el turismo patrimonial sostenible.

3.4 Dimensión tecnológica

El eje tecnológico se desarrolla mediante el proyecto *Ciclo-SIG*, como una aplicación móvil diseñada por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería (UCM). Esta herramienta recopila datos GPS de desplazamientos de los ciclistas e información de las variables ambientales (temperatura, vegetación, proximidad a áreas verdes o patrimoniales de acuerdo al mapeo previo), procesándolos en un entorno de Sistema de Información Geográfica (SIG). La aplicación permite además caracterizar perfiles de usuario (género, edad, condición física a través de talla y peso). Recopilará la información necesaria para establecer los patrones de uso (horarios y niveles de conectividad entre tramos) de acuerdo a referencias previas. (Heesch & Langdon, 2016; Lalupu & Andrade-Arenas, 2022; Šoltésová et al., 2025).

Figura 1 Modelo metodológico para el análisis de la movilidad ciclista

Fuente: Elaboración propia con base en Bueno-Silva (2025).

En la Figura 1 se esquematiza el modelo metodológico que representa un sistema de cuatro capas interconectadas. En la base, el *componente tecnológico* (Ciclo-SIG) actúa como plataforma de captura y procesamiento de datos. Sobre esta, las capas *ambiental, social* y *patrimonial* que se superponen para generar una matriz de análisis multicriterio que integra al análisis el confort térmico, la accesibilidad y valor territorial (patrimonial). El resultado es un modelo dinámico de movilidad activa que permite proyectar intervenciones urbanas y definir indicadores de sostenibilidad local.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diagnóstico de la red de ciclovías en Talca muestra un sistema segmentado, y de baja conectividad. De los 31,2 km de infraestructura identificados, solo 10,85 km cumplen con los criterios de "alto estándar" establecidos por el MINVU (2015). Los once contadores automáticos se ubican mayoritariamente en ejes norte–sur, lo que impide capturar la movilidad transversal oriente–poniente. Además, no se posicionan en un mismo tramo de ciclovía por lo que la información que recaba no pasa de ser un cumulo de datos carentes de interconexión que permitan evaluar el uso o necesidad de mejora para la ruta. Todo esto limita la comprensión de los flujos reales y de cómo se desarrollan las relaciones entre los distintos focos urbanos.

Los resultados preliminares del proyecto *Ciclo-SIG* confirman que la falta de arborización, la discontinuidad y la ausencia de nodos de interés cultural reducen el atractivo del sistema ciclista para hacer uso de las ciclovías existentes. El análisis

geoespacial evidencia una correlación positiva entre las áreas con mayor cobertura vegetal y los tramos más utilizados por los usuarios (Aunque estén fuera del trazado de alto estándar), coincidiendo con estudios internacionales sobre la influencia del confort térmico y elección modal (Fischer & Gopal, 2021).

Asimismo, se constata que los sectores cercanos a espacios patrimoniales (como el entorno de la Plaza de Armas, Museo O'Higginiano y de Bellas Artes de Talca y espacios culturales) y áreas verdes (como el Parque Rio Claro y Parque Estero Piduco) presentan potencial para consolidarse como corredores de movilidad activa y turística. Sin embargo, la falta de interconexión y de facilidades de integración intermodal que potencien su uso con fines recreativos y turísticos a través de las ciclovías existentes limita el aprovechamiento para locales y visitantes.

A partir del contraste normativo, se identificaron diferencias significativas entre Chile y España respecto de la integración ambiental y patrimonial en el diseño de ciclovías. La Tabla 1 resume los principales hallazgos:

Tabla 1. Comparación resumida de criterios Chile–España para infraestructura ciclista

Criterio	**Chile (OGUC, DS 109/2015, MINVU 2015, MTT 2020)**	**España (FOM/1742/2013, Guía de Recomendaciones 2023)**
Continuidad y jerarquía	Parcial. No garantiza interconexión entre rutas urbanas.	Alta. Incluye jerarquización funcional y continuidad obligatoria.
Integración ambiental	Limitada. Considera vegetación solo como ornamento.	Integral. Define especies y densidades para confort térmico.
Patrimonio y paisaje	No incorporado explícitamente.	Requisito de diseño y señalización patrimonial.
Accesibilidad y seguridad	Normas técnicas definidas (Ley 21.088), pero de baja fiscalización.	Accesibilidad universal obligatoria y señalización inclusiva.
Evaluación y monitoreo	Puntual. Depende de registros del MINVU.	Continua, con monitoreo integrado a planes urbanos.

Fuente: Elaboración propia con base en Bueno-Silva (2025).

Los resultados indican que las brechas chilenas se concentran en la ausencia de un enfoque integral que vincule en etapas tempranas del diseño técnico de las ciclovías las variables ambientales y culturales. La aplicación *Ciclo-SIG* constituye un avance significativo al proponer un sistema de observación y evaluación continua, que permitirá retroalimentar las políticas de movilidad urbana a partir del análisis de la información recopilada y contextualizada a las características propias del territorio y su población permitiendo establecer planes de desarrollo e interconexión acordes a su realidad y que potencie el uso de espacios públicos y su identidad local.

El estudio confirma que la movilidad activa no puede abordarse únicamente desde la perspectiva del transporte, sino como un sistema social y territorial complejo al que se debe incorporar la dimensión ambiental y patrimonial para ampliar las posibilidades de planificación urbana sostenible y potenciar la identidad regional del Maule como eje de innovación en movilidad sostenible (Bueno-Silva, 2025).

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis realizado evidencia que la infraestructura de ciclovías en Talca presenta un desarrollo parcial y desarticulado, caracterizado por circuitos que se interrumpen sin lograr la integración total, baja densidad arbórea y limitada interacción con espacios patrimoniales. Las diferencias entre el marco normativo chileno y el español reflejan la necesidad de fortalecer la normativa nacional con criterios de confort ambiental, continuidad funcional y valoración del paisaje urbano.

La propuesta metodológica sustentada en Ciclo-SIG ofrece una herramienta innovadora para integrar información georreferenciada en la toma de decisiones sobre movilidad activa. Su aplicación permitirá la captura y registro de datos reales de desplazamientos, identificar los factores ambientales y sociales que influyen en la elección de rutas para, con esto, fortalecer la planificación participativa mediante evidencias objetivas. De esta manera, el modelo propuesto constituye un aporte concreto para avanzar hacia la movilidad sostenible, alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 11, 13 y 15). Asimismo, abre la posibilidad de replicar la experiencia en otras ciudades intermedias del país y de América Latina, adaptando la metodología a contextos territoriales diversos.

En síntesis, el estudio ratifica la hipótesis central: la integración entre infraestructura ciclista, espacio verde y patrimonio puede transformar la movilidad en una estrategia de desarrollo territorial sostenible, siempre que se sustente en evidencia geoespacial, gestión colaborativa y marcos normativos coherentes. Cerrando este ciclo de investigaciones iniciadas en 2024, se proyecta que la plataforma Ciclo-SIG evolucione hacia un observatorio regional de movilidad activa, articulando universidades, municipios y comunidad. Con ello, Talca y la Región del Maule pueden convertirse en referentes nacionales de movilidad activa, innovación territorial y sostenibilidad urbana.

6. REFERENCIAS

Altaba, P., & García-Esparza, J. A. (2021). *A Practical Vision of Heritage Tourism in Low-Population-Density Areas: The Spanish Mediterranean as a Case Study. Sustainability*, 13(5144). https://doi.org/10.3390/su13095144

Breu, M. (2021). *Ciclovías: un desafío pendiente para Chile*. WWF Chile. https://www.wwf.cl/?367191

Bueno-Silva, W., & Soto-Cerda, L. (2024). *Análisis del comportamiento en desplazamientos no motorizados en las ciudades según la disponibilidad de espacio verde urbano: Caso de Talca, Región del Maule, Chile. Boletín de la Academia Nacional de Ingeniería y el Hábitat*, 63, 53–63. https://acading.org.ve/wp-content/uploads/2024/07/BOLETIN_63_ANIH.pdf?utm_source

Bueno-Silva, W. (2025). *Movilidad sostenible y desarrollo territorial en Chile: desafíos jurídicos y urbanísticos para ciclorrutas en la costa del Maule.* Jornadas Técnicas 50 Aniversario, Universidad de Carabobo.

Fischer, L. K., & Gopal, D. (2021). *Streetscapes as surrogate greenspaces during COVID-19?* Frontiers in Sustainable Cities, 3, 710920. https://doi.org/10.3389/frsc.2021.710920

Gosse, C. A., & Clarens, A. F. (2014). *Estimating spatially and temporally continuous bicycle volumes by using sparse data.* Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2443, 115–122. https://doi.org/10.3141/2443-13

Guanais, F. (2023). *Panorama de la salud 2023: Indicadores OCDE para América Latina y el Caribe*. OECD Publishing.

Haaland, C., & Van den Bosch, C. K. (2015). *Challenges and strategies for urban green space planning in cities undergoing densification: A review.* Urban Forestry & Urban Greening, 14(4), 760–771 https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.07.009

Heesch, K. C., & Langdon, M. (2016). *The usefulness of GPS bicycle tracking data for evaluating the impact of infrastructure change on cycling behaviour.* Health Promotion Journal of Australia, 27(3), 222–229. https://doi.org/10.1071/HE16032

Lalupu Aguirre, J. F., & Andrade-Arenas, L. (2022). *Geolocation Mobile Application to Create New Routes for Cyclists.* International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 13(2). https://doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130280

Ley 21.088 (2018). *Modifica la Ley de Tránsito para incorporar disposiciones sobre convivencia de los distintos medios de transporte.* Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.

MINVU (2014). *Política Nacional de Desarrollo Urbano.* Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Chile.

MINVU (2015). *Manual de Diseño de Ciclovías de Alto Estándar y Vialidad Ciclo-Inclusiva.* Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

MTT (2020). *Guía de Composición y Diseño Operacional de Ciclovías.* Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Chile.

Nankervis, M. (1999). *The effect of weather and climate on bicycle commuting*. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 33(6), 417–431. https://doi.org/10.1016/S0965-8564(98)00022-6

Šoltésová, M., Iannaccone, B., Štrba, Ľ., & Sidor, C. (2025). *Application of GIS technologies in tourism planning and sustainable development: A case study of Gelnica.* ISPRS International Journal of Geo-Information, 14(3), 120. https://doi.org/10.3390/ijgi14030120

INTEGRANDO LOS CRUCES FERROVIARIOS EN UN PLAN DE MOVILIDAD LOCAL: ESTUDIO DE CASO

Oscar Sánchez-Flores
Departamento de Posgrado
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.
oscar.sanchezflores@correo.buap.mx

Itzel Yoselín Herrera Valencia
Facultad de Ingeniería. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
y.herrera@correo.buap.mx

RESUMEN

En este artículo se analiza la problemática de seguridad y movilidad en los cruces ferroviarios a nivel. Se describe y revisa la norma oficial mexicana relacionada con la señalización de este tipo de cruces, haciendo hincapié en sus limitaciones para abordar la movilidad y la seguridad vial desde la perspectiva del derecho a la movilidad y la seguridad vial. Se identifican las áreas de oportunidad para mejorar esta norma tanto en la valoración de las categorías consideradas en los conceptos evaluados como en la inclusión de la perspectiva de la movilidad en Planes de Movilidad Locales. La propuesta metodológica de mejoras se ejemplifica a partir de un estudio de caso.

1. INTRODUCCIÓN

La Red Ferroviaria de México (RFM) abarca 26,914 kilómetros, de los cuales aproximadamente el 13% (3,542 kilómetros) son vías en desuso. Esta longitud equivale a casi el doble del diámetro de la tierra (25,514 kilómetros). Actualmente, la mayor parte de la RFM está concesionada a siete empresas privadas, las cuales se dedican principalmente al trasporte de carga en los tramos concesionados. Además, dos empresas estatales, el tren maya y el tren interoceánico, han comenzado recientemente a operar tramos mixtos de carga y pasajeros.

Las vías ferroviarias son exclusivas para la circulación de trenes, por lo que constituyen barreras espaciales no solo durante su paso sino también en el derecho de vía y su entorno inmediato. Su operación generar ruido y vibraciones, que hacen poco confortable las actividades en un entorno cercano.

En la RFM se registran aproximadamente 11 mil cruces ferroviarios (ARTF, 2022). De estos, el 65% (alrededor de 7,000) son intersecciones a nivel de vías férreas entre una carretera, camino o calle (GM, 2020). La urbanización descontrolada, el crecimiento urbano poco planificado y la falta de intervención de las autoridades, han convertido a muchos de estos cruces en espacios inseguros para los usuarios, ya que carecen de la regulación adecuada y de dispositivos de señalización. Por lo general estos cruces son ignorados y, en el mejor de los casos, se consideran componentes aislados de la movilidad de la aglomeración o zona urbana en la que se localizan.

Los accidentes relacionados con la operación del ferrocarril se clasifican según el origen y ubicación en: 1) Cruces a nivel, 2) Equipo ferroviario, infraestructura y operación, 3) Muerte, lesión y otros, 4) Materiales o residuos peligrosos (SEGOB, 2023). Anualmente, se registran más de 700 accidentes de este tipo. Según ARTF, 2022 el 56% de los accidentes corresponde a cruces a nivel, siendo los estados de Jalisco, Nuevo León, Guanajuato, Chihuahua y Estado de México los que concentran la mayor cantidad. Las condiciones de riesgo para la movilidad, principalmente en los entornos urbanos y los accidentes han motivado la necesidad de realizar intervenciones en estos cruces con el fin de mejorar la seguridad y la operación de los diversos modos de transporte que los usan cotidianamente (peatones, bicicletas, automóviles, etc.).

Con el reconocimiento de la movilidad como un derecho en 2020 (DOF, 2020) y la promulgación de la nueva Ley General de Movilidad y Seguridad Vial (LGSV), el 17 de mayo de 2022 (DOF, 2022), se establecen dos disposiciones generales que hacen imprescindible mejorar la movilidad y la seguridad en los cruces viales. Esta legislación introduce una nueva jerarquía de la movilidad en la que prioriza al peatón, seguida de los modos no motorizados, al transporte público, el transporte de carga y finalmente el automóvil. Por ello es necesario revisar y adecuar la normativa existente en torno a los cruces ferroviarios, en particular las disposiciones relacionadas con la seguridad vial, a fin de armonizar los procedimientos y criterios de análisis con la nueva ley. En este contexto, también es fundamental incorporar en la normativa lineamientos que consideren no solo los cruces, sino también el entorno como parte de un ecosistema para la movilidad. Esto se puede lograr con instrumentos de planeación como son los planes locales de movilidad.

La NOM-50-SCT2-2017 es una normativa federal que establece criterios para evaluar y clasificar cruces ferroviarios a partir de la cual se definen los lineamientos necesarios para mejorar la seguridad y su operación. Esta norma en particular requiere revisarse para alinearla con el contexto actual de movilidad segura. En consecuencia, es necesario que la revisión y mejora de un cruce ferroviario incluya un plan de movilidad local, el cual actúa como un instrumento de planeación destinado a optimizar las condiciones de circulación para todos los modos de transporte un entorno espacial determinado.

En este artículo se desarrollan tres aspectos relativos a los cruces ferroviarios:

a) El análisis de la NOM-050-SCT2-2017 que es la disposición para la señalización de cruces a nivel de caminos y calles con vías férreas, con la finalidad de destacar las limitaciones que presenta respecto a la movilidad y transporte en el contexto de la nueva jerarquía de movilidad y los planes locales de movilidad.

b) La propuesta metodológica de los principios que debe seguir un plan de movilidad como elemento para completar la NOM-050-SCT2-2017 para la mejora de la movilidad y la seguridad en cruces ferroviarios a nivel.

c) Aplicación de la NOM-050-SCT2-2017 a un estudio de caso con un enfoque de movilidad durable. Para ello se define el entorno de un cruce ferroviario en el que se llevan a cabo estudios de movilidad y transporte con dicho enfoque resaltando las intervenciones propuestas en el marco de un Plan de Movilidad Local (PML).

2. EL ANÁLISIS DE LA NOM-050-SCT2-2017

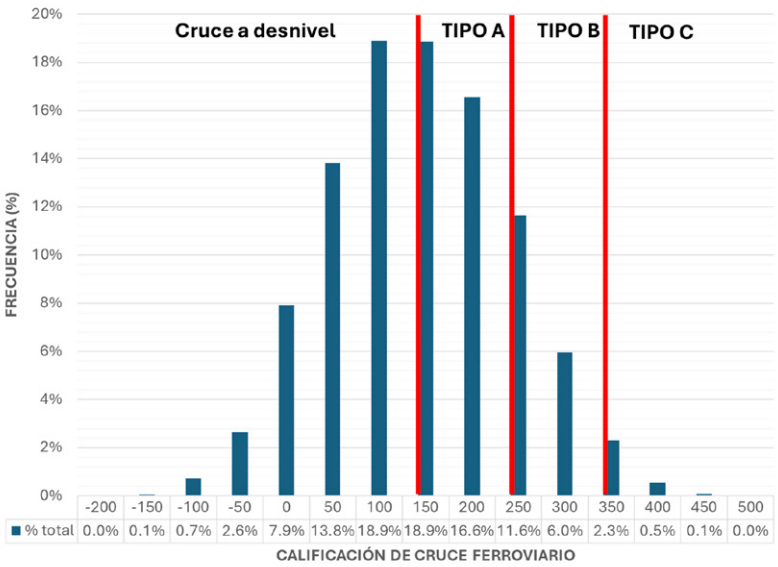
Esta norma se caracteriza por establecer un puntaje y rangos de variación para clasificar la seguridad de una intersección. Sin embargo, los criterios de calificación corresponden a valores discrecionales poco explicados. Lo convencional para diseñar este tipo de herramientas es realizar un análisis estadístico de las condiciones de una amplia muestra de cruces para entonces establecer los rangos de clasificación, así como niveles de variación por categoría. Ante la falta de esta evidencia y la necesidad de sensibilizar los resultados de esta norma, se realizó un análisis numérico a través de simulación por el método de Monte Carlo. Se asume una probabilidad de ocurrencia aleatoria equiprobable en cada uno de los niveles de variación para la calificación de las 13 categorías que integran los 7 conceptos de evaluación considerando 11700 repeticiones independiente de cada variable, un valor similar a la cantidad de cruces en el país. Los resultados obtenidos se agruparon en rangos de 50 unidades para obtener la distribución por tipo conforme a las calificaciones del universo de cruces simulados. Se obtuvo que las calificaciones siguen una distribución normal de media 118 y desviación estándar de 95.7 puntos respectivamente (ver Figura 2).

La amplitud de la distribución es de 700 puntos con un rango de -200 hasta 500 siendo estos los valores prácticamente improbables. Estos resultados llevarían a una distribución 3% de cruces tipo A, 17.6% tipo B y 35.4% tipo C y 44% de cruces que tienen menos de 150 puntos deberían ser a desnivel. Si se tratase de una política para construir cruces a desnivel posiblemente esta norma podría funcionar, lo que

se observa en realidad es que pocos cruces cumplen las intervenciones, señalización e intervenciones mínimas que corresponden a un tipo C. Lo que muestra un rezago importante en la mejora de la seguridad. Es claro que muchos cruces se localizan en zonas rurales o incluso deshabitadas, pero también que la urbanización se ha extendido colocando nuevas condiciones en la operación del cruce por lo que es necesario una política pública de actualización de criterios y mejora de la seguridad.

Por otro lado, se deben incluir otros criterios para determinar en qué condiciones el cruce debe ser a desnivel. Para ello, debería integrarse factores como los tiempos de espera o tiempos de cruce que generan afectaciones a la movilidad y los desplazamientos pues los tiempos de espera y traslado inciden en el empleo de tiempo diario de las personas limitando que lo dediquen a realizar las actividades que le aportan mayor satisfacción en tanto que los vehículos generan más congestión, consumen más recursos generando emisiones de ruido y contaminantes al medio ambiente. De hecho, al considerar la frecuencia de paso del tren, indirectamente considerada en el tránsito ferroviario, estas afectaciones tienen un efecto multiplicador. Por otro lado, la velocidad de paso también es un factor pues un tren de velocidades superiores a los 60 km/h requiere vías segregadas para alcanzar esas velocidades.

Figura 2. Distribución de las calificaciones de cruces ferroviarios



Fuente: Elaboración propia.

La característica principal de la norma es el enfoque de seguridad hacia los vehículos y la infraestructura más que a los usuarios lo que denota la forma tradicional de atender este problema. Si bien ambos componentes son indispensables para la adecuada regulación de un cruce también las decisiones de los usuarios son determinantes para evitar los accidentes. La estadística al respecto indica que más del 98% de los accidentes en cruces ferroviarios a nivel se deben al incumplimiento de las normas de tránsito (UIC, 2022). Por lo tanto, gran parte de las causas de los accidentes están asociadas al factor humano. En este sentido, la norma requiere incluir este factor. Esta tarea es compleja puesto que se requiere replantear el marco regulatorio, la educación vial y sobre todo

la cultura de la movilidad, además que se trata de un asunto de corresponsabilidad y coordinación de los distintos órdenes de gobierno.

Una carencia adicional se refiere a que esta norma invisibiliza a los peatones, ciclistas, y usuarios del transporte público quienes también se desplazan en los cruces y son probablemente los más expuestos, tienen derecho a la movilidad con seguridad y conforme a la LGMSV, que es un ordenamiento de aplicación nacional, se encuentran en la cúspide de la jerarquía de la movilidad teniendo más prioridad que los vehículos. Por lo tanto, deberían ser incluidos en los conceptos a evaluar en la citada norma, pero aún más importante es que cuenten con un entorno adecuado en el cruce para realizar sus desplazamientos con seguridad. Justamente el propósito de dicha Ley es el cambio de enfoque en el tratamiento de la movilidad y con ello la adecuación de las normas que incumplan con tal ordenamiento. Es importante aclarar que por entorno se entiende no solo el cruce en sí, sino la zona de influencia o de proximidad en su conjunto a partir de la cual los usuarios convergen y divergen de dicho cruce. Se trata, incluir elementos y categorías que den cuenta, por ejemplo, de las condiciones y estados de las banquetas, los cruces peatonales, senderos peatonales, la señalización vertical y horizontal, la ubicación de las paradas de los autobuses, las ciclovías. Para lograr este objetivo es conveniente que el análisis de la seguridad de un cruce ferroviario y las necesidades de intervención se inserte en un instrumento de planeación más amplio como es un plan de movilidad local.

3. CRUCES FERROVIARIOS A NIVEL EN UN PLAN DE MOVILIDAD

La movilidad es una práctica social que incluye un conjunto de decisiones, actividades, hábitos e incluso procedimientos que realizan las personas de manera repetida y cotidiana. Se califica, por lo general, como la facilidad para desplazarse de un lugar a otro con determinadas condiciones de comodidad, seguridad o eficiencia (económica, energética, etc.). A diferencia del transporte, que se entiende como un proceso económico, social, técnico para desplazar a una persona o un bien de un lugar a otro, en la movilidad importa el cómo y en qué condiciones se desplazan las personas. Bajo esta consideración la LGMSV establece los atributos que esta práctica social debe tener: seguridad, comodidad y eficiencia y el orden de prioridad o jerarquía que tienen los actores de la movilidad: peatones, bicicletas, transporte público, transporte de carga y vehículos particulares. En este sentido un plan de movilidad es el instrumento de planeación estratégica que permite concretar este lineamiento de orden general y de aplicación nacional.

En efecto, un Plan de Movilidad (PM) contiene estrategias, objetivos, metas, acciones, un plan de implementación, monitoreo y seguimiento (e.g. ITDP, 2012, González, 2018). Tienen por objeto crear entornos urbanos más accesibles, seguros y respetuosos con el medio ambiente. La palabra clave es entorno ya que se trata de un subsistema compuesto de varios componentes evitando con ello tratar cada elemento por separado. En el caso de la movilidad en el cruce ferroviario se trata de considerar las necesidades de movilidad, los actores de la movilidad según su jerarquía, la infraestructura de todos los modos de transporte que ahí convergen y los indicadores de desempeño que resulten de la relación entre ambos.

Existen en la literatura diversos procedimientos para elaborar un PM. Con frecuencia se asociación a la sostenibilidad y al cumplimiento de los objetivos del desarrollo sustentable (ODS). Así un PM se distingue por incluir los principios siguientes (adaptado de PM, BMZ, GIZ, 2023):

• *Planificar conforme a un "área urbana funcional"* o entorno y no en los límites administrativos. Esta área urbana funcional se delimita sobre la base de patrones de movilidad que reflejan la distribución de las actividades y los servicios sobre el territorio o, de manera más general, el uso del suelo.

• *Cooperar más allá de las fronteras institucionales*, vinculando instituciones de movilidad y planificación urbana, de transporte público y vial, de infraestructura, medio ambiente y sociales de todos los niveles de gobierno. Involucrar a todos los agentes públicos relevantes que influyen directa o indirectamente en la movilidad urbana garantizando la alineación del PM con las políticas, normativas y acuerdos institucionales existentes, así como la responsabilidad política necesaria para el éxito de la implementación y la adhesión al PM a lo largo del tiempo y especialmente a través de los ciclos electorales.

• *Involucrar a los ciudadanos y a las partes interesadas*, asegurando así que las necesidades de movilidad y los intereses de la población y las empresas se tengan en cuenta, en la medida de lo posible, en el diseño del PM. Al mismo tiempo incorporar la participación ciudadana en la implementación y seguimiento del plan.

• *Evaluar el rendimiento actual y futuro del sistema de transporte* en el área urbana funcional llevando a cabo un diagnóstico completo de la movilidad urbana, armando y comparando escenarios de los PM con una base de referencia e identificando indicadores para el seguimiento

• *Definir una visión a largo plazo* y un camino de implementación claro que sea viable financieramente. La responsabilidad política es necesaria para la adhesión a largo plazo del PM. Por otra parte, los resultados solamente pueden alcanzarse si se dedican recursos suficientes a su implementación.

• *Desarrollar todos los modos de transporte de manera integrada*, priorizando el desplazamiento a píe, el transporte público y la movilidad activa al mismo tiempo. Tal integración debe reflejarse en las medidas identificadas en el PM (de infraestructura, técnicas, normativas, de concientización y financieras) para mejorar la calidad, seguridad, accesibilidad y eficacia del sistema en su conjunto.

• *Organizar el monitoreo y la evaluación* para analizar el progreso de la implementación del PM y el impacto previsto a lo largo del tiempo. Los indicadores adecuados, la recolección de datos y los métodos de evaluación deben identificarse para supervisar y comunicar estos progresos y adaptar las medidas en curso según sea necesario.

• *Asegurar la calidad del PMUS* mediante la implantación de mecanismos que aporten las garantías técnicas sobre la calidad de los datos, la información y la gestión de riesgos.

• *Garantizar la comunicación y la socialización de resultados*. Informar a la comunidad sobre el plan de movilidad y sus beneficios promoviendo la participación ciudadana y la conciencia sobre la importancia de una movilidad sostenible.

Por lo tanto, la mejora de la movilidad y la seguridad en un cruce ferroviario debería plantearse en el contexto de un PM local (PML) en este caso que incluya el entorno vial y urbano y no solo el cruce.

4. ESTUDIO DE CASO Y APLICACIÓN

Se seleccionó un cruce ferroviario a nivel común al que se requería evaluar para incrementar la seguridad conforme a la NOM-50. En el entorno del cruce se planificó un conjunto de estudios desde la perspectiva de un PML que pretende mejorar la movilidad y la seguridad del entorno. A partir de este enfoque, los estudios de campo en sitio se diseñaron tanto para colectar los insumos requeridos para la aplicación de la norma como para el planteamiento de intervenciones orientados a mejorar la movilidad del entorno.

Localización. El cruce ferroviario de estudio se forma por la intersección de la vía del tren de carga Guadalajara – Colima con la conexión entre la lateral del cuerpo sur de la carretera estatal Tlajomulco de Zuñiga a San Isidro Mazatepec con el cuerpo central. A esta conexión convergen a su vez la calle Francisco Villa y el acceso principal de vehículos de carga a una planta farmacéutica. La vía férrea mencionada tiene una operación esporádica en tanto que la carretera es un eje de afluencia vehicular importante, con dos carriles por sentido de circulación, en cuyos márgenes se encuentran localizadas diversos parques industriales que tienen una vinculación intensa con la capital de Jalisco a través de la carretera Guadalajara-Morelia. La calle Francisco Villa tiene un carril de circulación por sentido, siendo una de las alternativas viales para acceder a la localidad de la Cofradía desde la carretera Tlajomulco-San Isidro.

Movilidad en el entorno. El entorno se caracteriza por una movilidad intensa de varios modos de transporte. Los peatones transitan por el cruce para: a) desplazarse hacia/ desde el cuerpo principal de la carretera en la que se ubican las paradas de transporte público, b) acceder/salir de la planta farmacéutica (más de 10 mil empleados) por motivos laborales, visita técnica, gestiones administrativas, entre otras. c) para trasladarse hacia/ desde algún local comercial o restaurante ubicado sobre el margen sur de la carretera citada. Los residentes locales se desplazan en bicicleta por el cruce para atender sus necesidades de movilidad ya que es el paso obligado cuando proceden/regresan desde la Cofradía o de la planta farmacéutica. Dado que la planta farmacéutica utiliza transporte de personal para trasladar a sus empleados, en las horas de entrada y salida se movilizan más de 100 autobuses de 10-12 metros de longitud, el resto del día se tiene una afluencia menor de unidades. Los vehículos de carga pesada requieren utilizar el cruce, de forma continua (más de 200 vehículos/día en ambos sentidos en días laborales), para acceder/egresar de la planta farmacéutica. Finalmente, los usuarios del automóvil transitan por el cruce como parte de la movilidad cotidiana hacia/desde: la planta farmacéutica (más de 800 vehículos/día), la localidad de La Cofradía y, los que se

dirigen a otras plantas y empresas localizadas en el margen sur-oriente sobre la lateral de la carretera San Isidro-Tlajomulco.

Descripción del cruce ferroviario. Cuenta con una vía de un solo carril, diseñada para circular en un sentido y tiene un ancho de 4.0 metros. Carece de banquetas y áreas adecuadas para desplazamiento peatonal y ciclistas; la señalización horizontal para el paso de estos usuarios está ausente. El cruce cuenta con una vía férrea clase 2 según la NOM-003 ARTF -2023, Seguridad clasificación y especificación de vía, ya que se trata de vías para un tren de carga cuya velocidad máxima de operación es de 40 km/h. Cuenta con la regulación y la señalización horizontal y vertical correspondiente a un cruce ferroviario a nivel tipo C según la NOM-050-SCT2-2017 aunque los semáforos están fuera de operación.

Estudios realizados con enfoque de movilidad. Los estudios realizados para analizar la movilidad en el cruce fueron: a) levantamiento de las características en el entorno del cruce ferroviario, b) análisis de caminabilidad, c) aforos transversales y direccionales, d) levantamiento de las características geométricas y operativas del cruce, y e) Levantamiento de la señalización vertical y horizontal en el entorno del cruce.

4.1 Resultados de la evaluación del cruce y la movilidad

Identificación del tipo de cruce. A partir de los datos colectados, se realizó la evaluación del cruce ferroviario conforme a la NOM 50-SCT2-2017. Posteriormente, se realizó el análisis de caminabilidad. Finalmente, conocida las condiciones de movilidad en el entorno se elaboraron un conjunto de propuestas para el PML. En el Cuadro 4 se indican los 7 conceptos evaluados con sus correspondientes categorías, la explicación de la calificación asignada; la posibilidad de que la calificación sea mejorada con alguna intervención en la infraestructura y la evidencia gráfica. El cruce ferroviario obtuvo una evaluación de 242 puntos, lo que indica que es tipo A por lo que requiere barreras y semáforos para garantizar su seguridad.

Categoría y descripción	Puntos
Ángulo de esviaje: es igual a 0°. El eje Ferroviario es perpendicular al eje de la conexión entre la lateral y el cuerpo principal de la carretera. No obstante, el eje de la entrada a la planta farmacéutica y el eje de la calle Francisco Villa tienen un ángulo de desviación respecto a la perpendicular por lo que es necesario alinear el cruce. Calificación 3 ponderación 12 Mejorable: Si, alinear el eje para alcanzar calificación de 5 o 60 puntos.	36
Distancia de visibilidad en cuadrantes: El cuadrante 3 no cumple con la distancia mínima de visibilidad, pues presenta 8 metros libres de los 15 m requeridos. El cuadrante 4 también presenta problemas de visibilidad por el muro de la planta farmacéutica que impide la visibilidad al aproximarse al cruce desde la calle Francisco Villa. Calificación 0. Mejorable: No, inviable.	0
Pendiente longitudinal: el corte transversal del cruce se muestra una pendiente de 6°. Calificación 0. Mejorable: Si, renivelar el cruce a una pendiente horizontal (0°) para alcanzar una calificación de 5 o 30 puntos.	0
Superficie de rodadura: Se encuentra en buen estado sin deficiencias aparentes. Se asigna la calificación máxima. Mejorable: no, puntuación máxima.	20
Drenaje: El cruce carece de un sistema de drenaje en el margen oriente. En el margen poniente cuenta con un canal de drenaje Mejorable: Si, habilitar los canales de drenaje en el margen oriente del cruce para obtener una calificación de 5 o 10 puntos.	0

Categoría y descripción	Puntos
Número de vías férreas: Solo hay una vía férrea por lo que se asigna la calificación máxima. Mejorable: no, puntuación máxima.	30
Diferencia de peralte: Se dispone de una rampa para que la vía férrea y la rasante de la conexión entre la lateral estén al mismo nivel. Por ello, el peralte se considera nulo (0 cm) en la superficie de rodadura. Se asigna la calificación máxima. Mejorable: no, calificación máxima.	15
Número de carriles: La conexión vial entre la lateral y el cuerpo principal de la carretera cuenta con un carril por sentido. Mejorable: no, calificación máxima.	120
Alumbrado: El alumbrado no cumple con lo establecido en la **NOM-013-ENER-2013** ya que en el cruce prácticamente no hay alumbrado, salvo el correspondiente a la entrada de la planta farmacéutica. Mejorable: Si, cumplimiento de la norma de alumbrado para obtener una calificación de 5 o 10 puntos.	0
Volumen Tránsito Vehicular: A partir de los aforos vehiculares se determinó que el TPDA en este cruce es de 2,707 veh/día. Mejorable: no, inviable la desviación del tránsito.	72
Volumen Tránsito Ferroviario: De acuerdo con la información proporcionada por el personal de la planta se obtuvo que el tren tiene una frecuencia de paso de 1 a 3 veces al día. Mejorable: no, es la frecuencia de operación del servicio ferroviario.	55
Cantidad de accidentes ocurridos: Debido a que esta vía es de poco uso, el registro de accidentes se obtuvo a partir de informantes de la planta farmacéutica. Se tiene registro de 1 a 2 accidentes al año Mejorable: Si, reducción a 0 accidentes. Sin descuento de puntos.	-10
Tipo de vehículo: En el cruce transitan vehículos de transporte público y materiales peligrosos debido a la cercanía de fábricas de químicos industriales. Mejorable: no, las plantas y fábricas seguirán en operación.	-100

Análisis de caminabilidad. Se realizó tomando como referencia el Índice Técnico Sensible al Género (BID 2019) y el índice ICAM 2.0 del ITDP (ITDP, 2020). El índice empleado evalúa 6 dimensiones. Cada una de ellas es valorada en una escala con 4 niveles de variación tipo Lickert. La evaluación resultante para el entorno del cruce ferroviario fue de 1.7 lo que indica que la caminabilidad es mínima, por lo que es necesario realizar una serie de intervenciones, las cuales son conveniente incluir en el PML.

4.2 Medidas propuestas

Para mejorar la movilidad en el entorno, conforme a la jerarquía de la movilidad establecida en la LGMSV, es recomendable incluir los resultados de los análisis de caminabilidad, seguridad ferroviaria en el cruce y de movilidad. Las intervenciones propuestas deberían, por un lado, mejorar la seguridad del cruce ferroviario y por otro mejorar la movilidad en términos generales visibilizando los modos no motorizados.

Incrementar la seguridad del cruce. A través de la norma esto a través de intervenciones que aumenten el puntaje del cruce para alcanzar el tipo C el cual se logra a partir de 350 puntos. Se requiere incrementar al menos 108 puntos los 242 actuales. Una vez que se identifican las intervenciones inviables por su costo o limitaciones geométricas se toman en consideración las áreas de oportunidad para incrementar el puntaje y la seguridad del cruce. En este caso, se considera viable realizar las siguientes acciones según la categoría de evaluación: a) Reducir o eliminar el ángulo de esviaje, b) eliminar la pendiente longitudinal nivelando el cruce con las vialidades, c) Mejorar el alumbrado, d) mejorar el drenaje, e) mejorar las condiciones de seguridad del cruce. Con estas intervenciones (ver detalles en Herrera y Sánchez, 2024) el cruce alcanzará

una calificación 304 puntos por lo que se clasificará como cruce tipo B lo que llevará a implementar las medidas sugeridas en la NOM 50-SCT2-2017 mismas que son compatibles con las propuestas de intervenciones en infraestructura descritas.

Mejora de la movilidad. El análisis de caminabilidad da cuenta del diagnóstico actual del entorno en términos de movilidad no motorizada y es útil para definir las líneas de trabajo para mejorarla en las dimensiones evaluadas. Las categorías que tienen evaluaciones de 1 a 2 puntos requieren de mejoras sustanciales en tanto que las únicas que tienen 3 podrían mejorarse. Dependerá del énfasis y costos que se prevea invertir en el PML lo que definirá las acciones concretas. El planteamiento central es que configure un entorno y un cruce seguro. Este concepto es compatible con los manuales de calles (e.g SEDATU, BID, 2018) y la norma NOM-04-SEDATU-2024 sobre el diseño de calles urbanas recientemente publicadas en el marco de la LGMSV (ver DOF, 2024). El diseño incluye salvaguardar la seguridad del peatón y del ciclista mediante diseño geométrico de espacios reservados y dispositivos para mejorar la seguridad. Para el caso de los cruces ferroviarios se han desarrollado diversos diseños y metodologías específicas (e.g. FHWA, 2007; IRAP, 2024) que es necesario tomar en cuenta para lograr el derecho a la movilidad de todos los usuarios del cruce.

5. COMENTARIOS FINALES

Se ha realizado una síntesis y revisión de la norma mexicana vigente que clasifica los cruces ferroviarios a nivel, con el objetivo de determinar el tipo de medidas de regulación y gestión del tránsito para mejorar su seguridad. Este análisis ha revelado que esta norma tiende a invisibilizar a los peatones y ciclista, lo que afecta su derecho a la movilidad y a la jerarquía vial establecida en la Ley General de Movilidad y Seguridad Vial. Por otro lado, se ha evidenciado que la valoración de las categorías de los conceptos que definen la calificación y, con ello, la clasificación del cruce requiere una validación mayor. El análisis numérico realizado para una red nacional ferroviaria simulada de más de 11,000 cruces, considerando la equiprobabilidad de ocurrencia de los niveles de variación de cada categoría, muestra que más del 44% de los cruces deberían ser a desnivel, mientras que sólo 13% resultarían ser de tipo A. Por lo tanto, es necesario ampliar el análisis empírico de los cruces a nivel para garantizar que la norma contemple adecuadamente los rangos de variación de las calificaciones de cada categoría y el impacto que cada elemento tiene en la calificación. Esta valoración paramétrica es imprescindible para validar la norma. En este mismo sentido, se propone que los cruces sean analizados como entornos de movilidad y que se inscriban en el marco de un Plan Local de Movilidad con el fin de garantizar la seguridad y el derecho a la movilidad. A través de medidas de mejora en la infraestructura, conforme a las normas aplicables y la adecuada adaptación del entorno, sería factible mejorar la seguridad de todos los usuarios en los cruces y su entorno, una tarea que requiere la corresponsabilidad de ciudadanos y autoridades.

6. REFERENCIAS

ARTF (2022). Reporte de Seguridad en el Sistema Ferroviario Mexicano Primer Trimestre 2022. Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario. Gobierno de México. https://www.gob.mx/artf/documentos/106855.

ARTF (2022). Sistema ferroviario de México. Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario. Gobierno de México. https://www.gob.mx/artf/articulos/infraestructura-ferroviaria-191183?idiom=es.

BID (2022). Metodología para calcular el índice técnico de caminabilidad sensible al género. Banco Interamericano de Desarrollo. https://publications.iadb.org/es/metodologia-para-calcular-el-indice-tecnico-de-caminabilidad-sensible-al-genero

DOF (2011). NOM-034-SCT2-2011, Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbana. Diario Oficial de la federación 24 de octubre de 2011. https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4555/sct/sct.htm

DOF (2017). NOM-050-SCT2-2017, Disposición para la señalización de cruces a nivel de caminos y calles con vías férreas. Diario Oficial de la federación 17 de julio de 2017. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5489690&fecha=11/07/2017#gsc.tab=0

DOF (2023). NOM-EM-003-ARTF-2023, Sistema Ferroviario-Seguridad-Clasificación y Especificaciones de Vía. Diario Oficial de la federación 24 de octubre de 2011. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5699375&fecha=22/08/2023#gsc.tab=0

González, J. M. (2018). Planes de movilidad sostenible: Nuevas perspectivas para la gestión urbana. Barcelona, España: Editorial Planeta.

ITDP (2012). Planes Integrales de Movilidad: Lineamientos para una movilidad urbana sustentable. Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo. México.

SEDATU, BID (2018) Manual de Calles. Diseño Vial para Ciudades Mexicanas. Secretaria de desarrollo agrario, territorial y urbano. México. https://www.gob.mx/sedatu/documentos/manual-de-calles-diseno-vial-para-ciudades-mexicanas.

VALORACIÓN DE LOS AHORROS DE TIEMPO DE VIAJE EN EL TRANSPORTE URBANO DE CARGAS: CASO CIUDAD DE CÓRDOBA, ARGENTINA

Romano, Walter Javier
Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba.
Ciudad de Córdoba, Provincia de Córdoba, Argentina
walteromano@unc.edu.ar

Sartori, Juan José Pompilio
Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba
Ciudad de Córdoba, Provincia de Córdoba, Argentina
jjpsartori@unc.edu.ar

RESUMEN

El estudio desarrolla un experimento de preferencias declaradas para estimar la valoración del ahorro de tiempo de viaje (VATV) en el transporte urbano de cargas de la ciudad de Córdoba (Argentina), con el fin de generar valores locales para la evaluación económica de políticas y proyectos logísticos en el marco de la movilidad urbana sostenible. Se adopta un enfoque mixto con triangulación cualitativa y cuantitativa. La fase cualitativa, basada en entrevistas a empresarios, operadores logísticos e investigadores, identifica como atributos relevantes el tiempo de transporte, el costo operativo, la confiabilidad, la seguridad y la asociatividad. Las percepciones recogidas sugieren una posible subvaloración del tiempo como recurso económico y una demanda por políticas que mejoren la eficiencia y la previsibilidad del sistema urbano de cargas. La fase cuantitativa propone un diseño d-eficiente de preferencias declaradas con modelo logit multinomial, con alternativa fija de preferencias reveladas más tres alternativas de elección no nominadas y cuatro escenarios de elección para un caso hipotético. Se propone replicar este diseño, ajustando niveles a la realidad de cada firma, realizar encuestas a empresarios y gerentes de logística, y luego estimar un modelo logit multinomial para obtener el VATV y la disposición a pagar por mejoras en la logística urbana. Los resultados contribuirán al Observatorio de Transporte Urbano de Cargas de Córdoba.

1. INTRODUCCIÓN

El transporte urbano de cargas constituye un componente esencial de la movilidad y del funcionamiento económico de las ciudades latinoamericanas. Su papel es determinante para garantizar el abastecimiento de bienes, la operación de los servicios y la competitividad de los sectores productivos. Sin embargo, su creciente volumen y complejidad generan importantes impactos económicos, sociales y ambientales, especialmente en contextos urbanos donde las infraestructuras y normativas fueron concebidas principalmente para la movilidad de personas (BID, 2013; Taniguchi, Thompson & Qureshi, 2024).

En la ciudad de Córdoba (Argentina), el sistema de distribución urbana se caracteriza por una alta dependencia del transporte automotor, tanto en la última milla como en la logística interurbana en su área metropolitana. Este predominio del modo carretero se combina con una estructura urbana dispersa y una creciente congestión vehicular, factores que incrementan los tiempos de viaje, los costos operativos y las emisiones contaminantes, según BID (2020). Los puntos críticos de congestión se localizan en avenidas de acceso, zonas céntricas y corredores comerciales - como el barrio de Nueva Córdoba o el Mercado Norte de la ciudad - donde la falta de espacios exclusivos para carga y descarga, la ocupación indebida por vehículos particulares y las restricciones horarias rígidas agravan los cuellos de botella logísticos.

Este estudio se justifica por la necesidad de generar evidencia empírica local que permita estimar el Valor de los Ahorros de Tiempo de Viaje (VATV) en el transporte urbano de cargas, un parámetro esencial para la evaluación económica de proyectos y la formulación de políticas públicas. La literatura especializada reconoce que, a diferencia del transporte de pasajeros, los estudios sobre valoración de los ahorros de tiempo en el transporte de mercancías son escasos y, en su mayoría, provienen de contextos europeos o norteamericanos (de Jong et al., 2014; Fowkes, 2007). Esta falta de información representa una limitación crítica para ciudades intermedias de América Latina, donde los patrones de movilidad, las estructuras logísticas y las condiciones institucionales difieren significativamente.

En el caso de Córdoba, la ausencia de estudios sistemáticos sobre tiempos de viaje, costos y valoraciones de los actores impide la formulación de políticas basadas en evidencia. Comprender cómo los empresarios y conductores valoran el tiempo, la confiabilidad y las condiciones operativas es fundamental para diseñar estrategias que mejoren la eficiencia y reduzcan las externalidades negativas. Asimismo, la incorporación de la perspectiva de los actores locales - transportistas, cámaras empresariales, autoridades e investigadores - mediante técnicas cualitativas permite captar dimensiones del fenómeno que los enfoques puramente cuantitativos suelen omitir (Jick, 1979; Valles, 1999; Holguín-Veras et al., 2017).

La investigación se inscribe así en la agenda de movilidad urbana sostenible, aportando al diseño de una metodología para obtener parámetros empíricos locales para la evaluación costo-beneficio de intervenciones en infraestructura y regulación. Al mismo tiempo, contribuye al avance académico en la modelización del transporte de mercancías y ofrece un marco replicable para otras ciudades intermedias de América Latina.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El VATV es una de las variables más relevantes en la economía del transporte, al representar la disposición a pagar por reducciones en el tiempo de desplazamiento o por mejoras en la confiabilidad de los servicios de transporte. En el ámbito del transporte de mercancías, este concepto adquiere una naturaleza dual, dado que intervienen tanto los costos operativos del transporte (vehículo, combustible, mantenimiento, personal) como los costos logísticos asociados a la carga (inventario inmovilizado, deterioro, pérdidas por demoras o interrupciones de la cadena) (de Jong et al., 2014). Esta diferenciación permite identificar qué agente –transportista, cargador o receptor– internaliza cada componente del costo, proporcionando un marco conceptual más preciso para el diseño de políticas públicas orientadas a la eficiencia y sostenibilidad del sistema logístico.

Desde la perspectiva teórica, el VATV se sustenta en la teoría de la utilidad aleatoria, que modela las elecciones de los agentes en función de su maximización de utilidad ante alternativas con atributos observables y no observables. Los modelos de elección discreta, como el logit multinomial y sus extensiones mixtas o de clases latentes, permiten estimar cuantitativamente la importancia relativa de atributos como el tiempo, el costo, la confiabilidad o la seguridad (Hensher & Button, 2000). La estimación de estos modelos se basa, en gran medida, en datos obtenidos mediante preferencias reveladas (PR) y preferencias declaradas (PD).

Las preferencias reveladas (PR) reflejan el comportamiento observado en situaciones reales, permitiendo estimaciones fundamentadas en elecciones efectivas. No obstante, presentan limitaciones importantes: solo permiten observar atributos existentes, suelen tener alta correlación entre variables (por ejemplo, tiempo y costo) y los datos son costosos o difíciles de obtener, especialmente en el transporte urbano de cargas (Danielis & Rotaris, 1999; Ortúzar y Willumsen 2024). Por otra parte, las preferencias declaradas (PD) ofrecen la posibilidad de analizar reacciones ante políticas o servicios aún no implementados, mediante escenarios hipotéticos diseñados experimentalmente. Estas encuestas se han consolidado como una herramienta clave en el análisis de las compensaciones (trade-offs) entre atributos, permitiendo derivar valores monetarios de ahorro de tiempo, confiabilidad o reducción de emisiones (Fowkes, 1998; Hensher, 1994).

La robustez de los resultados depende, además, del diseño experimental, el cual debe equilibrar ortogonalidad, realismo y carga cognitiva del encuestado (Fowkes, 1998). Diseños ortogonales garantizan independencia entre atributos, pero pueden perder realismo al presentar combinaciones poco plausibles. Asimismo, de Jong et al. (2014) propusieron técnicas innovadoras para representar atributos complejos, como la confiabilidad, mediante tiempos de viaje equiprobables en lugar de medidas estadísticas abstractas, mejorando la comprensión de los encuestados.

En los últimos años, la literatura ha avanzado hacia enfoques de triangulación metodológica, que integran evidencia cualitativa y cuantitativa para captar tanto las dimensiones observables como los determinantes latentes (no observables) del comportamiento. Autores como Jick (1979) y Valles (1999) destacan que la triangulación mejora la validez de las inferencias, al combinar las fortalezas complementarias de métodos cualitativos

- como entrevistas en profundidad - y métodos cuantitativos - como las encuestas de elección discreta -. Esta integración metodológica es especialmente pertinente en el estudio del transporte urbano de cargas, caracterizado por una gran heterogeneidad de actores, mercancías y contextos (Maxwell, 2019; Holguín-Veras et al., 2017).

La literatura internacional ha documentado una evolución significativa en el análisis del transporte de mercancías, orientada hacia la valoración de atributos del servicio (tiempo, costo, confiabilidad y seguridad) mediante métodos econométricos y experimentales. Fowkes, Nash y Tweddle (1989) fueron pioneros en estimar la valoración de la calidad del servicio de transporte para distintos tipos de mercancías, evidenciando que los productos de bajo valor y alta rotación presentan menor sensibilidad al tiempo y mayor sensibilidad al costo, mientras que los productos de alto valor o sujetos a esquemas just-in-time muestran una marcada preferencia por la confiabilidad (Danielis et al., 2005). Los hallazgos de de Jong et al. (2014) profundizan en esta diferenciación al descomponer el valor del tiempo en dos partes: el del transporte (vehículo y personal), dominado por los transportistas, y el de la carga (inventarios y pérdidas por demoras), predominante entre los cargadores. Esta distinción conceptual permite comprender mejor las dinámicas distributivas de los costos dentro de la cadena logística. Por su parte, Shams, de Jong y Fowkes (2022) realizaron un meta-análisis de 56 estudios internacionales que confirma la heterogeneidad de las valoraciones: el VATV crece casi proporcionalmente al PIB per cápita, es más alto en modos rápidos (aéreo y carretera) y varía según el actor decisor.

Un aspecto clave identificado por Holguín-Veras et al. (2006) es la interdependencia entre transportistas y receptores, la cual puede limitar la efectividad de políticas como los peajes urbanos. En su estudio sobre tarificación vial en Nueva York, demostraron que los transportistas, al depender de los horarios de recepción de los clientes, no pueden trasladar fácilmente los costos ni modificar sus horarios operativos, lo que diluye el efecto esperado de las políticas tarifarias. Este hallazgo refuerza la importancia de incorporar a los receptores de carga en el análisis de preferencias y en el diseño de incentivos que permitan flexibilizar las ventanas de entrega. Los trabajos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2013; 2020) y Taniguchi, Thompson y Qureshi (2024) destacan la necesidad de implementar políticas integradas de movilidad urbana que incluyan el transporte de cargas como componente estratégico de la planificación. Las propuestas de franjas horarias diferenciadas, zonas dedicadas de carga y descarga, carriles exclusivos para reparto y sistemas digitales de reserva y monitoreo de bahías logísticas son consideradas medidas prioritarias para reducir la congestión y mejorar la eficiencia (Taniguchi et al., 2024; Ortúzar & Willumsen, 2024). En suma, los estudios previos coinciden en que la valoración del tiempo y la confiabilidad son atributos centrales en la toma de decisiones logísticas, y que su adecuada estimación es fundamental para diseñar políticas públicas basadas en evidencia.

3. METODOLOGÍA

Este trabajo presenta el diseño de la encuesta de preferencias declaradas y reveladas aplicando una triangulación metodológica cualitativa (Valles, 1999) y cuantitativa (Jick, 1979) para estimar el Valor de los Ahorros de Tiempo de Viaje (VATV) en el transporte

urbano de cargas (Ortúzar & Willumsen, 2024), a realizarse en la ciudad de Córdoba (Argentina). El enfoque integra entrevistas en profundidad a actores estratégicos (cámaras empresariales, operadores logísticos, empresarios de transporte, autoridades locales, investigadores) con encuestas de preferencias reveladas (PR) y declaradas (PD), construidas a partir de la evidencia cualitativa. La triangulación metodológica busca superar la tradicional escasez de información en el sector de cargas, generando parámetros empíricos sólidos y adaptados al contexto urbano local (Maxwell, 2019).

3.1 Etapa cualitativa: entrevistas y análisis de contenido deductivo

El análisis de contenido deductivo basado en entrevistas se realizó a partir de las siguientes categorías teóricas: diagnóstico del sistema; valoración de los ahorros de tiempo de viaje, atributos relevantes para el diseño de instrumentos, escenarios y políticas, identificadas en la literatura sobre transporte urbano de cargas (Ortúzar & Willumsen, 2024; Taniguchi et al., 2024). Estas categorías orientaron la codificación de los discursos recogidos en las entrevistas, permitiendo relacionar la evidencia empírica con los conceptos clave del marco teórico. Hasta el momento se realizaron cuatro entrevistas a empresarios del transporte y un especialista investigador.

En la categoría tiempo de transporte, los entrevistados destacan la congestión y la falta de espacios adecuados de carga y descarga como los principales factores que incrementan los tiempos de itinerario y espera. Se observa una subvaloración general del tiempo como recurso económico, priorizándose costos tangibles - como el combustible - por sobre el valor del tiempo del conductor o la inmovilización del vehículo. Respecto al costo de operación, las menciones se concentran en la importancia del costo de combustible, el mantenimiento y la mano de obra, pero también en los costos indirectos derivados de la falta de infraestructura adecuada: multas por detención en doble fila, pago de estacionamientos. Estas percepciones confirman la estrecha interdependencia entre las condiciones urbanas y los costos logísticos. En cuanto a la confiabilidad, los actores entrevistados la asocian con la precisión en los tiempos de entrega y la previsibilidad de la circulación. La congestión, los horarios restrictivos y la ocupación indebida de zonas de descarga erosionan esta confiabilidad, afectando tanto la reputación empresarial como la satisfacción del cliente. La seguridad emerge como una preocupación transversal, especialmente en áreas periféricas de la ciudad, donde se registran mayores riesgos de robo o vandalismo. Los entrevistados mencionan el uso de GPS y monitoreo como medidas paliativas, aunque insuficientes sin apoyo institucional. Finalmente, la asociatividad aparece como una innovación valorada por los investigadores y operadores más vinculados a la planificación. El modelo de "cargas compartidas" (similar al carpooling) y la creación de centros logísticos colaborativos (OpenCrossDoc) se visualizan como estrategias potenciales para reducir la congestión, optimizar recorridos y generar economías de escala. En términos de política pública, los resultados refuerzan la necesidad de medidas estructurales orientadas a la eficiencia: cumplimiento efectivo de la normativa sobre zonas de carga y descarga, implementación de carriles exclusivos para reparto, franjas horarias diferenciadas, promoción del uso de tecnologías de monitoreo y la eventual aplicación de peajes por congestión a vehículos particulares, con el fin de priorizar la movilidad de cargas y el transporte público masivo por ómnibus.

Los resultados preliminares de las entrevistas realizadas revelan cuatro atributos decisivos en la valoración del tiempo de viaje en el transporte urbano de cargas. El tiempo de transporte surge como el principal determinante de eficiencia, con la necesidad de distinguir entre el tiempo de itinerario y el de carga/descarga, dada su incidencia diferenciada en la operación. Le siguen el costo de operación, asociado al combustible, mantenimiento y personal, y la confiabilidad, entendida como la precisión en los tiempos de llegada y entrega, afectada por la congestión y la disponibilidad de espacios. Finalmente, la seguridad del personal y la carga completan el conjunto de atributos relevantes, especialmente en zonas de mayor exposición.

En cuanto a las medidas de política pública, los entrevistados destacan la necesidad de fortalecer la gestión y el cumplimiento de la normativa sobre zonas dedicadas de carga y descarga, incorporar carriles exclusivos para vehículos de reparto, establecer franjas horarias diferenciadas y promover el uso de tecnologías de control y monitoreo. Asimismo, se plantea la posibilidad de implementar peajes por congestión dirigidos a los vehículos particulares, con el fin de desincentivar su circulación en horarios críticos y facilitar el flujo operativo del transporte de carga y de pasajeros. Estas acciones buscan optimizar la eficiencia logística y avanzar hacia una movilidad urbana más sostenible y ordenada.

3.2 Etapa cuantitativa: encuestas de preferencias reveladas y diseño de escenarios de elección

La literatura revisada reconoce algunas dificultades teóricas y empíricas de realizar encuestas de PR y PD a empresarios o la alta gerencia de empresas de transporte de cargas. Se propone entonces, realizar una encuesta a empresarios y/o gerentes de logística de empresas que distribuyan en la ciudad de Córdoba. La encuesta se divide en dos secciones que se realizarán asistidas por computadora en dos visitas personales. La primera sección se refiere a: (i) la empresa y sus actividades, (ii) los envíos urbanos de mercancías de la empresa y su monitoreo, (iii) un ejemplo típico de envío de cargas urbana en una mañana (o un día completo) para responder la encuesta de preferencias declaradas. La segunda sección, presentará la encuesta de PD relacionada al envío típico caracterizado en (iii). Para la encuesta de elección de PD se propone realizar un experimento de elección de alternativa "no nominada" con respuesta de jerarquización[1], con una alternativa fija más tres alternativas de elección para rankear (con 4 escenarios de elección como máximo para evitar el sesgo de fatiga del entrevistado). Los atributos de las alternativas serán: (i) costo de viaje diario en US$(considerando: combustibles, costos de personal, seguros, costo de playa de estacionamiento), (ii) tiempo de viaje diario (horas), (iii) tiempo de descarga promedio por parada (minutos), (iv) tiempo de espera para descarga (minutos), (iv) posibilidad de transferir el costo del tiempo de espera de descarga (no,si), (v) confiabilidad (precisión promedio de entregas y fin del horario programado del día), (vi) hora de inicio del viaje (distintas horas de salida al inicio del día), (vii) efectividad de los controles municipales

1 Siguiendo a Ortúzar, J. y Román, C. (2003), puede afirmarse que las respuestas de jerarquización (ranking) aportan más información que las respuestas de tipo elección, ya que no sólo permiten conocer cuál es la mejor alternativa, sino también cuál es la posición relativa de cada una de ellas. Si el individuo contesta adecuadamente, este método aporta más información acerca de cómo se intercambian unos atributos por otros. Previo a la modelación con estos datos utilizando el modelo logit multinomial, las respuestas de jerarquización se transforman a varias elecciones de acuerdo con la regla de explosión o descomposición del ranking de Chapman, R. y Staelin, R. (1982).

de espacios de carga/descarga (no,si), (viii) uso de sistema de reserva digital de bahías de carga y descarga (no,si). Además, se incluirán preguntas adicionales que podrán utilizarse en la modelación: (i) riesgo de accidentes del personal y (ii) riesgo de robo (zonas y horarios del día), (iii) ¿haría cargo-pooling?.

Diseño de un experimento de elección para un ejemplo hipotético: Suponiendo una empresa de transporte que realiza distribución urbana de paquetes con un horario de trabajo típico de 8:00 hs a 17:00 hs, con una hora de descanso para almorzar, incluyendo carga y envíos programados de cada unidad de transporte. La tabla 1 presenta las alternativas de elección, sus atributos y los niveles de los atributos de elección.

Tabla 1: Alternativas, atributos y niveles de elección

Atributos	**Alternativas de elección**	
	Alternativa actual (fija)	**Alternativa 1 a 3**
Costo de viaje diario (US$)	120	130 - 150 - 170
Tiempo de viaje diario (horas)	8	6,5 - 7,5 - 8
Tiempo de descarga promedio por parada (minutos)	5	5 - 7,5 - 10
Tiempo de espera para descarga (minutos)	10	10 - 20 - 30
Posibilidad de transferir el costo del tiempo de espera de descarga	NO	NO, SI
Confiabilidad (precisión promedio en entregas y fin del horario programado del día)	+/- 30 minutos	+/- 15 minutos +/- 20 minutos +/- 30 minutos
Hora de inicio del viaje	08:00	06:00 - 07:00 - 08:00
Efectividad de los controles municipales de espacios de carga y descarga	NULA (0)	NULA (0), EFECTIVA (1)
Uso de sistema de reserva digital de bahías de carga y descarga	NO (0)	NO (0), SI (1)

Fuente: Elaboración propia.

La etapa cuantitativa presenta un diseño experimental d-eficiente de preferencias declaradas con modelo logit multinomial, con alternativa fija de preferencias reveladas y 4 escenarios de elección, para un ejemplo hipotético, como se puede ver en la tabla 2. Se propone realizar diseños de experimentos similares (en alternativas y atributos, pero con niveles acordes a la realidad de cada empresa) para producir encuestas específicas para los empresarios y/o gerentes de logística de empresas de transporte de cargas a encuestar y una vez relevadas las encuestas poder estimar un modelo logit multinomial para obtener el VATV y la disposición a pagar por mejoras en la logística urbana.

Tabla 2: Resultado del diseño del experimento

Escenario de Elección	Cvd	Tvd	Td	Ted	Tranf	Conf	Hini	Efectiv	Resdig
Alternativa Actual (fija)									
1	120	8	5	10	0	30	8	0	0
2	120	8	5	10	0	30	8	0	0
3	120	8	5	10	0	30	8	0	0
4	120	8	5	10	0	30	8	0	0
Alternativa 1									
1	130	6,5	10	20	0	30	8	1	0
2	150	7,5	5	10	1	20	7	1	1
3	170	8	10	30	1	30	8	0	1
4	150	8	7,5	30	0	15	6	0	0
Alternativa 2									
1	130	7,5	10	20	1	20	6	0	1
2	130	8	5	30	0	30	6	1	1
3	150	6,5	5	10	0	30	8	0	0
4	170	6,5	7,5	30	1	15	7	1	0
Alternativa 3									
1	150	6,5	5	20	1	30	6	0	0
2	130	8	7,5	30	1	15	7	1	0
3	130	6,5	5	30	0	15	8	0	1
4	170	7,5	10	10	0	20	6	1	1

Notas:
Cvd: Costo de viaje diario (US$), Tvd: Tiempo de viaje diario (horas), Td: Tiempo de descarga promedio por parada (minutos), Ted: Tiempo de espera para descarga (minutos), Transf: Posibilidad de transferir el costo del tiempo de espera de descarga, Conf: Confiabilidad (precisión promedio en entregas y fin del horario programado del día), Hini: Hora de inicio del viaje, Efectiv: Efectividad de los controles municipales de espacios de carga y descarga, Resdig: Uso de sistema de reserva digital de bahías de carga y descarga.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos refuerzan la importancia del valor de los ahorros de tiempo de viaje (VATV) como indicador clave de eficiencia y competitividad en la logística urbana. Las entrevistas realizadas revelan que empresarios e investigadores coinciden en la necesidad de mejorar la confiabilidad de los tiempos de entrega, afectadas principalmente por la congestión y la cantidad insuficiente y la falta de control de zonas dedicadas de carga y descarga. También se señala la conveniencia de implementar carriles exclusivos para transporte de carga y peajes por congestión aplicados únicamente a vehículos particulares, como estrategias de gestión de tránsito urbano que promuevan la movilidad eficiente y sostenible (BID, 2013; Taniguchi, Thompson & Qureshi, 2024).

Desde el punto de vista académico, este estudio reafirma el valor de la triangulación metodológica, integrando enfoques cualitativos y cuantitativos para abordar la complejidad de las decisiones logísticas. En línea con Holguín-Veras et al. (2017), los métodos cualitativos - como entrevistas y grupos focales - permiten explorar percepciones, identificar factores no previstos y comprender la racionalidad de los actores, mientras que los métodos cuantitativos - como las encuestas de preferencias

declaradas (PD) - proporcionan estimaciones precisas y comparables para la formulación de políticas y proyectos. La articulación entre ambos enfoques potencia la capacidad de interpretar comportamientos reales y simular escenarios de política pública con mayor validez contextual, facilitando la elaboración de modelos de elección que reflejen las condiciones locales. De este modo, el estudio no solo contribuye a la comprensión teórica del transporte urbano de cargas, sino que también ofrece herramientas empíricas útiles para la planificación basada en evidencia, orientada a reducir costos logísticos, descongestionar la ciudad y mejorar la sostenibilidad del sistema de movilidad urbana. El estudio contribuye con: (i) actualización del marco teórico sobre el valor del tiempo de viaje en logística urbana, integrando estudios clásicos y recientes (Fowkes, 1998; Shams et al., 2022), (ii) evidencia cualitativa local, que revela la percepción de los actores sobre los factores que limitan la eficiencia logística y las oportunidades de mejora regulatoria, (iii) aplicación de diseño de escenarios de elección de preferencias declaradas para estimar el VATV en el transporte urbano de cargas.

Como líneas futuras de investigación se propone ampliar el trabajo empírico incorporando transportistas, autoridades y cámaras sectoriales; aplicar modelos Logit Mixto (de preferencias reveladas y declaradas) para estimar VATV y la confiabilidad; e incorporar la metodología y resultados como productos del Observatorio del Transporte Urbano de Cargas (OTUC-Córdoba) de la UNC orientado a sistematizar datos y apoyar la toma de decisiones.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2013). *Observatorio regional de transporte de carga y logística.* Recuperado el 30 de julio de 2020, de https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Observatorio-regional-de-transporte-de-carga-y-log%C3%ADstica.pdf

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2020). *De estructuras a servicios: El camino a una mejor infraestructura en América Latina y el Caribe.* Recuperado el 30 de julio de 2020, de https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/De-estructuras-a-servicios-El-camino-a-una-mejor-infraestructura-en-America-Latina-y-el-Caribe.pdf

ChoiceMetrics. (2024). *Ngene 1.4 user manual & reference guide*.

Chapman, R. G., & Staelin, R. (1982). *Exploiting rank ordered choice set data within the stochastic utility model. Journal of Marketing Research*, 19(3), 288–301.

Danielis, R., & Rotaris, L. (1999). Analysing freight transport demand using stated preference data: A survey. *Trasporti Europei*, 13, 30–38.

Danielis, R., Marcucci, E., & Rotaris, L. (2005). Logistics managers' stated preferences for freight service attributes. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 41*(3), 201–215.

De Jong, G., Kouwenhoven, M., Bates, J., Koster, P., Verhoef, E., Tavasszy, L., & Warffemius, P. (2014). New values of time and reliability for freight transport in the Netherlands. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 64, 71–87.

Fowkes, A. S. (1998). *The development of stated preference techniques in transport planning* (Working Paper 479). Institute of Transport Studies, University of Leeds.

Fowkes, A. S. (2007). The design and interpretation of freight stated preference experiments seeking to elicit behavioural valuations of journey attributes. *Transportation Research Part B: Methodological, 41*(9), 966–980.

Fowkes, A. S., Nash, C. A., & Tweddle, G. (1989). *Valuing the attributes of freight transport quality: Results of the stated preference survey* (Working Paper 276). Institute of Transport Studies, University of Leeds.

Fowkes, A. S., & Shinghal, N. (2002). *The Leeds adaptive stated preference methodology* (Working Paper 558). Institute of Transport Studies, University of Leeds.

Hensher, D. A. (1994). Stated preference analysis of travel choices: The state of practice. *Transportation*, 21(2), 107–133.

Hensher, D. A., & Button, K. J. (Eds.). (2000). *Handbook of transport modelling*. Emerald Group Publishing Limited.

Holguín-Veras, J., Encarnacion, T., González-Calderón, C. A., & Winebrake, J. (2017). A comparative analysis of the effectiveness of qualitative and quantitative behavioral research in freight policymaking. *Transport Policy, 56*, 75–85.

Holguín-Veras, J., Wang, Q., Xu, N., Ozbay, K., Cetin, M., & Polimeni, J. (2006). Impacts of time of day pricing on the behavior of freight carriers in a congested urban area: Implications to road pricing. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 40*(9), 744–766.

Jick, T. D. (1979). Mixing qualitative and quantitative methods: Triangulation in action. *Administrative Science Quarterly, 24*(4), 602–611.

Maxwell, J. A. (2019). *Diseño de investigación cualitativa*. Gedisa.

Ortúzar, J. de D., & Willumsen, L. G. (2024). *Modelling transport* (5th ed.). Wiley.

Ortúzar, J. y Román, C. (2003). *El problema de la modelación de demanda desde una perspectiva desagregada: el caso del transporte*. Revista eure, vol. XXIX, N° 88. Santiago de Chile.

Shams, K., De Jong, G., & Fowkes, T. (2022). A meta-analysis of the value of freight travel time savings. *Transportation*, 49, 1183–1209.

Taniguchi, E., Thompson, R. G., & Qureshi, A. G. (2024). *Urban freight analytics: Big data, models, and artificial intelligence*. CRC Press.

Valles, M. S. (1999). *Técnicas cualitativas de investigación social: Reflexión metodológica y práctica profesional*. Síntesis.

ALATPU

Tecnológico de Monterrey

Ponencias

Innovaciones y desarrollos tecnológicos en transporte

(SÚBETE A LA NUEVA ERA): DIGITALIZACIÓN DEL PAGO Y LA GESTIÓN PARA UN TRANSPORTE PÚBLICO MÁS INTELIGENTE Y SOSTENIBLE

Msc Juan Andrés Rondón
Organización: APPITECH (APPLICATIONS TECHNOLOGIES), C.A
Caracas-Venezuela - Juan.rondon@appitechve.com

RESUMEN

"En la Parada" es una startup venezolana dedicada a transformar la movilidad urbana mediante la digitalización del pago y la gestión del transporte público. La plataforma opera como un ecosistema tecnológico que integra a pasajeros, conductores, dueños de unidades y entes reguladores a través de una aplicación móvil robusta y un panel de administración centralizado. Los componentes clave incluyen una billetera digital para el usuario (pago vía código QR o Bluetooth), liquidación inmediata de ingresos al conductor, y un ERP para la gestión de flotas y recaudos. El alcance del proyecto se extiende actualmente a las ciudades de Caracas, Barquisimeto (Lara) y el estado Nueva Esparta, con expansión planificada en Anzoátegui. A través de la trazabilidad financiera, se resuelven problemas estructurales como la dependencia del efectivo, la opacidad en la gestión y la falta de data operativa. El proceso de implantación se basa en la filiación directa de operadores en asambleas, demostrando el valor económico y operativo (liquidación al instante y eliminación de la fricción del cambio). El modelo de fidelización otorga una bonificación de $10 USD (tasa BCV) y reduce la comisión de servicio para los usuarios al 10% en la compra de pasajes. Las mejoras operativas incluyen la funcionalidad de cobro *offline* (sin señal celular) y la activación por Bluetooth, garantizando la continuidad del servicio en cualquier ruta. Este modelo busca convertir el transporte en un motor de desarrollo económico y social.

1. INTRODUCCIÓN Y PROPUESTA DE VALOR

1.1 El reto del transporte público en Venezuela

El transporte público en Venezuela, y gran parte de América Latina, enfrenta una crisis estructural marcada por una flota obsoleta, la escasez de efectivo, la informalidad en la recaudación y la ausencia de data confiable para la planificación. Esta situación genera ineficiencia, inseguridad y precariedad para todos los actores.

1.2. La solución "en la parada"

"En la Parada" surge como la respuesta tecnológica, no solo como un sistema de pago, sino como un *ecosistema que integra movilidad y finanzas*. Nuestra propuesta de valor se enfoca en resolver las fricciones estructurales del sector:

• *Para el Pasajero:* Comodidad, seguridad y eliminación de la dependencia del efectivo.

• *Para el Conductor/Dueño:* Trazabilidad de ingresos, reducción de riesgo (manejo de efectivo) y base para acceder a créditos formales.

• *Para el Estado/Entes Reguladores:* Acceso a data en tiempo real sobre movilidad y recaudo, esencial para la planificación urbana y la renovación de la flota.

El propósito trascendental es *aliviar la precariedad financiera de los conductores* y mejorar la experiencia de viaje de los pasajeros, impulsando la economía de las comunidades.

2. AVANCES EN LA IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO

2.1 Alcance geográfico actual

El proyecto "En la Parada" ha superado la fase piloto en Caracas y se encuentra en plena expansión, abarcando actualmente cuatro estados estratégicos de Venezuela:

Tabla 1. Fases del proyecto por estados

Estado/Ciudad	Fases del Proyecto	Notas de Implantación
Caracas	Piloto y Expansión	Implementación progresiva en rutas de alta demanda. Base de la estrategia de filiación.
Nueva Esparta	Implantación Inicial	Enfoque en las rutas urbanas e interurbanas de la isla, vitales para el turismo y la economía local.
Lara-Barquisimeto	En Expansión	Preparación de rutas y alianzas con líneas de transporte urbano del área metropolitana.
Anzoátegui	Planificación	Inicio de estudios de rutas y acercamiento a asociaciones de transporte para el registro.

2.2 Proceso de convencimiento y adopción (Onboarding)

El principal desafío es superar la resistencia inicial de los dueños de unidades y transportistas, demostrando que la tecnología es su aliado y no un fiscalizador. Nuestro proceso se centra en el *contacto directo y la demostración de valor financiero:*

1. *Visitas Estratégicas y Asambleas:* El equipo de campo de "En la Parada" (Agentes de Campo) asiste a las asambleas de las asociaciones y líneas de transporte para presentar la herramienta de manera directa.

2. *Demostración de Liquidación Instantánea:* Se muestra cómo el conductor, al validar el pasaje, recibe el pago de forma inmediata en su cuenta personal, eliminando el riesgo de manejo de efectivo y la dependencia del cambio.

3. *Filiación y Registro Operativo:* Se utilizan (Mesas de Registro Móvil) en terminales estratégicos para registrar formalmente a los propietarios, unidades, conductores y fiscales. Este proceso incluye la verificación de documentos y la carga de datos en la plataforma (Ver Imagen 1).

El factor de convencimiento clave es la automatización de la rentabilidad y la seguridad financiera.

Imagen 1. Operativo de Registro de Operadores

Colocación de sticker por parte del equipo de campo de "En la Parada".

2.3 Estrategia de promoción

Nuestra estrategia de promoción se ejecuta a través de canales directos e indirectos, maximizando la visibilidad y la confianza:

Tabla 2. Promoción del sistema de pago

Canal de Promoción	Objetivo Primario
Asociaciones/Líneas de Transporte	Captación directa de la oferta (dueños de unidades).
Redes Sociales	Generación de demanda de pasajeros y educación sobre el uso de la APP.
Programas de Radio y Televisión	Legitimación y alcance masivo a nivel local y nacional.
Organismos Gubernamentales y Alcaldías	Formalización de alianzas y escalamiento con respaldo institucional.

3. TECNOLOGÍA OPERATIVA Y MEJORAS DEL SERVICIO

3.1 Funcionamiento del pago digital para usuarios

El pasajero adquiere pasajes a través de la aplicación móvil de "En la Parada" utilizando métodos de pago digital (generalmente Pago Móvil).

Proceso de Compra y Uso:

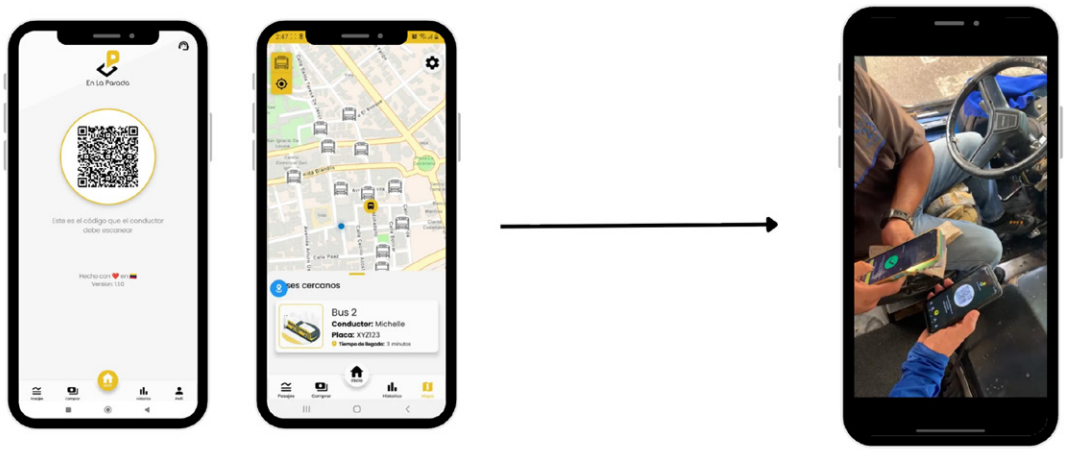
1. El usuario recarga su billetera en la aplicación

2. Al abordar la unidad, presenta su código QR generado en la APP.

3. El conductor escanea el código QR del pasajero con la APP (Ver Imagen 2).

4. El pasaje es validado y el cobro se realiza.

Imagen 2. Pago del Pasaje por Parte del Usuario



Pasajero presentando su código QR en la aplicación de "En la Parada" para ser escaneado por el conductor, agilizando el proceso de validación del viaje

3.2 Innovaciones tecnológicas y resiliencia operativa

Para garantizar la continuidad del servicio en el contexto venezolano (fallas de conectividad), se han desarrollado dos características tecnológicas críticas:

• *Cobro Offline (Sin Señal Celular):* La aplicación del conductor utiliza un sistema de validación cacheada. Permite escanear códigos QR y registrar la transacción incluso cuando la unidad pasa por zonas sin cobertura. La liquidación de la transacción se sincroniza automáticamente con la plataforma tan pronto como el dispositivo recupera la conexión, asegurando que el viaje se valide sin retrasos.

• *Cobro por Bluetooth (Alternativa al Escaneo):* En caso de problemas de escaneo (pantallas dañadas, impresiones de códigos ilegibles, baja luminosidad), el conductor puede activar el modo de cobro por Bluetooth. Los dispositivos se emparejan momentáneamente para transferir la información de validación, asegurando que el viaje se cobre de manera fluida.

3.3 Modelo de fidelización y retención

La fidelización de los usuarios y el incentivo a la adopción digital son cruciales. El modelo de "En la Parada" incluye:

Tabla 3. Proceso de fidelización y retención

Componente	Descripción	Impacto
Bonificación de Fidelización	**$10 USD** a la tasa oficial del Banco Central de Venezuela (BCV).	Incentiva la recarga y retiene el saldo digital en el ecosistema.
Comisión Reducida al Pasajero	Los usuarios pagan un 10% de comisión en la compra de sus pasajes.	Convierte el pasaje digital en una opción más económica que el efectivo.
Promociones	Estrategias tipo "carga 9, recibe 10" para incentivar la primera recarga.	Aumenta la bancarización y el *onboarding* de nuevos usuarios.

4. MEJORAS OPERATIVAS DEL SERVICIO Y MODELO DE RECAUDO

4.1 Flujo de pago y distribución del ingreso (diagrama de función)

El sistema "En la Parada" establece una gestión transparente y auditable del flujo de ingresos, diferenciando entre el cobro por servicio y la distribución entre operador y dueño.

Diagrama de Función: Liquidación y Distribución de Ingresos

$$\text{Pasajero} \xrightarrow{\text{App Usuario (Billetera)}} \text{Escanea QR/Bluetooth} \xrightarrow{\text{App Conductor}} \text{Validación}$$

$$\xrightarrow{\text{Plataforma ELP}} \begin{cases} \text{Depósito Directo} & \rightarrow \text{Cuenta Conductor (Avance/Fondo)} \\ \text{Distribución Automática} & \rightarrow \text{Cuenta Dueño (Liquidación)} \\ \text{Retención Comisión} & \rightarrow \text{Plataforma ELP} \end{cases}$$

Proceso Destacado:

• *Pago Inmediato al Conductor:* El conductor recibe de inmediato en su cuenta personal el monto que le corresponde por concepto de "Avance" o "Fondo" al validar el viaje.

• *Liquidación al Dueño de Unidad:* La plataforma establece los parámetros de pago entre el dueño de la unidad y el conductor designado (ej. porcentaje por pasaje, cuota fija diaria). El sistema liquida automáticamente la porción correspondiente al dueño.

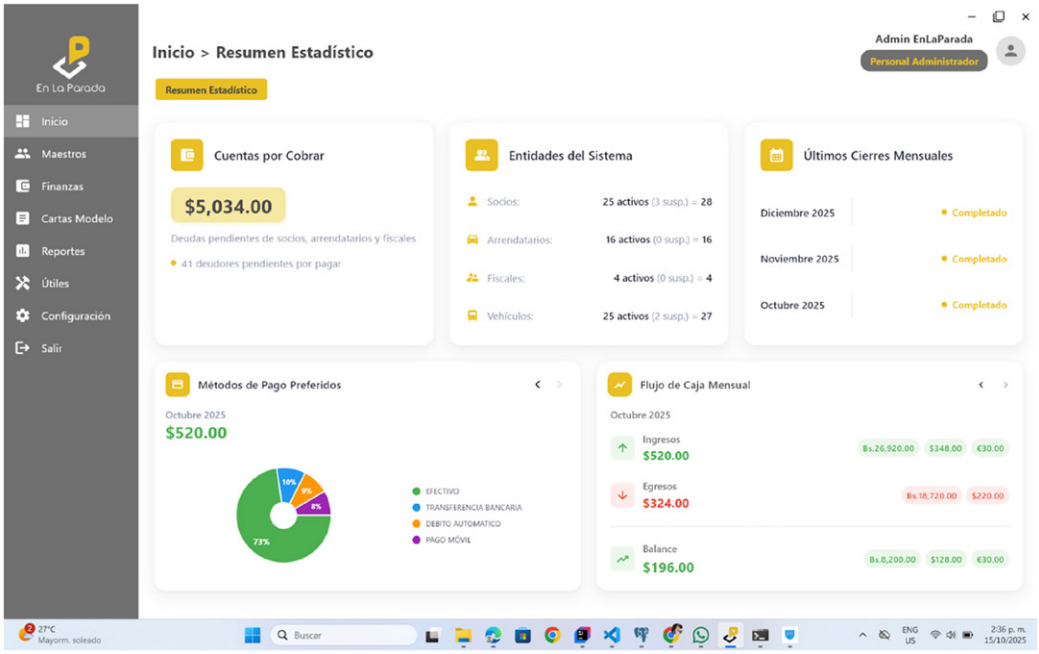
4.2 Tablero de control y gestión (dashboard)

La digitalización del pago alimenta un *Dashboard centralizado (acceso Entes Reguladores)* que proporciona métricas operativas en tiempo real (Ver Imagen 3).

Tabla 4. Control Operativo

Métrica Operativa	Beneficio
Unidades Activas / Flota Operativa	Mide la disponibilidad del servicio.
Validaciones Diarias / Demanda	Mide el número real de viajes por ruta/hora (Hora Pico/Valle).
Recaudos Consolidados	Trazabilidad y transparencia financiera del sector.
Patrones de Movilidad	Base para optimizar rutas, horarios y planificación de subsidios.

Imagen 3. Dashboard de Administración



4.3 Mejora de la calidad del servicio (CDS)

La implementación digital genera una mejora palpable en la calidad del servicio (CdS):

1. *Reducción de Tiempos de Abordaje:* El pago por QR/Bluetooth es significativamente más rápido que el manejo de efectivo o la búsqueda de cambio.

2. *Menor Conflicto a Bordo:* Se eliminan las discusiones entre conductor y pasajero por la falta de billetes o monedas.

3. *Gestión de Flota Optimizada:* La data permite a las líneas y cooperativas mejorar las frecuencias en las horas pico y valle, reduciendo los tiempos de espera del usuario (Ver Tabla 5 y Figura 1).

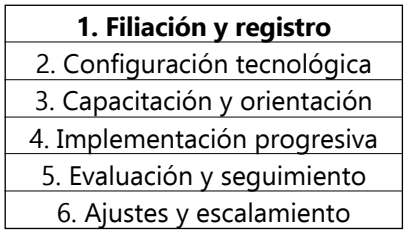
5. PLAN DE IMPLANTACIÓN Y CRONOGRAMA (CARACAS)

El plan de implantación se basa en un enfoque por fases y es replicable en Nueva Esparta, Lara y Anzoátegui. El cronograma siguiente está diseñado para incorporar 500 unidades en Caracas.

Tabla 5. Cronograma de Implantación (Caracas – 500 Unidades)

Fase	Actividad	Duración (Semanas)	Responsables
1. Filiación y Registro	Registro de propietarios, conductores y unidades.	1	FONTUR/En la Parada
2. Configuración Tecnológica	Colocación de stickers QR y configuración de la APP Conductor.	1	Equipo de Campo
3. Capacitación y Orientación	Formación a conductores, fiscales y personal de campo.	2	Capacitadores/ Equipo de Campo
4. Implementación Progresiva	Despliegue operativo en rutas (ej. Libertador, Sucre, Chacao, Baruta, El Hatillo).	2	Coordinación Operativa
5. Evaluación y Seguimiento	Medición de indicadores (validaciones, recargas, incidencias).	3	Equipo de Análisis
6. Ajustes y Escalamiento Final	Optimización de la APP y planificación de expansión a otros estados.	1	Gerencia Técnica

Figura 1. Diagrama del Proceso de Implantación Caracas
Flujo de las etapas necesarias para la digitalización completa de las unidades de transporte en el Área Metropolitana de Caracas



6. ANÁLISIS DE LA RED DE TRANSPORTE (ESTUDIO DE RUTAS EN CARACAS)

La implantación en Caracas se basa en datos sólidos sobre la operación de la red.

Tabla 6. Cronograma de Implantación (Caracas – 500 Unidades)

Indicador Operacional (AMC)	Data (2001)	Implicación para ELP
Total de Viajes Diarios	3.530.000 viajes/día	Enorme mercado potencial para la digitalización.
Viajes en Colectivo de Superficie	2.700.000 viajes/día (70% de la población)	Foco principal de la implantación.
Nivel de Accesibilidad	82% de pasajeros camina ≤ 10 min.	Alta cobertura de red, facilita la adopción en paradas existentes.
Nivel de Ocupación Pico	Saturación esporádica (irreg. temporal)	La data de ELP permite medir la demanda real y corregir la irregularidad.

El solapamiento de rutas es un problema histórico que la data en tiempo real de "En la Parada" puede ayudar a corregir, ofreciendo información veraz a los entes reguladores para una mejor planificación del servicio.

El perfil del agente de campo es clave: debe ser un *"traductor de necesidades"* que demuestre el valor financiero y de seguridad del sistema al conductor, sirviendo como enlace entre la tecnología y el operador.

7. CONCLUSIONES Y FUTURO

La digitalización del transporte público con "En la Parada" es un modelo de desarrollo económico y social que aborda problemas críticos en Venezuela. Al expandir el proyecto a Nueva Esparta, Lara (Barquisimeto) y Anzoátegui, estamos demostrando la replicabilidad y escalabilidad del modelo.

Las innovaciones tecnológicas, como el *cobro offline* y el *pago por Bluetooth*, son fundamentales para la resiliencia operativa del sistema en un entorno de infraestructura deficiente. La liquidación inmediata y la distribución automatizada de ingresos son el mecanismo de convencimiento más fuerte para los operadores.

El futuro de "En la Parada" no se limita al pago, sino que se proyecta como un *ERP especializado* para empresas de transporte, la creación de un *marketplace* de insumos y el acceso a *mecanismos de crédito blando* con garantía basada en la trazabilidad digital de ingresos.

"En la Parada" no es solo una aplicación, es la clave para un sector transporte más transparente, sostenible y financieramente viable para Venezuela.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcántara, J. (2010). *Análisis de la Conducta de Viaje y la Clasificación de la Movilidad Urbana*.

APPITECH (2024). *Documentos de Plan de Implantación y Presentación FONTUR.*

Kaufmann, V. (2000). *Movilidad Urbana: Análisis de las Motivaciones de Transporte.*

Post, Buckley International, Inc. (2001). *Estudio de Transporte Público* (Citado en Documentación Adjunta).

Rondón, J. A. (2024). *(Súbete a la nueva era) Digitalización del pago y la gestión para un transporte público más inteligente y sostenible*. (Ponencia).

EL VEHÍCULO AUTÓNOMO Y LA TELE-CONDUCCIÓN APLICADOS AL PROBLEMA DE SOSTENIBILIDAD DEL TRANSPORTE RURAL Y LA DISTRIBUCIÓN URBANA DE MERCANCÍAS

Enrique Palma Villalón
PALMA TOOLS, Madrid, España
epalma@palmatools.com

Alberto Luengo Cabanillas
Director de Desarrollo
TICMOVEO, Galicia, España
aluengo@ticmoveo.com

RESUMEN

En la actualidad el vehículo autónomo está atrayendo mucha atención y todos los días se están recibiendo informaciones de servicios de su uso real (en taxis, por ejemplo).

Sin embargo, todo el sector del transporte percibe que hoy por hoy es complicado plantearse un vehículo lo suficientemente inteligente como para que pueda afrontar todos los escenarios de la vida real en convivencia con vehículos conducidos por seres humanos sin comunicación entre vehículo e infraestructura o entre los propios vehículos.

Asimismo, la propia experiencia que están teniendo está dejando una serie de lecciones aprendidas importantes y que se resumen en que se deben transitar su proceso de implantación por períodos intermedios con conductores físicos en el puesto de conducción, Conductores en el vehículo no en el puesto de conducción, Tele-Conducción, vehículo conectado etc.

Esta ponencia reflexiona sobre todos estos aspectos desde la perspectiva de los beneficios que puede reportar estos modelos aplicados fuera del ámbito en el que se está focalizando el sector y se dirijan a resolver los problemas de las zonas rurales en los que es poco rentable atender si se necesitan conductores y la viabilidad de su implementación en estos escenarios.

1. CONCEPTOS CLAVE

Los conceptos claves implantación de vehículos autónomos y Tele-Conducidos son:

• Vehículo autónomos y niveles de autonomía [1].

• Vehículos Tele-Conducidos.

• Reparto de responsabilidades entre:
  o Conductores
  o Fabricantes
  o Desarrolladores y otros actores.

• Normativa y regulación.

• Tele-conducción remota maniobras, incidencias con conectividad limitada.

• TAD: Transporte a la Demanda

• Pool conductores remotas con reasignación dinámica de vehículos.

• Gemelos digitales: simulación escenarios, entrenamiento y validación.

• DUM: Distribución Urbana de Mercancías.

• Simulación escenarios para entrenamiento de algoritmos y conductores [2] .

• V2V: Vehicle To Vehicle (comunicación entre vehículos)

• V2X: Vehicle To Infrastructure.

2. IMPACTO DE LA ELIMINACIÓN DE CONDUCTORES

La eliminación de conductores en el transporte de personas y de mercancías va a ser clave para la transformación del sector y una revolución para el sector:

Escasez de conductores profesionales [3]. De acuerdo con el informe del Global Truck Driver Shortage Report de 2024 de la International Road Transport Union (IRU) La escasez de conductores es un problema estructural que afecta al transporte de mercancías y de pasajeros en todo el mundo. El informe IRU 2024 estima *millones* de puestos vacantes, algo que se va agravando según evolucionan las economías.

El informe IRU 2024 reporta 3,6 millones de puestos de conductores permanecían sin cubrir en los 36 países analizados (70% del PIB mundial en la muestra) en 2024:

• *Envejecimiento plantilla:* alto porcentaje tiene edad alta y pocos jóvenes (<3% de conductores de bus <25 años; en Europa y más del 40% >55 en bus/coach).

• *Atractivo laboral reducido:* salarios poco competitivos en muchos países, turnos largos, incertidumbre de horas y mala conciliación. Informes y sindicatos señalan que esto dificulta tanto la captación como la retención.

• *Barrera formativa y regulatoria:* coste y tiempo para obtener CAP / permisos profesionales; edades mínimas; reconocimiento transfronterizo del permiso.

• *Falta de diversidad:* baja presencia femenina (p.ej. ~16% mujeres en bus/coach)

• *Ciclos económicos y demanda variable:* baja temporal de demanda en periodos, pero el problema estructural que persiste aun cuando la demanda cae.

Esto tiene impacto generando retrasos, aumento de precios de transporte y posible efecto en disponibilidad de bienes (especialmente en picos estacionales), reducción de rutas/servicios, mayor presión sobre operadores, incremento en contratación temporal o subcontratación y genera riesgos operativos y de seguridad: sobrecarga de plantilla existente, turnos extra, fatiga — riesgo para seguridad y mayor rotación.

Con el nuevo modelo se reduce la reducción de conductores dando solución a los problemas planteados permitiendo mejor calidad de vida para ellos.

Reducción de costes tanto del coste de operación como de los tiempos muertos: De acuerdo con el informe de "Cost-Effectiveness of Introducing Autonomous Truck report" [4] realizado en Corea del Sur se obtuvieron los siguientes resultados:

• 56.25 % de reducción de costes para camiones de 1 tonelada

• 47.04 % de reducción de costes para camiones de 5 toneladas

• 42.97 % de reducción de costes para camiones de 12 toneladas

• 41.73 % de reducción de costes para camiones de 25 toneladas

Reducción de accidentes (las máquinas no beben ni tiene cambios de ánimo): Existen muchos estudios en los que se observa una reducción considerable de accidentes y daños materiales al implantar diferentes niveles de ayuda a la conducción como por ejemplo un estudio sobre grandes camiones en los que la advertencia de colisión frontal ya redujo en un 22% las colisiones frontales en un 44% los alcances traseros. No existe suficiente información estadística sobre el uso de transporte con vehículo autónomo en camiones y transporte público pero los datos son esperanzadores y se espera una reducción de accidentes, vidas y daños materiales.

Flexibilidad para planificar sin limitaciones de horas de trabajo: Es necesario señalar el problema que representa el cumplimiento de lo exigido en los convenios laborales negociados que establece unos requisitos importantes de tiempos de descanso máximo de horas de conducción (lo que obliga por ejemplo a tener dos conductores) etc. que en muchos casos es poco compatible con las necesidades del transporte, incluyendo además la necesidad de que el conductor tiene que alojarse o volver a

su hogar. Al eliminar este factor de la ecuación el sistema se vuelve más flexible y se puede optimizar por encima del propio ahorro de coste del conductor.

Permitir vehículos pequeños con pocos viajeros: El coste de conductor pesa mucho en vehículos pequeños al repercutirse sobre menos viajeros o mercancías. En estos casos es todavía más relevante, especialmente como es el caso bajo análisis.

Cambio en la modelización y planificación del transporte por los operadores: En base a todo lo anterior todos los modelos de planificación del transporte se ven modificados. En este momento un cambio de convenio laboral que por ejemplo exija 5 minutos de descanso adicional o menos horas a la semana o diaria puede obligar a modificar totalmente una planificación.

Solución para los sistemas de vehículo compartido: Se viabilizan sistemas que no están siendo especialmente eficientes, como es la situación de los sistemas de "car sharing" planteando que los vehículos eléctricos pueda acudir a los puntos de recarga de manera autónoma o Tele-Conducidos una vez haya finalizado el trayecto.

3. HOJA DE RUTA DE IMPLANTACIÓN EN EL TRANSPORTE PUBLICO

• *Etapa 1: Ensayos, modelización pruebas con gemelos digitales:* Creación de gemelos digitales de escenarios reales y realizar todas las pruebas y crear todos los componentes necesarios sin costes humanos o materiales.

• *Etapa 2: Conducción semi autónoma con conductor:* Desplazamientos conducción semiautónoma de nivel 4-5. El conductor tomará el control de escenarios complejos. Se comenzará a desarrollar pruebas de tele-conducción.

• *Etapa 3: Conducción semi autónoma con tele-Conductor:* Desplazamientos con conducción semiautónoma de nivel 4-5 en que el conductor debe ir dejando de conducir el vehículo dejando al vehículo conduzca autónomamente, pudiendo ya ser tele-conducido. El conductor pase a estar meramente por si "pasa algo".

• *Etapa 4: Conducción autónoma con tele-Conductor para determinados procesos:* Durante este escenario debiera realizarse todo el desplazamiento de manera autónoma y tele-conducido aunque en las experiencias se dejará un conductor en el vehículo hasta que se demuestre que el sistema resuelve todos los escenarios y los pasajeros lo acepten (este factor es esencial).

• *Etapa 5 Conducción autónoma total:* Etapa en la que el vehículo puede realizar de manera autónoma soportando todos los escenarios de la realidad.

4. APLICACIÓN DEL MODELO AL TRANSPORTE A LA DEMANDA (TAD)

El *Transporte a la Demanda (TAD)* se presenta como uno de los campos de aplicación más prometedores para la introducción gradual de vehículos autónomos y sistemas

de tele-conducción. En entornos rurales y de baja densidad, donde la rentabilidad del transporte convencional es reducida y la escasez de conductores, el vehículo autónomo puede operar con menores costes de personal, ajustar su frecuencia en función de la demanda y garantizar la cobertura territorial sin necesidad de mantener rutas fijas.

En el paradigma actual este modelo de transporte sigue teniendo unos costes poco eficientes. El vehículo no se puede optimizar si en el mismo tiene que estar un conductor debido a que en muchos casos ese vehículo no tiene sentido que se mueva. Eliminando la conducción presencial podría optimizar el transporte a la demanda.

En el caso del transporte a la demanda (TAD) se deberá modelizar con las siguientes consideraciones específicas a tener en cuenta:

• Combinar vehículos de pequeño tamaño —preferiblemente eléctricos— con una supervisión centralizada. En la práctica, un mismo operador remoto puede gestionar simultáneamente varios vehículos, interviniendo solo en maniobras de baja velocidad, cruces conflictivos o situaciones de emergencia. Esta configuración permite ratios de eficiencia estimados entre 1 operador remoto por cada 10-15 vehículos según escenarios.

• Se considerarán escenarios con vehículos semi autónomos tele conducidos pero capaces de poder detenerse a un lado con datos limitados.

• Se deberá definir un pool de conductores (mucho menor que la de conductores físicos, por ejemplo, un 10%) que vaya atendiendo los diferentes vehículos.

• Se deberá cambiar el modelo de las herramientas de planificación para ello.

Esto ya se viene analizando en diferentes sectores [5] con el objeto de analizar en qué momento será viable a partir de la hoja de ruta anterior. La implementación de esta tecnología exige, sin embargo, una planificación progresiva. Los proyectos europeos *RABUS* (Alemania, 2021-2024) y *FABULOS* (Finlandia-Noruega-Estonia, 2018-2022) han demostrado la viabilidad de servicios a demanda con microbuses autónomos en entornos reales, bajo supervisión remota y con pasajeros a bordo. En ambos casos, la clave del éxito ha sido definir cuidadosamente el dominio operativo —tramos controlados, velocidades moderadas, infraestructura conectada— y acompañar la operación de un marco regulatorio flexible y un proceso de aceptación social.

Se deberá analizar que requerimientos y reglas se deben cumplir para poder implantar este modelo en las etapas establecidas considerando que el TAD se produce en zonas menos urbanas con cobertura y calidad de comunicaciones limitada. Se requieren modelizar y probar estos escenarios.

Además de la modelización se deberán considerar las siguientes acciones:

• Modelizar escenarios en gemelos digitales (modelizando la tele-conducción con comunicaciones en 2-3G y lo algoritmos asociados y pérdida de comunicación).

• Probar con pruebas seguras de todo lo modelizado anteriormente forzando escenarios de comunicaciones limitadas e incluso corte de comunicaciones.

• Probar con usuarios reales en escenarios seguros para ver como sería el proceso de adopción social considerando por supuesto las ventajas que tiene.

• Probar modelo completo para áreas completas atendidas por este sistema.

5. APLICACIÓN DEL MODELO A LA DISTRIBUCIÓN URBANA DE MERCANCIAS

En el caso de la Distribución Urbana de Mercancías (DUM) o transporte de la última milla, se puede plantear un escenario más factible por el tipo de desplazamiento a realizar que se puede hacer menor velocidad y reduce los riesgos, por las distancias recorridas, y mejor cobertura de datos y mejor Tele-Conducción si fuese necesaria.

Se vienen realizando proyectos para robotizar completamente la DUM [6]. La automatización aporta alto valor añadido frente a los desafíos de sostenibilidad y eficiencia que afrontan las ciudades. La operación autónoma de vehículos eléctricos ligeros y furgonetas automatizadas permite realizar entregas en horarios extendidos, reducir las emisiones y disminuir la congestión en zonas de alta densidad.

Las características a resolver en estos proyectos son:

• Como robotizar la entrega del paquete al vehículo.

• Como robotizar los desplazamientos y como planificarlos y optimizarlos.

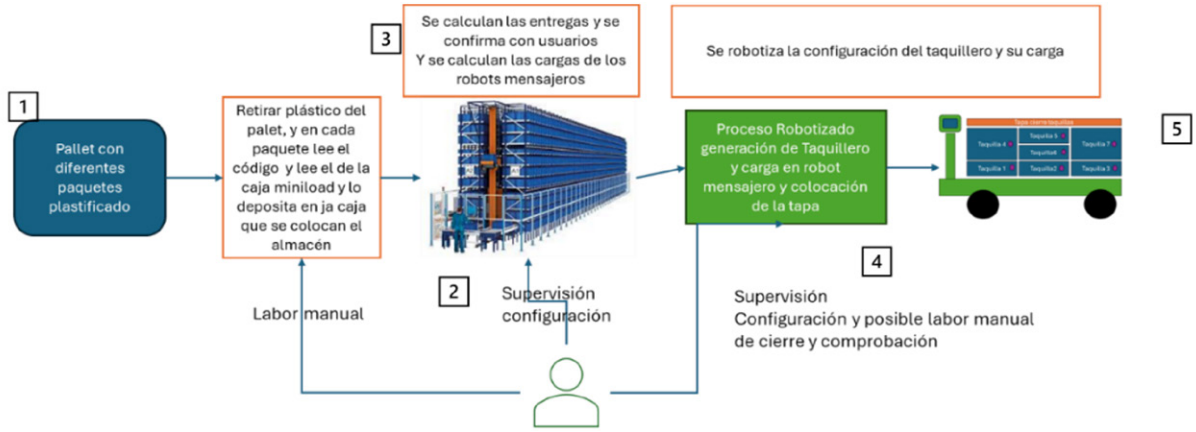
• Como robotizar y gestionar la entrega del paquete al usuario dado que el vehículo no va a subir las escaleras para entregar el paquete y no puede dejar el paquete "al vecino". Esto debe contemplar con el aviso y diálogo usuario.

• Como robotizar la entrega en un locker y el uso de lockers temporales.

• Gestionar la Tele-Conducción sincronizada con la conducción autónoma.

El escenario es que solo sea manual el proceso de recibir los pallets con la mercancía retirarles el plástico, registro y carga en el almacén automatizado con la información sobre el paquete, dimensiones, peso, destinatario y contacto. El resto de proceso estaría automatizado en base a un modelo en el que el robot lo que está trasladando es un taquillero que será configurable en el MicroHUB y que será cargado en los robots.

Tabla 1: Esquema de DUM Robotizada



1 Recepción de pallets con paquetería: Los pallets llegan al microhub y se identifican en el sistema.

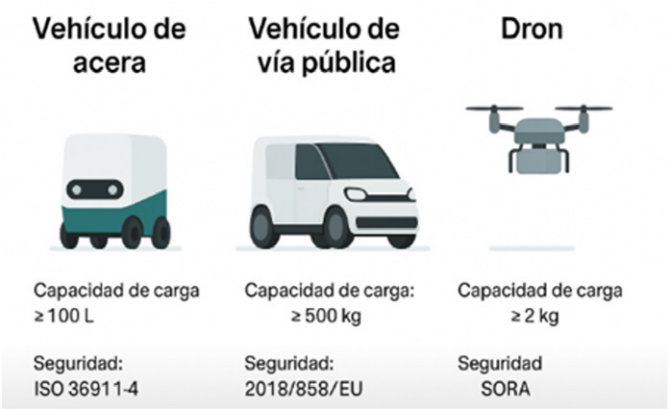
2 Clasificación/registro automatizado: Cada paquete se lee por código de barras y se deposita en el almacén miniload, vinculado al destinatario y zona de reparto.

3 Planificación inteligente de entregas: La plataforma aplica IA para calcular rutas preliminares, contactar con los receptores y reajusta las rutas según sus respuestas.

4 Preparación y carga robotizada: El sistema robotizado genera los taquilleros, los carga con los paquetes correspondientes y los acopla automáticamente en los vehículos autónomos.

5 Ejecución de las rutas: Cada vehículo inicia su recorrido con procesos continuos de:
- Aviso al receptor.
- Tele-conducción si es necesaria.
- Interacción y apertura/cierre seguro de taquilla.
- Comunicación en tiempo real con la plataforma central.

Tabla 2: Tipos de vehículos previstos



Integración progresiva de modelos DUM robotizados y plan de implantación

La robotización de la Distribución Urbana de Mercancías (DUM) constituye uno de los escenarios más prometedores para la aplicación práctica de tecnologías de vehículo autónomo y tele-conducción.

A diferencia del transporte interurbano, la "última milla" presenta entornos más controlados —con velocidades reducidas, recorridos cortos y patrones operativos repetitivos— que permiten una adopción más rápida y segura de soluciones automatizadas.

Los modelos de DUM robotizada combinan tres pilares tecnológicos fundamentales:

1. *Microhubs logísticos robotizados.* Son nodos urbanos de tamaño reducido que centralizan la recepción y clasificación automatizada de paquetes, el almacenamiento temporal y la carga de vehículos autónomos o taquilleros móviles. Su despliegue permite descongestionar los centros urbanos y optimizar los flujos logísticos mediante planificación predictiva.

2. *Vehículos autónomos y tele-conducidos.* Equipados con sensores LIDAR, cámaras estéreo, conectividad 5G y módulos V2X, estos vehículos de baja velocidad pueden realizar entregas seguras y eficientes. En fases iniciales, la tele-conducción se utiliza para maniobras o imprevistos, garantizando una transición gradual hacia la autonomía completa.

3. *Plataforma central inteligente.* Actúa como cerebro del sistema, integrando la planificación de rutas, la asignación dinámica de recursos y la comunicación con los usuarios. A través de gemelos digitales urbanos, la plataforma simula escenarios logísticos en tiempo real para optimizar operaciones y anticipar incidencias.

La introducción de la DUM robotizada debe plantearse de forma progresiva, siguiendo una secuencia estructurada en tres fases operativas:

- *Fase 1: Validación tecnológica:* Pruebas controladas en entornos cerrados —campus, parques tecnológicos o zonas logísticas— para validar la fiabilidad de los sensores, la precisión de la conducción autónoma y la capacidad de respuesta ante incidencias.

- *Fase 2: Integración pre-operativa:* Conexión del sistema con infraestructuras reales (vías urbanas, plataformas de gestión municipal, redes de telecomunicaciones). En esta etapa se analizan los indicadores de seguridad, eficiencia energética y aceptación social.

- *Fase 3: Despliegue a escala:* Implementación en áreas metropolitanas completas, evaluando los impactos económicos, ambientales y sociales del modelo, y estableciendo estándares regulatorios y de interoperabilidad para su expansión.

Entre los beneficios esperados destacan la reducción de emisiones, la eficiencia operativa, la mejora en la puntualidad de entregas y la seguridad. Sin embargo, también plantea retos: interoperabilidad entre sistemas, regulación específica para robots urbanos, aceptación ciudadana y garantía de ciberseguridad.

En definitiva, la automatización de la DUM abre la puerta a una nueva generación de logística urbana sostenible, conectada y resiliente, que servirá como referente para la implantación progresiva de vehículos autónomos en entornos reales.

Situación actual y retos

Proyectos como *LogiSmile* (Barcelona-Tarragona, 2022-2024) o *AWARD* (Austria-Italia, 2021-2025) han demostrado la capacidad de los vehículos autónomos para integrarse en cadenas logísticas urbanas bajo un modelo de cooperación con plataformas 5G y centros de control remoto. En el caso de LogiSmile, el uso de un sistema de tele-operación supervisa la entrega de paquetería en micro-hubs y zonas de última milla, permitiendo a un operador remoto intervenir en momentos críticos sin presencia física. Otros proyectos como *5G-MOBIX* y *SHOW* (Cooperative, Connected, Automated Mobility for Public Transport) refuerzan el papel de las comunicaciones V2X y de la infraestructura digital para garantizar seguridad y continuidad de servicio.

En este contexto, la tele-conducción actúa como un mecanismo de respaldo y control de calidad operativa, especialmente útil en entornos urbanos complejos donde la conducción autónoma total sigue encontrando barreras normativas o de percepción ciudadana. El uso combinado de cámaras, sensores LIDAR y comunicación de baja latencia permite que el vehículo mantenga una trazabilidad completa de su operación, garantizando la responsabilidad y auditabilidad de cada intervención.

Por su parte, los retos a resolver son los siguientes:

• Crear un microHUB realmente robotizado.

• Crear un sistema de taquilleros dinámicos estandarizado y normalizado para resolver el problema de locker demasiado grandes para paquetes pequeños (infrautilización del robot y de las taquillas y almacén.

• Crear una automatización realmente efectiva con vehículos de vía pública, carril bici y por el aire entornos urbanos, sin que le usuario tenga jardín.

• Conseguir que el robot llegue a la puerta abriendo puertas. subiendo ascensores y escalones sin que sea costoso.

• Conseguir un sistema realmente optimizado de rutas con I.A. y además que se gestione sin intervención humana la sincronización con el receptor del paquete incluso que se lo pueda llevar si no está en la casa, pero está cercan (ej. en el parque con los niños)

• Conseguir aprender a modelizar de manera eficiente los escenarios para este tipo de transporte modelizando lo esencial y eliminando lo superfluo.

6. CONVERGENCIA ENTRE TRANSPORTE A LA DEMANDA Y DISTRIBUCIÓN URBANA DE MERCANCÍAS

Aunque el TAD y la DUM representan ámbitos operativos distintos, ambos comparten un conjunto de tecnologías, infraestructuras y desafíos comunes. La tele-conducción puede actuar como capa transversal de supervisión tanto para el transporte de pasajeros como para la logística, optimizando el uso de recursos humanos y maximizando la fiabilidad del sistema. En ambos casos, la automatización se apoya en una infraestructura digital avanzada —mapas de alta definición, conectividad 5G, plataformas de gestión de flotas y gemelos digitales— y requiere protocolos uniformes de seguridad, mantenimiento y gobernanza de datos.

Desde una perspectiva estratégica, la convergencia de ambos ámbitos permite articular un *modelo integral de movilidad inteligente*, en el que los vehículos autónomos presten servicio mixto según la franja horaria o la demanda. Por ejemplo, un vehículo que durante el día transporta pasajeros en modalidad TAD podría destinarse por la noche a tareas de distribución urbana ligera, optimizando la utilización de flota y reduciendo las emisiones totales. Este enfoque "multimodal automatizado" se alinea con la visión europea de *Mobility as a Service (MaaS)* y con los principios de economía circular en movilidad.

7. GOBERNANZA, REGULACIÓN Y SEGURIDAD

El despliegue del vehículo autónomo y la tele-conducción requiere un marco regulatorio robusto que defina claramente las responsabilidades entre los diferentes agentes: fabricante, operador, proveedor de servicios de tele-conducción y autoridad competente. En España, el marco jurídico todavía se encuentra en proceso de adaptación, pero el Reglamento General de Vehículos ya permite la circulación experimental con vehículos automatizados bajo autorización específica de la DGT y supervisión del Ministerio de Industria.

En el ámbito europeo, la regulación UNECE R157 (Automated Lane Keeping Systems) y la propuesta de Reglamento de la UE sobre conducción automatizada establecen las bases para la homologación y supervisión remota de vehículos autónomos. Las autoridades deben garantizar la trazabilidad de las intervenciones humanas, la ciberseguridad de las comunicaciones y la integridad de los datos transmitidos. El uso de redes 5G y comunicaciones V2X de baja latencia resulta esencial para garantizar la continuidad del control remoto, especialmente en zonas rurales con cobertura desigual.

A nivel operativo, la *seguridad funcional* se aborda mediante redundancias en percepción, decisión y actuación; la *seguridad cibernética*, mediante cifrado extremo a extremo, gestión de identidades digitales y registro inmutable de eventos. La tele-conducción introduce, además, la necesidad de protocolos específicos de supervisión, priorización de alertas y procedimientos de intervención en caso de pérdida de comunicación o fallo del sistema.

8. CONCLUSIONES

La automatización y la tele-conducción representan una oportunidad estratégica para mejorar la eficiencia, sostenibilidad y equidad del transporte en entornos rurales y urbanos. Su aplicación al Transporte a la Demanda puede resolver la brecha territorial de acceso a la movilidad, mientras que su integración en la Distribución Urbana de Mercancías contribuye a reducir la congestión y las emisiones. Las experiencias europeas demuestran que el éxito de estos proyectos depende tanto del avance tecnológico como del diseño de un marco regulatorio flexible y de la aceptación social. El modelo híbrido de *autonomía supervisada* —en el que la inteligencia artificial gestiona la conducción habitual y el operador remoto interviene por excepción— se perfila como la vía más realista y escalable para los próximos años. Este modelo permite aprovechar las ventajas de la automatización sin comprometer la seguridad ni la responsabilidad operativa.

En definitiva, la combinación de vehículo autónomo, tele-conducción y planificación inteligente de la demanda constituye el núcleo de la movilidad del futuro. Su despliegue progresivo, coordinado entre administraciones, operadores y centros tecnológicos, será clave para garantizar una transición justa, segura y eficiente hacia un sistema de transporte verdaderamente sostenible y conectado.

9. REFERENCIAS

[1] Sin autor (2022): Así son los cinco niveles de la conducción autónoma": *RACE:* recuperado de https://www.race.es/niveles-conduccion-autonoma el 1/11/2025

[2] Sin autor (2025): Simulación escenarios de conducción: IBV: recuperado de web https://www.youtube.com/watch?v=pBAu2oQbDow

[3] González-Escalada A. (2025). La escasez de conductores de camiones en Europa: un problema sin solución a la vista: recuperado de https://www.cadenadesuministro.es/opinion/escasez-conductores-camiones-en-europa-problema-sin-solucion-vista_1509696_102.html el 1/11/25

[3] Sin autor (2024): Global Truck Driver Shortage Report 2024. International Road Transport Union (IRU): recuperado de https://www.iru.org/intelligence/road-transport-intelligence/global-truck-driver-shortage-report-2024 el 1/11/25

[4] Lee et al. (2023), "Cost-Effectiveness of Introducing Autonomous Trucks: From the Perspective of the Total Cost of Operation in Logistics: recuperado de la web https://doaj.org/article/5b2751ed1bf94ad2b8d96225415a7dcb el 1/11/25

[5] Sin autor (2024): Vehículos autónomos a la demanda: hacia una nueva era del transporte público por carretera: Padam Mobility: recuperado de https://www.padam-mobility.com/es/blog/vehiculos-autonomos-a-la-demanda-hacia-una-nueva-era-del-transporte-publico-por-carretera el 1/11/25

[6] sin autor (2025): "Sistema de Logística de última milla para mercancías con automatización avanzada": Sevilla Techpark: recuperado de https://sevillatechpark.es/lineas_de_actuacion/8-sistema-de-logistica-de-ultima-milla-para-mercancias-con-automatizacion-avanzada/ el 1/11/25

LOS GEMELOS DIGITALES DEL SISTEMA DE MOVILIDAD COMO EVOLUCIÓN DE LOS MODELOS DE TRANSPORTE: CONCEPTOS Y PRODUCTO MÍNIMO VIABLE

Guillermo Maldonado Riesgo
TEMA INGENIERÍA, Madrid, España
gmaldonado@temagc.com

Jorge Vicente Rojo
TICMOVEO, Valladolid, España
jvicente@ticmoveo.com

RESUMEN

La aceleración de los cambios en la movilidad urbana exige replantear la manera en que concebimos, dimensionamos y operamos infraestructuras y servicios de transporte. En este contexto, los gemelos digitales (GD) permiten recrear el comportamiento del sistema bajo los mismos estímulos de demanda y oferta, facilitando simular escenarios antes de intervenir. Así, pueden anticiparse cuellos de botella, comparar alternativas y cuantificar impactos, reduciendo costes y plazos, y extendiendo la simulación desde la planificación estratégica hasta la gestión táctica y operativa del día a día.

Esta ponencia define el concepto de gemelo digital de movilidad y lo diferencia de los Building Information Modelling (BIM), revisa cómo los modelos clásicos de transporte han sido precursores conceptuales allanado el camino conceptual y señalando también sus límites, propone una metodología progresiva para construir un GD a partir de datos realmente disponibles y concreta un Producto Mínimo Viable (PMV) con casos de uso priorizados, criterios de calidad y un plan de implantación.

1. INTRODUCCIÓN

En muchas ciudades, la toma de decisiones en movilidad —desde un cambio de trazado hasta la definición de horarios— se apoya todavía en análisis puntuales, datos dispersos y herramientas que no siempre conversan entre sí. Esta fragmentación contrasta con la necesidad de experimentar de forma segura, antes de actuar, los efectos que producirán cambios en la red, la flota o la regulación. Un gemelo digital del sistema de movilidad pretende cubrir precisamente ese hueco: ofrecer un entorno de ensayo realista, alimentado por datos operativos y calibrado con métricas observadas, capaz de responder a la pregunta clave: *¿qué ocurriría si introducimos este estímulo en el sistema?.*

El trabajo se organiza en cuatro pasos: definimos el gemelo digital de movilidad y lo distinguimos de BIM; repasamos la herencia —y los límites— de los modelos de transporte; proponemos una metodología para construir un gemelo digital a partir de los datos realmente disponibles; y concretamos un conjunto de casos de uso que caracterizan un producto mínimo viable alineado con necesidades reales de autoridades y operadores. Con ello, buscamos una aportación pragmática: priorizar aquello que genera valor desde la primera versión y, a la vez, dejar abierta una trayectoria de evolución robusta.

2. QUÉ ENTENDEMOS POR GEMELO DIGITAL DEL SISTEMA DE MOVILIDAD

Llamamos gemelo digital (Wikipedia, 2025a) del sistema de movilidad a una representación digital que reproduce el *comportamiento* de la red de transporte cuando se le somete a los mismos estímulos de demanda y oferta que en la realidad. El énfasis está en el comportamiento: un gemelo útil no se limita a un inventario detallado de infraestructuras o a un modelo geométrico, sino que *responde* de manera congruente cuando varía la demanda, cuando se retira parte de la oferta o cuando se introducen nuevas reglas de operación. Si una estación se satura al incrementarse el número de autobuses que confluyen en un mismo intervalo, el gemelo deberá reflejar ese colapso bajo la misma combinación de frecuencia, puntualidad y distribución de llegadas.

En el campo del transporte, la normalización reciente refuerza esta lectura. La recomendación UIT T Y.4225 (2024) fija requisitos y un *marco de capacidades* para los gemelos digitales aplicados a *intelligent transport systems*, subrayando precisamente su papel para monitorizar, predecir y apoyar la operación. Esta referencia aporta un lenguaje común útil para acotar alcance funcional y expectativas tecnológicas en proyectos reales.

Esta pretensión exige integrar datos reales de explotación y utilizarlos de dos formas complementarias. Por un lado, se necesita una base histórica para la *calibración y validación* del comportamiento del modelo frente a períodos representativos. Por otro, se requiere una corriente de datos operativos con latencias conocidas que permitan actualizar el *estado del gemelo* y, llegado el caso, emitir predicciones con horizonte operativo —por ejemplo, tiempos de viaje o regularidad esperados en la siguiente hora—. Nada de esto implica que haya que disponer desde el inicio de *todas* las fuentes posibles: suele bastar con aprovechar las ya existentes —SAE/AVL, billetaje y

contadores de ocupación— e ir incorporando nuevas fuentes conforme se amplían los casos de uso.

El gemelo digital, en suma, opera como un *laboratorio* de la movilidad: se clona el estado actual, se inyecta un estímulo y se observan los efectos sobre indicadores clave como tiempos de viaje, cargas, puntualidad, esperas o saturaciones en nodos. A diferencia de enfoques puramente descriptivos, su objetivo es anticipar y explicar.

3. DIFERENCIAS ENTRE UN BIM Y UN GEMELO DIGITAL

La confusión terminológica es habitual, de modo que conviene trazar una línea nítida. BIM (Wikipedia, 2025b) se centra en la creación y gestión de información sobre activos —infraestructuras, estaciones, edificios— con un fuerte apoyo en geometría, atributos y procesos colaborativos de diseño y construcción. Un gemelo digital del sistema de movilidad, en cambio, se interesa por *cómo se comporta el sistema* cuando interactúan usuarios y servicios: cómo fluyen las personas, qué efecto tiene una alteración de frecuencias, en qué condiciones se propagan las perturbaciones o dónde aparecen cuellos de botella al variar el patrón de viajes.

Ambos enfoques no son excluyentes; de hecho, la información estructurada que promueve BIM puede ser un *sustrato valioso* para describir con precisión los activos sobre los que opera el gemelo. Pero su finalidad no coincide. Mientras, como se afirma en Allplan (2021) BIM "describe", el gemelo "explica y predice". Esta distinción es crucial para no generar expectativas inadecuadas y para orientar inversiones: cuando el objetivo es evaluar alternativas operativas, impacto de eventos o resiliencia del servicio, el instrumento adecuado es el gemelo digital del sistema de movilidad.

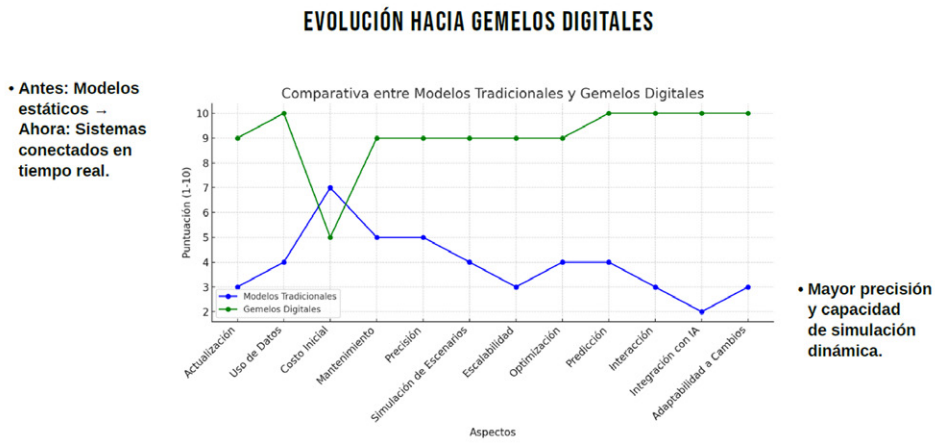
4. LOS MODELOS DE TRANSPORTES COMO PRECURSORES DE LOS GEMELOS DIGITALES

Durante décadas, la planificación del transporte ha confiado en modelos de demanda de viaje —desde el esquema clásico de cuatro etapas hasta los enfoques basados en actividades— y en modelos de red —asignación y microsimulación— para cuantificar efectos de políticas y proyectos. Estos modelos han permitido responder a preguntas relevantes: cómo se redistribuiría la demanda ante un cambio en los costes generalizados, qué impacto tendría una nueva infraestructura en la accesibilidad, o de qué modo se aliviaría la congestión con una medida de gestión del tráfico.

En ese sentido, los modelos de transporte han sido *precursores* de los gemelos digitales: aportan estructura, técnicas de estimación de parámetros, criterios de calibración y métricas de ajuste sobre conteos, tiempos o repartos modales. Sin embargo, también presentan limitaciones cuando se intenta cerrar el ciclo operativo. Suelen funcionar en modo *lote*, con calendarios de actualización largos, y dependen de supuestos que no siempre capturan la variabilidad diaria. Además, no acostumbran a integrar flujos de datos en tiempo casi real, ni a ofrecer un *bucle de retroalimentación* desde la explotación. El gemelo digital intenta superar esa brecha conectando los modelos con

datos operativos, reduciendo la latencia entre observación y decisión, y habilitando *escenarios* que pueden ejecutarse con rapidez y comunicarse con claridad a los responsables de operación y planificación.

Figura 1. Evolución hacia los gemelos digitales



5. DESARROLLO DE UN GEMELO DIGITAL DE MOVILIDAD

No existe un gemelo universal que sirva sin ajustes a cualquier ciudad o región; cada caso debe *diseñarse ad hoc* según necesidades y datos disponibles. La experiencia muestra que una metodología progresiva funciona mejor que un diseño monolítico. El primer paso consiste en *inventariar* las fuentes existentes y medir su calidad efectiva: localización y regularidad procedentes del SAE/AVL, patrones de uso a través del billetaje, datos de localización procedente de datos de telefonía, vehículo conectado y dispositivos móviles, aforos mediante contadores automáticos y, cuando exista, información de infraestructuras y paradas con coherencia espacial. Con estos ingredientes se define un *modelo canónico de datos* que normaliza formatos, unifica identificadores y establece reglas de plausibilidad.

A partir de esta base se eligen *casos de uso prioritarios* que puedan resolverse con las fuentes disponibles. La selección depende de la realidad institucional, pero suele haber un consenso inicial en dos frentes: disponer de un cuadro de mando D+1, es decir, que muestra los datos cerrados del día anterior, con indicadores operativos comprensibles, y disponer de predicciones a corto plazo que ayuden a regular con anticipación. En paralelo se implantan *procedimientos de calibración* que confrontan el comportamiento del gemelo con periodos de referencia; por ejemplo, se comparan cargas modelizadas con aforos observados usando métricas como errores relativos medios o estadísticos de dispersión, se contrastan tiempos de viaje estimados con registros de paso y se revisan puntualmente las trayectorias de regularidad.

La tercera etapa adopta una lógica de industrialización ligera: orquestación de procesos de ingesta de datos y cálculo, versionado de datos y modelos, pruebas automáticas sobre calidad y consistencia, y un mecanismo sencillo para *ramificar* el estado del

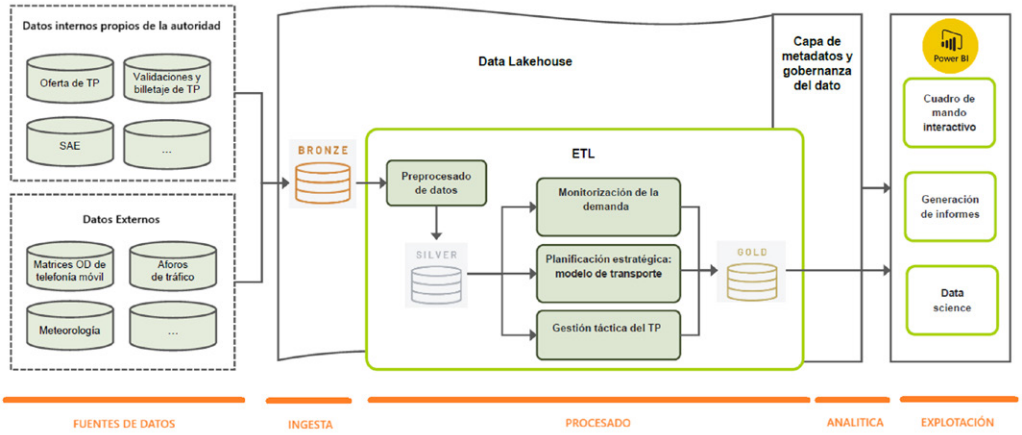
gemelo cuando se exploran escenarios. Esta práctica —clonar estado, inyectar estímulo, medir efectos— permite una iteración ágil. Finalmente, el camino natural es ir incorporando nuevas fuentes —sensores, datos de terceros, meteorología, eventos— y nuevos comportamientos —elección modal o de ruta más sofisticada, interacción con micromovilidad o aparcamiento—, siempre que exista una *justificación por caso de uso.*

6. ARQUITECTURA DE DATOS Y ESCALABILIDAD DEL MODELO

La arquitectura del gemelo digital de movilidad se articula en torno a un data lakehouse que integra la ingesta, el procesado y la explotación analítica de datos heterogéneos bajo un mismo entorno gobernado. Este modelo unificado permite incorporar progresivamente nuevas fuentes, evolucionar de los indicadores D+1 a la predicción en tiempo real y extender la funcionalidad a otros dominios urbanos.

a. Flujo general de datos

Figura 2. Esquema general de la solución



Descripción textual del esquema:

- *Fuentes de datos.*
  - *Internas:* sistemas ITS, SAE/AVL, billetaje, contadores de ocupación, sensores de flota, bases GIS
  - *Externas:* matrices OD de telefonía, aforos de tráfico, meteorología, eventos y datos socioeconómicos.

- *Capa Bronce – Ingesta.* Datos en bruto, extraídos mediante pipelines ETL que garantizan trazabilidad, control de latencia y validación estructural.

- *Capa Plata – Preprocesamiento y normalización.* Limpieza, transformación y estandarización conforme a un modelo canónico de movilidad (GTFS, SIRI, NeTEx).

- *Capa Oro – Analítica y explotación.* Integración de motores de modelización (microsimulación, modelos ML) y servicios BI.

• *Capa de metadatos y gobierno del dato.* Gestiona catálogos, permisos, versiones y calidad, garantizando cumplimiento GDPR y ENS.

• *Capa de BI y servicios.* Cuadros de mando interactivos, APIs REST y servicios de datos abiertos para alimentar otros sistemas municipales.

b. Escalabilidad y crecimiento modular

El gemelo digital se concibe como un modelo vivo y ampliable, que puede desplegarse en fases:

1. *Fase inicial – D+1 y cuadro de mando operativo:* Ingesta de SAE + billetaje → monitorización diaria de regularidad, tiempos y ocupaciones.

2. *Fase intermedia – Predicción operativa:* Incorporación de aforos, datos meteorológicos y de eventos → modelos ML para regularidad y demanda.

3. *Fase avanzada – Simulación de escenarios y optimización:* Integración de telefonía y sensores IoT → capacidad *what-if* para escenarios y resiliencia.

4. *Fase extendida – Federación urbana:* Incorporación de verticales no-movilidad (residuos, energía, DUM, alumbrado) → *digital twin* urbano sobre ontología común.

El esquema de crecimiento modular garantiza que cada fase aporta valor funcional tangible, sin comprometer la evolución futura. Cada nueva fuente amplía el espectro de casos de uso y refuerza la capacidad predictiva y analítica del sistema.

c. Interoperabilidad y estándares

El modelo está alineado con estándares abiertos y buenas prácticas de interoperabilidad:

• *GTFS/GTFS-RT, NeTEx, SIRI,* para oferta y operación de transporte.

• *API REST/JSON, OGC WFS/WMS* para servicios de datos espaciales.

• *ISO 19115 y ISO/TS 19468* para metadatos y trazabilidad.

• Integración nativa con herramientas BI y ML (Power BI, Grafana, Python MLflow, Spark).

d. Extensión multisectorial

Aunque el caso de uso inicial se centra en la movilidad y el transporte, la arquitectura de datos propuesta es escalable a otros ámbitos urbanos:

• *Gestión de residuos*: rutas dinámicas optimizadas por demanda.

• *Distribución urbana de mercancías (DUM):* simulación de micro-hubs y logística de última milla.

• *Energía y alumbrado:* modelización de consumos y eficiencia.

• *Gestión ambiental:* correlación entre movilidad, emisiones y calidad del aire.

De esta forma, el gemelo digital evoluciona hacia un ecosistema de ciudad operativa y conectada, donde cada vertical contribuye con datos y modelos interoperables dentro de un marco común de gobernanza.

7. ARQUITECTURA FUNCIONAL Y DE DATOS: UNA VISIÓN PRÁCTICA

En términos funcionales (Recomendación UIT-T Y.4225, 2024), la arquitectura puede imaginarse como capas que dialogan entre sí sin imposiciones tecnológicas apriorísticas.

Una *capa de ingesta y gobierno* conecta con los sistemas fuente, estandariza esquemas y aplica controles de calidad, de modo que se pueda confiar en los datos que alimentan el gemelo. Sobre ella se asienta un *modelo canónico de movilidad* que representa red, oferta, demanda y estados de operación; este modelo debe ser lo suficientemente expresivo como para acomodar diversas escalas (ciudad, área metropolitana) y, al mismo tiempo, mantenerse manejable.

En la *capa de comportamiento* residen los motores que explican y predicen: estimadores de demanda basados en patrones observados enriquecidos con modelos de elección, y módulos de dinámica de red que simulan circulación y operación con el nivel de detalle adecuado al problema.

La *capa de explotación* expone resultados a través de paneles y servicios API, de manera que el gemelo no sea una *caja negra*, sino una herramienta integrada en la práctica profesional. Un aspecto frecuentemente subestimado es la *observabilidad:* contar con métricas internas que muestren latencias reales de cada flujo, tasas de pérdida por fuente y señales de *deriva* en distribuciones es esencial para sostener la confianza en el tiempo.

8. CALIDAD, CALIBRACIÓN Y VALIDACIÓN

La credibilidad de un gemelo digital descansa en su *capacidad para reproducir lo observado con tolerancias conocidas*. Las métricas deben ser comprensibles y relevantes para quien toma decisiones. En el ámbito de la demanda y los flujos, resulta útil comparar conteos modelizados con aforos mediante medidas de error relativas y absolutas, complementadas con indicadores de *bondad de ajuste* en tramos y líneas clave. En tiempos de viaje y regularidad, conviene reportar errores medios y percentiles para periodos representativos, de forma que se capte no solo el promedio sino también la variabilidad que percibe el usuario.

La validación por escenarios merece un tratamiento específico: no basta con que el gemelo ajuste bien un día típico, debe *responder razonablemente* cuando se altera la entrada. Una práctica recomendada consiste en fijar *bandas de aceptación* por indicador y contexto —por ejemplo, horas punta o zonas críticas—, y en realizar contrastes de

sensibilidad sobre los parámetros más influyentes. Este protocolo, documentado desde el inicio, contribuye a que el gemelo sea utilizado con confianza y a detectar rápidamente degradaciones que requieran recalibración o mejora de datos.

9. HACIA UN PRODUCTO MÍNIMO VIABLE: CASOS DE USO QUE APORTAN VALOR

Definir un producto mínimo viable (PMV) no significa construir un prototipo desechable, sino *entregar valor temprano* con una base arquitectónica que soporte la evolución posterior. En la literatura divulgativa sobre movilidad (Meep, 2024), los gemelos digitales se presentan precisamente como palancas para optimizar la operación, mejorar la planificación y favorecer la sostenibilidad, siempre que se diseñen a partir de casos de uso concretos y métricas accionables. Así, en muchos entornos, un PMV razonable combina tres capacidades.

La primera es la *visión operativa* basada en datos casi en tiempo real y en análisis D+1. Se trata de ofrecer, con claridad, el estado de la red: puntualidad, regularidad, tiempos de viaje y ocupaciones con granularidad suficiente para tomar decisiones. Este módulo requiere una integración eficaz con SAE/AVL y billetaje, y un diseño de indicadores que sea legible por quienes planifican y quienes operan. El beneficio inmediato es reducir la incertidumbre sobre *qué está pasando.*

La segunda es la *predicción a corto plazo* de variables operativas, con horizontes de entre quince y sesenta minutos. Un pronóstico razonable permite pasar de una regulación reactiva a una *regulación proactiva*: si se anticipa una pérdida de regularidad o un incremento de tiempos de viaje, se puede ajustar la oferta, modificar secuencias o desencadenar medidas de prioridad. La clave está en comunicar no solo el valor puntual, sino también la confianza asociada y las condiciones que disparan las alertas.

La tercera es la *evaluación de escenarios* que se ejecuta con rapidez: obras y desvíos, cambios de frecuencia, refuerzos por eventos o modificaciones de trazado. El procedimiento es simple y potente: se clona el estado base del gemelo, se introduce el estímulo y se comparan impactos sobre indicadores definidos. Esta funcionalidad es la puerta de entrada a rediseños tácticos, estudios de resiliencia y análisis de *qué opción compensa más* en términos de servicio, coste y equidad territorial. En fases posteriores, el PMV puede extenderse hacia la estimación de ocupación a futuro para información al viajero, la coordinación en intercambiadores o la integración con micromovilidad y aparcamiento.

10. GOBIERNO DEL DATO, PRIVACIDAD Y SEGURIDAD

La implantación de un gemelo digital es tanto un reto técnico como institucional. Sin políticas claras de *gobierno del dato*, los avances técnicos se erosionan rápidamente. Es necesario acordar quién aporta qué datos, con qué calidad y latencia, bajo qué condiciones de uso y con qué trazabilidad. La transparencia no se opone a la privacidad; por el contrario, exige diseñar desde el principio mecanismos de agregación, anonimización y auditoría que eviten reidentificaciones indeseadas. En el plano de

seguridad, la segmentación de entornos, el cifrado en tránsito y en reposo y la gestión de secretos son requisitos de base. Más allá de lo tecnológico, conviene establecer *rutinas de colaboración* entre las áreas responsables de operación, planificación, sistemas y legal, de modo que el gemelo se consolide como una práctica compartida, y no como una solución aislada.

11. PLAN DE IMPLANTACIÓN Y MADUREZ: DE LOS PRIMEROS RESULTADOS A LA INDUSTRIALIZACIÓN

El camino hacia un gemelo operativo puede organizarse en cuatro tramos que, aun cuando no sean rígidos, conviene recorrer con disciplina.

En una primera f*ase de arranque* se acuerdan objetivos concretos, se levanta el catálogo de fuentes y se definen los indicadores que se utilizarán para juzgar el éxito del PMV. Esta etapa culmina con un diseño de datos mínimo y con pruebas de ingesta desde los sistemas principales.

La *fase de construcción inicial* transforma esas pruebas en un sistema funcional: se normalizan los datos, se fijan reglas de calidad, se implementan los primeros modelos y se entrega un cuadro de mando D+1 junto con una predicción operativa sencilla.

La *fase de ampliación* incorpora escenarios *what-if* y extiende la cobertura de líneas y áreas, a la vez que refina la calibración con periodos más exigentes y controles automáticos.

Finalmente, la *fase de industrialización* pone el acento en la estabilidad a largo plazo: monitorización de latencias y derivas, versionado explícito de datos y modelos, y guías de uso para que los equipos adopten el gemelo en su trabajo cotidiano.

Este itinerario no es incompatible con ajustes oportunistas; al contrario, permite introducir *mejoras tácticas* —por ejemplo, un predictor de regularidad para una línea crítica o un simulador de contingencias para una obra relevante— sin perder coherencia con la arquitectura general. La condición es documentar las decisiones, mantener la trazabilidad y medir de forma consistente los beneficios.

12. DISCUSIÓN: LÍMITES Y OPORTUNIDADES

Como toda herramienta, el gemelo digital tiene límites que conviene reconocer. Su *fidelidad* depende de la calidad de datos y de la idoneidad de los modelos; no existe una representación única y definitiva del sistema, sino construcciones que simplifican aspectos para hacer el problema abordable. Tampoco hay que confundir *precisión* con *utilidad*: un gemelo que reproduzca con exactitud el pasado pero que no ayude a decidir a tiempo puede ser menos valioso que otro más modesto, pero en servicio continuo y con buena comunicación. Por último, la tecnología no suple el criterio: los resultados deben interpretarse en su contexto y contrastarse con la experiencia de quienes operan y planifican.

Dicho esto, las oportunidades son claras. Un gemelo bien diseñado *acorta* el ciclo entre observación y decisión, ayuda a comunicar opciones de manera visual y comprensible, y crea un lenguaje común entre áreas técnicas y directivas. Además, abre la puerta a federar ámbitos —energía, clima, seguridad— siempre que se preserven reglas de gobernanza. En un horizonte de medio plazo, estos avances se traducen en políticas más transparentes, inversiones mejor justificadas y un servicio percibido como más fiable por el usuario final.

13. CONCLUSIONES

Los gemelos digitales del sistema de movilidad *no sustituyen* a los modelos de transporte: los *trascienden* al cerrarse sobre datos reales, operar con latencias útiles y permitir la experimentación segura de políticas y actuaciones. Distinguirlos de BIM, y a la vez aprovechar la información estructurada que este promueve, evita equívocos y mejora el retorno de las inversiones. La metodología propuesta —progresiva, con base en datos disponibles, calibración transparente y *casos de uso* orientados a la decisión— demuestra que es posible generar valor en plazos razonables sin hipotecar la evolución futura. Definir un producto mínimo viable con visión operativa, predicción a corto y evaluación de escenarios facilita la adopción por parte de autoridades y operadores, y sienta las bases para una industrialización sostenible. En esta dirección, el gemelo digital se presenta menos como un *proyecto único* y más como una *capacidad organizativa* que transforma la manera de planificar y gestionar la movilidad.

14. REFERENCIAS

Allplan. (2021). Metodología BIM y el modelo del gemelo digital. *Allplan Blog.* Recuperado de https://www.allplan.com/es/blog/metodologia-bim-y-el-modelo-del-gemelo-digital el 8 de noviembre de 2025.

Ge, C. (2024). Digital Twin-ITS: A review on architecture, methods and services. *IET Intelligent Transport Systems.* Recuperado de https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1049/itr2.12539 el 8 de noviembre de 2025.

Gkoumas, K., Marques Dos Santos, F. L., & Tsakalidis, A. (2021). Digital twins in transport: A European perspective. *EUR 30842 EN.* Publications Office of the European Union, Luxemburgo. Recuperado de https://data.europa.eu/doi/10.2760/599233 el 8 de noviembre de 2025.

Grieves, M. (2014). *Digital twin: Manufacturing excellence through virtual factory replication.* Florida Institute of Technology.

ISO/IEC JTC 1/SC 41. (2023). *Digital twin framework for smart cities.* International Organization for Standardization.

Meep. (2024). Relación entre los gemelos digitales y el transporte: innovación al servicio de la movilidad. *Meep Blog.* Recuperado de https://www.meep.app/es/blog-es/relacion-entre-los-gemelos-digitales-y-el-transporte-innovacion-al-servicio-de-la-movilidad el 8 de noviembre de 2025.

Nag, D., Das, A., & Dey, S. (2025). Exploring digital twins for transport planning: a review. *European Transport Research Review.* Recuperado de https://etrr.springeropen.com/articles/10.1186/s12544-025-00713-0 el 8 de noviembre de 2025.

Osorio, C., & Zhang, C. (2025). Urban mobility solutions: calibrating digital twins at scale. *Google Research Blog.* Recuperado de https://research.google/blog/urban-mobility-solutions-calibrating-digital-twins-at-scale el 8 de noviembre de 2025.

Recomendación UIT-T Y.4225. (2024). *Requisitos y marco de capacidades de gemelos digitales para sistemas de transporte inteligentes.* ITU Publications. Recuperado de https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.4225 el 8 de noviembre de 2025.

Reynaers, A., & Camacho Vela, C. (2025). Mejorando la movilidad urbana mediante gemelos digitales. Recuperado de https://itgespub.net/mejorando-la-movilidad-urbana-mediante-gemelos-digitales el 8 de noviembre de 2025.

Semeraro, C., Lezoche, M., Panetto, H., & Dassisti, M. (2021). Digital twins in transport and logistics: a literature review and research agenda. *Computers in Industry*, 130, 103469. Recuperado de https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103469 el 8 de noviembre de 2025.

Tao, F., Zhang, H., Liu, A., & Nee, A. Y. C. (2019). Digital twin in industry: state-of-the-art. Robotics and *Computer-Integrated Manufacturing*, 61, 101837. Recuperado de https://doi.org/10.1016/j.rcim.2019.101837 el 8 de noviembre de 2025.

Wu, D. (2025). Digital twin technology in transportation infrastructure. *Applied Sciences*, 15(4), 1911. Recuperado de https://www.mdpi.com/2076-3417/15/4/1911 el 8 de noviembre de 2025.

Zhu, M., Chen, Y., & Han, J. (2025). Data-driven urban digital twins and critical infrastructure resilience. *Urban Planning, 10*(2), 10109. Recuperado de https://www.cogitatiopress.com/urbanplanning/article/download/10109/4602 el 8 de noviembre de 2025.

MAPAS DE TRANSPORTE PÚBLICO (SAN JUAN, PUERTO RICO; SAN ANTONIO, TEXAS; CAMBRIDGE, INGLATERRA Y MÁS)

Ricky Angueira
Principal de Jarrett Walker & Associates
Washington, DC, Estados Unidos
ricky@jarrettwalker.com

RESUMEN

Un buen mapa de transporte público tiene un valor imprescindible, pero muchas ciudades no tienen uno. En esta presentación, Ricky Angueira, Principal de Jarrett Walker & Associates, hablará sobre el diseño de nuevos mapas de transporte público en diferentes ciudades incluyendo San Juan, Puerto Rico; San Antonio, Texas; y Cambridge, Inglaterra. El propósito de los mapas ha cambiado en los últimos años. Antes hacían falta para saber todo detalle de toda ruta. Pero hoy día, las aplicaciones de planificación de viaje y Google Maps, pueden proveer suficiente información para que una persona busque como realizar un viaje específico. Pero, aun así, los mapas proveen una función que las aplicaciones nunca tendrán—exploración. Solo en un mapa, una persona puede ver todos los servicios en un mismo lugar y determinar qué servicios son útiles para sus necesidades e intereses. Para lograr este fin, un mapa debe mostrar más información que simplemente dónde van las rutas. Un usuario también necesita saber cuándo pasa el autobús (frecuencia) y cuál es el patrón de paradas (local, BRT, expreso). Un mapa bien hecho puede ilustrar ambas cosas a la vez mediante colores y técnicas de dibujo que proveen más claridad. Este fue el propósito de diseñar los nuevos mapas.

1. CONTEXTO

Un buen mapa de transporte público tiene un valor único, pero muchas veces es menospreciado. En un mapa del sistema, es donde único alguien puede ver todos los servicios a la vez y preguntar "¿Dónde puedo ir en transporte público?"

El propósito de los mapas ha cambiado en los últimos años. Antes hacían falta para saber todo detalle de toda ruta. Pero hoy día, las aplicaciones de planificación de viaje y Google Maps, pueden proveer suficiente información para que una persona busque como realizar un viaje específico. Pero, aun así, los mapas proveen una función que las aplicaciones nunca tendrán—exploración. Solo en un mapa, una persona puede ver todos los servicios en un mismo lugar y determinar qué servicios son útiles para sus necesidades e intereses.

Entonces, ¿qué debe incluir un mapa de transporte público? ¿Qué información es la más importante para un usuario? Ciertamente, en trayecto de cada ruta es importante, pero no lo dice todo. Un usuario también necesita saber cuándo pasa el autobús (frecuencia) y cuál es el patrón de paradas (local, BRT, expreso).

La frecuencia de una ruta de transporte público es posiblemente el factor más importante que no se suele mostrar en los mapas. Si un autobús pasa cada 10 minutos, significa que siempre viene pronto. Por lo tanto, un usuario no tiene que pensar en el itinerario del autobús. "Puedo salir a tomar el autobús en cualquier momento". Pero si el autobús pasa cada 60 minutos, el usuario tiene que planificar su vida cuidadosamente según el itinerario de la ruta. Si falta el autobús, tendrá que espera una hora para el próximo autobús.

Las paradas de autobús también son importantes. Un mapa de transporte público no tiene que mostrar toda parada en el sistema—y posiblemente no pueda por la mera escala del mapa—pero sí es importante mostrar el patrón de paradas. Si un usuario piensa usar una ruta que tiene paradas locales (cada 400 metros o menos), no necesariamente tiene que verificar dónde para el autobús para determinar si el servicio le funciona. Es probable que haya una parada cerca de su destino. Un servicio con paradas limitadas, como un BRT o Metro, puede proveer servicio más rápido y fiable, pero no para en todo punto a lo largo de la ruta. Un usuario querrá revisar las paradas o estaciones antes de usar el servicio. Finalmente, un servicio expreso puede tener muy pocas paradas—a veces solo al inicio y al final de su trayecto. Un usuario necesita saber que segmentos no tienen paradas para planificar su viaje adecuadamente.

Un buen mapa de transporte público incorpora ambos elementos—frecuencia y patrón de paradas. Aunque hay muchos detalles del servicio que diferentes usuarios quisieran saber, estos dos elementos engloban la información más importante que determina si un viaje de punto A a punto B es posible y lo suficientemente conveniente para conocer más. Si el usuario identifica un viaje que le interesa, entonces puede buscar información más detallada sobre ese viaje—hora que comienza y termina el servicio, itinerario exacto, paradas exactas, etc.

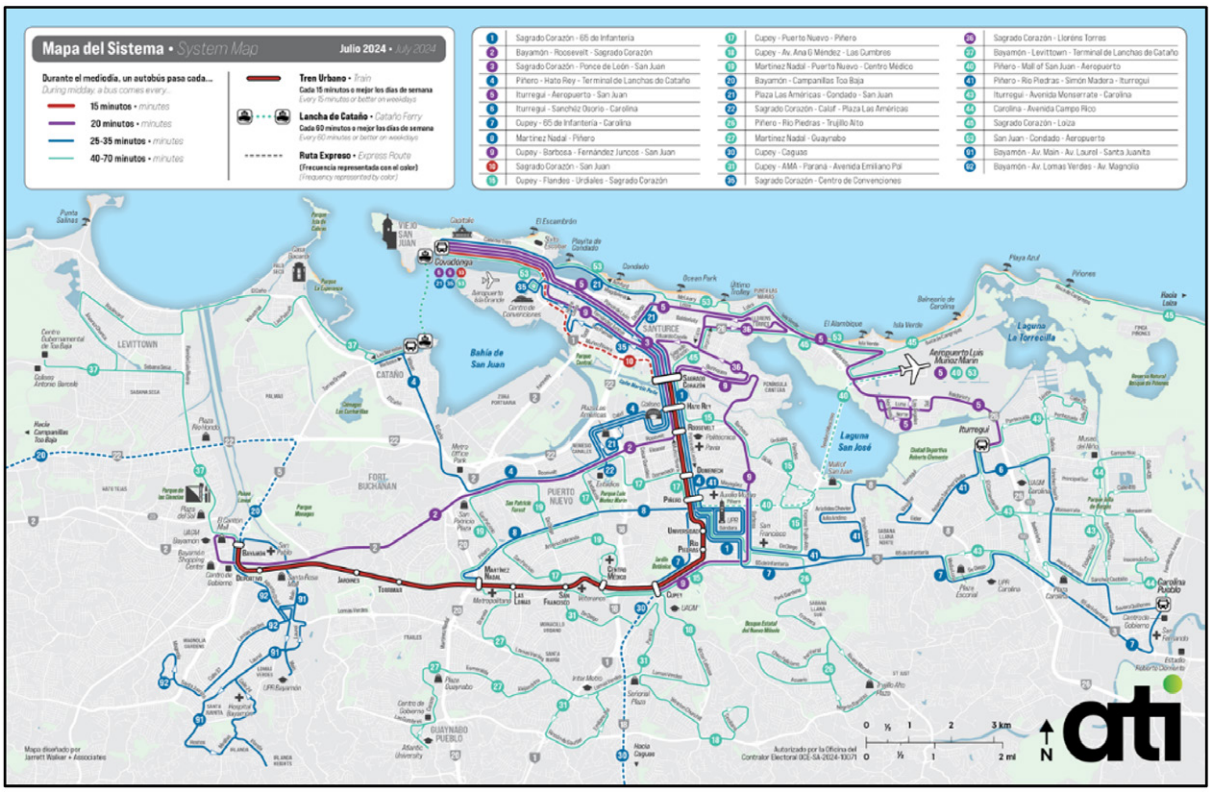
Nosotros, Jarrett Walker & Associates, hemos diseñado muchos mapas de transporte público siguiendo estas ideas. Como planificadores de transporte público y cartógrafos,

diseñamos mapas priorizando la información que más le importa al usuario. Recientemente, diseñamos mapas de las redes de transporte público en San Juan, Puerto Rico; San Antonio, Texas; Cambridge, Inglaterra; y muchas ciudades más.

2. SAN JUAN, PUERTO RICO

Como pasa en muchas ciudades de América Latina (y muchas partes del mundo), San Juan, no tenían un mapa actualizado del sistema de transporte público. Por lo tanto, los usuarios solo se podrían orientar preguntándole a otros usuarios, llamando directamente a las compañías de transporte o buscando información antigua en internet. Algunas personas tal vez conseguían la información que necesitaban así, pero para la mayoría de las personas, estos métodos eran tediosos, anticuados e incompletos. Con el nuevo mapa de transporte público, los residentes por primera vez pueden ver y entender los servicios que se provee en su ciudad. Muchas personas en el Área Metro por primera vez están descubriendo que pueden usar transporte público para ir de su casa al médico, al centro comercial o a la playa.

Nuevo mapa de transporte público de la Autoridad de Transporte Integrado (ATI) de San Juan, Puerto Rico. Creado por Jarrett Walker & Associates



Lo más importante de este mapa es la leyenda. Rutas que pasan cada 15 minutos se muestran en rojo. Rutas que pasan cada 20 minutos se muestran en morado, cada 30 minutos en azul y cada 60 minutos en verde. Mientras que muchos mapas de transporte público exprimen el arcoíris y usan un color diferente para cada ruta, los colores de este mapa son intencionales. Solo con cuatro colores, las personas pueden determinar

si la ruta más cercana funciona para ellos. Si una ruta es morada o roja, sabrán que es más frecuente, por lo tanto, más útil y fiable.

El estilo de la línea también es importante. Una línea sólida, como son casi todas, significa que la ruta tiene paradas locales (cada 400 metros o menos). Una línea entrecortada, significa una ruta expreso (sin paradas en los segmentos entrecortados). La lancha se muestra con una línea de puntos y la línea del Tren Urbano se muestra con borde negro y paradas con sus nombres.

La creación de este mapa fue un proceso iterativo con la Autoridad de Transporte Integrado (ATI) y Jarrett Walker & Associates. Solo teniendo conversaciones claras sobre las metas del mapa, se puede obtener un producto completo y útil.

3. CAMBRIDGE, INGLATERRA

Cambridge tampoco tenía un mapa. La región tiene más de 20 compañías de transporte público y cada una tenía diferentes niveles de información pública. Algunas solo mostraban las rutas, algunas solo los itinerarios y algunas lo tenían todo, pero no estaban actualizadas. Para alguien entender el sistema, tenía que explorar varias páginas diferentes y rogar que la información esté correcta. Con el nuevo mapa, por primera vez se ven todos los servicios en una sola hoja.

A primera vista, el mapa muestra muchas rutas muy complejas—algo que los residentes de Cambridge no podían visualizar antes de tener este mapa. Las rutas marrones son rutas que pasan menos que cada 60 minutos. La región tiene muchas rutas así, superpuesta una encima de la otra, pero cada una hace algo un poco diferente. Esta ilustración revela preguntas importantes sobre la planificación del servicio.

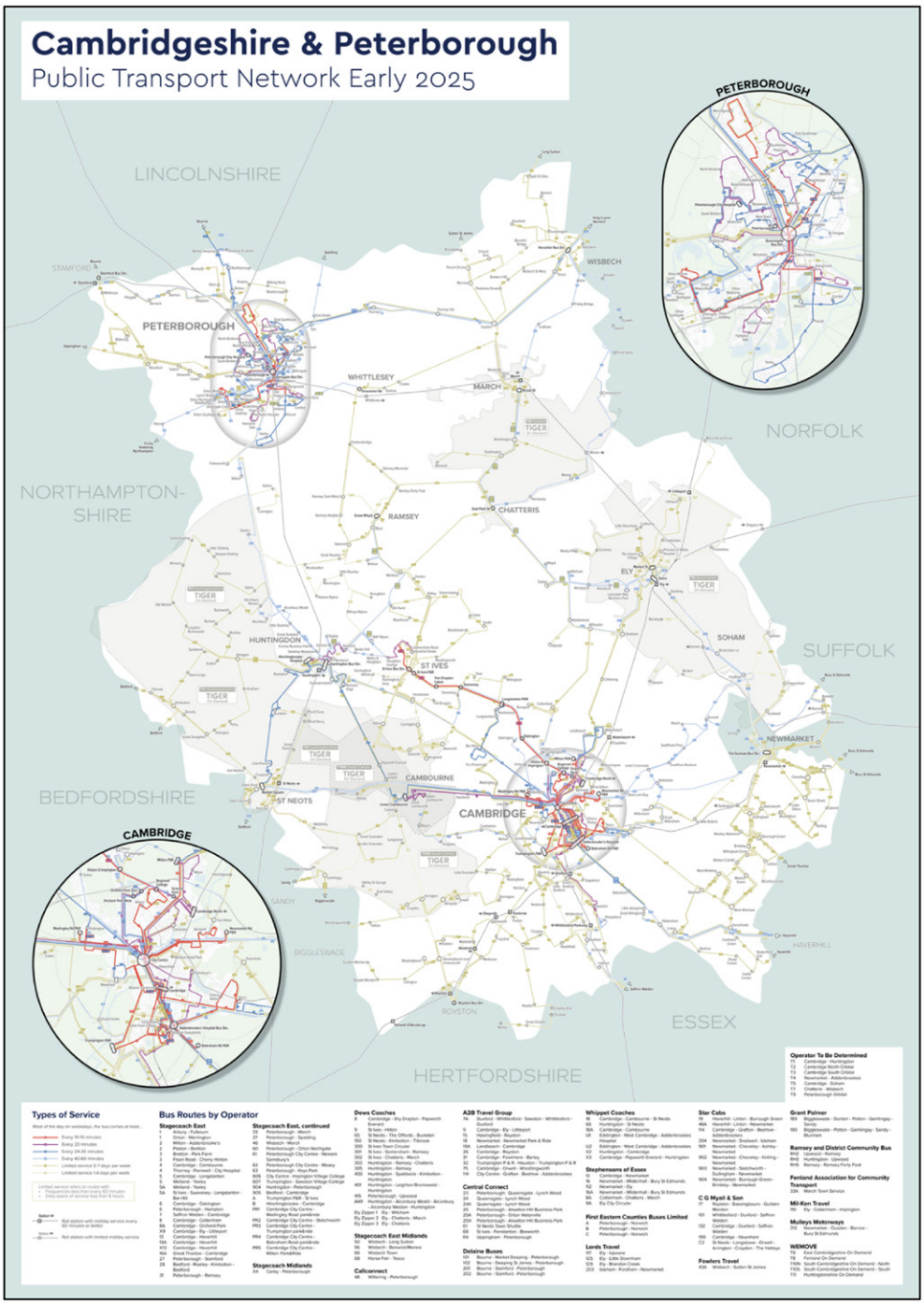
• ¿Por qué las rutas se diseñaron así?

• ¿Estás rutas infrecuentes están logrando las metas de la región o sería mejor tener menos rutas más consistentes?

• ¿Es hora de rediseñar el sistema completo?

Claramente, estas preguntas van más allá del ejercicio de crear el mapa, pero sin el mapa las preguntas no se harían. Un buen mapa de transporte público puede ser el primer paso para tener una conversación más amplia sobre el transporte público.

Nuevo mapa de transporte público de Cambridgeshire & Peterborough, Inglaterra. Creado por Jarrett Walker & Associates

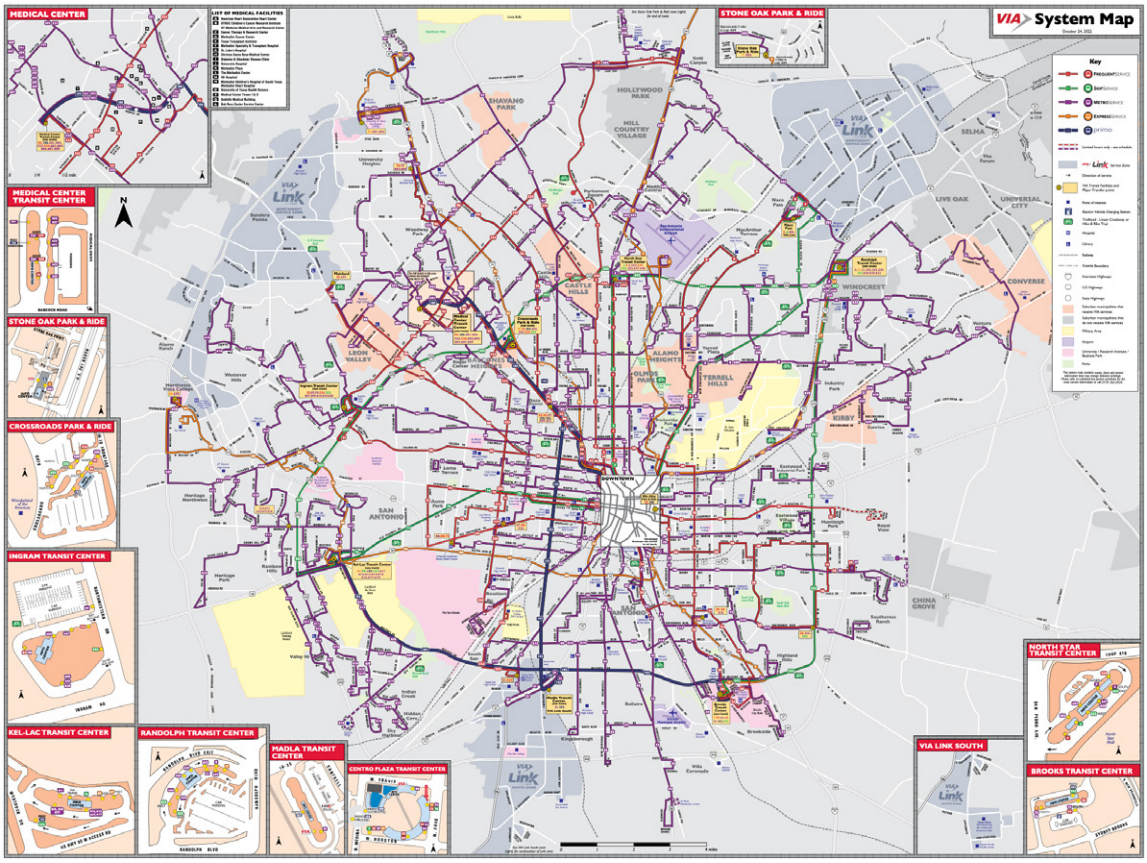


4. SAN ANTONIO, TEXAS

La autoridad de transporte VIA, en San Antonio, sí tenía un mapa de transporte público, pero decidieron que era hora de cambiarlo. El mapa antiguo intentaba categorizar las rutas, pero las categorías no eran ideales. El mapa intentaba capturar la frecuencia y el patrón de paradas, pero solo con los colores. Si el servicio era local y frecuente, se mostraba rojo. Si tenía paradas limitadas, se mostraba verde. Pero, ¿qué pasa si el

servicio tiene paradas limitadas y también es frecuente? Al solo usar el color de la línea para diferenciar ambos elementos, el mapa mostraba información incompleta. Igual pasaba con rutas expreso o el servicio Prímo (BRT).

Antiguo mapa de transporte público de VIA Metropolitan Transit en San Antonio, Texas

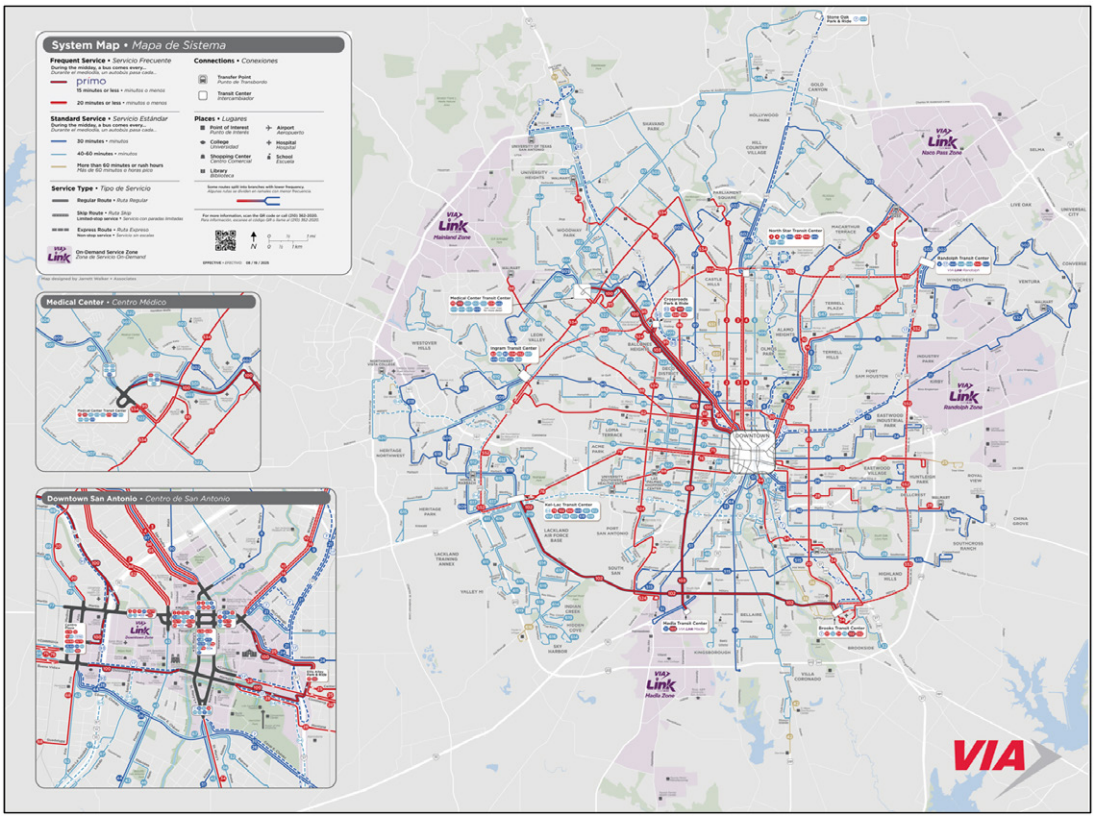


El nuevo mapa separa estos dos elementos. El color representa la frecuencia del servicio y el estilo representa el patrón de paradas. En la leyenda, las rutas Prímo (BRT) se describen con una frecuencia de 15 minutos o mejor—un detalle imprescindible para los usuarios.

Este mapa revela información importante sobre la distribución de servicios en la región. Con el mapa antiguo, un usuario podría interpretar que el servicio tiene una cuadrícula de servicios que puede usar en cualquier momento. Pero el nuevo mapa muestra que muchas rutas, especialmente en el sur, no son frecuentes.

Tal vez esta es la distribución adecuada de servicios y logra las metas de la comunidad. Pero sin el mapa, es difícil contemplarlo. Gracias a este mapa, VIA puede tomar mejores decisiones sobre la planificación del servicio hacia el futuro.

Nuevo mapa de transporte público de VIA Metropolitan Transit en San Antonio, Texas. Creado por Jarrett Walker & Associates



LAS NUEVAS FORMAS DE PAGO EN EL TRANSPORTE (EMV, QR) EL ABT, LOS CELULARES, LA EVOLUCIÓN NATURAL HACIA EL MAAS

Enrique Palma Villalón
PALMA TOOLS, Madrid, España
epalma@palmatools.com

Lidia Hipólito Romero
Directora de Consultoría
TICMOVEO Alicante España
Lhipolito@ticmoveo.com

RESUMEN

En la actualidad los sistemas actuales de recaudo utilizan tarjetas inteligentes sin contacto basadas en la norma ISO 14443, un porcentaje elevado de los celulares en la actualidad disponen de capacidad de comunicación NFC basada en la norma ISO 14443 que permite el acceso a estas tarjetas, y que cada vez más tarjetas bancarias son EMV *Contactless* NFC.

Sobre este escenario se va consolidando nuevas propuestas de acceso y recarga al (Auto Top-Up, Auto-recarga con el celular, Validación con celular, validación EMV Contactless y soluciones ABT para todos los medios de pago anteriores) pero cuya implantación tiene sus particularidades técnicas, operativas, económicas y legales.

Estos medios de pago, cada vez más virtuales respecto al lugar donde están al almacenados los derechos de viaje, son la base para que sea posible plantear la implantación de modelos reales de Mobility as a Service (MaaS).

Esta ponencia analiza todos los aspectos anteriores, y realiza algunas sugerencias de cara a elaborar una hoja de ruta hacia el MaaS y avisa sobre las trampas que se pueden encontrar en el camino, y avisa sobre "atajos" que puede llevar a callejones sin salida o situaciones de dependencia de proveedores y circuitos cerrados.

1. CAMBIOS Y TENDENCIAS EN RECAUDO

Los Sistemas de Recaudo Integrado en Transporte Público migraron en los comienzos de este siglo hacia la implantación de un único medio de pago de electrónico (basada en un único chip físico conectado a una antena y colocado sobre un soporte físico en formato tarjeta de crédito) basando su ciclo de operación en la recarga de derechos de viaje en la tarjeta (tanto saldos económicos, como tiempo o viajes). Sin embargo, durante los últimos años se ha producido los siguientes cambios tecnológicos relevantes:

Tarjetas bancarias EMV Contactless (NFC) ODA: Las nuevas tarjetas EMV permiten pago sin contacto off-line (ODA), lo que lo hace idóneo transporte público y está siendo implantado ciudades del mundo, siendo la principal referencia Londres [1].

NFC en los celulares y otros soportes: Los celulares tiene el canal NFC con el que, a) Pueden comunicarse con las tarjetas y medios de pago NFC como tarjetas de transporte, tarjetas bancarias EMV contactless y otros tipos de tarjetas con cédulas de identidad o pasaportes contactless, y b) Pueden "emular" tarjetas NFC de todos los tipos anteriores. Esto ya se está utilizando en pagos bancarios con sistemas como APPLE PAY o Google PAY.

Migración general a la identificación Contactless: Los sistemas de identificación del usuario en tarjetas están migrando a Contactless como Cédulas de Identidad o de conducir o pasaportes y están migrando a su implantación en los celulares.

Masificación de los códigos Bidi (QR y AZTEC): En la última década se está masificando el uso del QR siendo un medio muy interesante para el acceso al transporte público y no requiere una tarjeta física y permite el uso de celulares.

ABT[2] *(Account Based Ticketing):* Son aquellos sistemas de ticketing en los que los derechos de viaje asociado al medio de pago (saldos, tiempo o viajes) no están en el medio de pago sino en la nube (ej. tarjetas bancarias EMV)

MaaS (Mobility As A Service): Se produce cuando se vende como un servicio completo un desplazamiento entre dos puntos independientemente de los medios y modos de transporte utilizados (públicos/privados, masivos/individuales...)

En base a todo lo anterior las tendencias en los medios de pago son las siguientes:

Viabilidad: El Sistema de Recaudo pasa diseñarse para aceptar todos los medios de pago *viables técnica, operativa, económica y legalmente*.

Uso masivo del celular: El celular debe ser utilizado masivamente con todos los medios de pago emulados viables o permitir que sean utilizados para facilitar el acceso al transporte como la recarga de tarjetas.

EMV y ABT: El Sistema debe soportar el pago EMV contactless ODA que es ABT y aprovechar para crear soluciones de ABT con tarjetas de transporte, códigos QR, cédulas de identidad..., y otros soportes.

Interoperabilidad exterior y MaaS: El sistema deberá estar preparado para implementar sistemas interoperables más allá del sistema de transporte que se implemente y estar preparado para implementar soluciones MAAS

Además de todo lo anterior *conviene discernir con claridad entre los medios de pago con los que se accede al transporte y el Sistema Tarifario que este transporte debe soportar*, y que fija las tarifas que se le aplicará al usuario al acceder al transporte.

El *Sistema Tarifario* es que establece que derechos de viaje se puede tener y que tarifas se aplicarán por ejemplo puede existir una tarifa de viaje individual que se aplique a cualquier viaje realizado en el transporte (ejemplo un dólar) independientemente del medio de pago utilizado (Tarjeta de transporte, Tarjeta EMV, viaje con QR etc.), pero puede ser diferente en cada caso. Los sistemas tarifarios pueden ser muy complejos aplicando tarifas complejas por origen-destino por desplazamientos zonales, tarifas especiales o gratuitas por derechos de transbordo por tiempo y por cantidad, en base a uso de monederos o pases temporales o multiviaje (o mezcla de todos ellos), incluyendo que las tarifas pueden variar con el perfil del usuario (desempleado) o el nivel de uso (al viajar mucho la tarifa baja) etc.

Esto es un factor importante porque la implementación de estos sistemas tarifarios no siempre posible para todos los medios de pago o se tiene que implementar de diferente manera (por ejemplo, la banca no contempla, por riesgos, un modelo de viajar todo el mes y cobrar al final de mes los viajes realizados y el bono mensual se debe implementar de otras maneras).

2. MEDIOS DE PAGO Y CONSIDERACIONES PARA SU IMPLANTACIÓN

Importante: *No debe nunca enfocarse como una elección y comparación entre medios de pago sino que se deben implementar todos los medios de pago que sea viables técnica, operativa, económicay legalmente.*

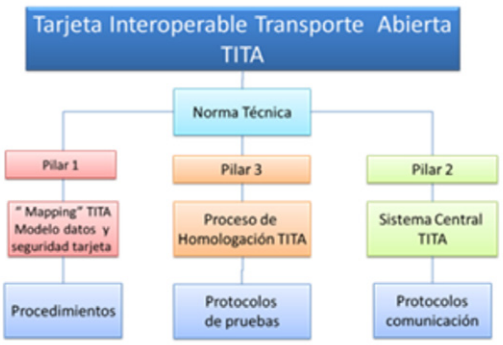
Tarjeta Interoperable de Transporte Abierta: Aunque desde el inicio de este siglo ya han sido implantadas muchas tarjetas de transporte es conveniente señalar que en muchos casos no se ha implementado tarjetas abiertas que debe cumplir tres criterios

a) Que la documentación del medio de pago esté en manos y sea propiedad de la Autoridad del Transporte y NO en manos de concesionarias, integradores de recaudo, consultores o ingenierías, y cualquier otro actor externo.

b) Que exista un procedimiento que permita que cualquier proveedor de componentes de recaudo (tarjetas, validadores, recargadoras, sistemas etc.) pueda suministrar estos componentes y de sustituir a proveedores existentes.

c) Que exista un Sistema central bajo el control de la Autoridad que reciba y procese todas las transacciones del medio de pago siendo toda la información almacenada propiedad y accesible por la autoridad y que los protocolos de comunicación documentados para entregar a los proveedores. Estos sistemas se apoyan en tres pilares:

Tabla 1: Conceptos básicos



Tarjeta EMV contactless ODA: La tarjeta bancaria tiene ventajas interesantes

a) No requieren que el ciudadano tenga que dotarse de una tarjeta de transporte para viajar, útil para visitantes,

b) Reduce la gestión y costes de distribución de tarjetas de transportes,

c) Es un sistema estandarizado, y

d) no requiere en principio tener que crear redes de recarga[1].

Las implicaciones a tener en cuenta en su implantación son:

• *Hardware y Firmware específico para EMV y para pago en transporte público:* Se requieren que los componentes HW/FW cumplan normativa (EMV nivel L1-2-3 y PCI-PTS y DSS) y requerimientos específicos para validar en el transporte público (modos KFT y MTT) *y sólo se puede implantar si se realiza una actualización completa de los Sistemas de Validación*.

• *Modelo ABT y fraude:* Puesto que los saldos de la tarjeta EMV están en la nube (modelo ABT) y la transacción es offline(ODA) existe el riesgo de que la tarjeta que esté validando no tenga saldo y esto exige implantar todo un proceso ágil de preautorizaciones y de listas negras que debe actualizarse en cuestión de minutos en todos los equipos del sistema y que tiene que existir acuerdos con las entidades financieras para compartir los riesgos económicos asociados.

• *Cumplimiento de EMV para transporte público:* No todos los sistemas financieros soportan las exigencias de VISA/MasterCard para transporte público. Antes de contratar un sistema financiero esto se debe tener en cuenta (en los TDR en la negociación etc.)

• *Los equipos son cautivos de la Plataforma o Procesador de pagos:* Los equipos de validación EMV se conectan a Plataformas de Servicios de Pago o procesadores que requiere unos niveles de seguridad PCI-DSS lo que implica que los equipos deben

1 Solo es necesario crear esas redes cuando el sistema EMV es el único medio de pago y se tiene que garantizar que el 100% de los viajeros tiene derecho a tarjeta EMV y que se pueda añadir saldos en cualquier lugar.

tener unas claves que pertenecen a la Plataforma de Servicios de Pago. Esto hace complejo el cambio de proveedor.

• *Modelo económico transaccional y Sistemas no son del operador:* Todo el modelo financiero se basa en el cobro por transacción y no en el cobrar el desarrollo de suministro de los sistemas, lo que tiene la ventaja de que no hay que hacer inversiones, a cambio de pagar comisiones por transacción y que la Autoridad no puede ordenar y contratar los cambios a medida del sistema.

• *La normativa bancaria está fuera del control de la Autoridad:* Esto implica que, si la normativa EMV exigiese cambios para poder seguir operando, todo el Sistema de Transporte se debe adaptar a ello lo que pueden representar

• *Control de las transacciones por la Autoridad, tokenización y ABT:* La Autoridad no puede tener acceso a las transacciones en el transporte con números de las tarjetas bancarias (PAN) porque la normativa bancaria no lo permite *y lo que deben manejar son token generados por el sistema*[3] y solo se puede conocer algunos dígitos del PAN. Además, para tarificar los desplazamientos con las tarjetas en base al Sistema Tarifario que se defina (por ejemplo, bono mensual) el Sistema debe enviar las validaciones en el transporte para que al final del día le Sistema Central de la Autoridad pueda calcular la tarifa a aplicar y enviar esta orden a la Plataforma de Servicios de pago. Esto requiere de plataforma ABT con un módulo tarificador.

• *La problemática del cambio de Plataforma de Servicios de Pago:* En el momento que se cambie de proveedor de Plataforma de Servicios de Pago para EMV ocurre que a) que los números de token de las tarjetas lo calcula cada Plataforma lo que hace inútiles estos números al migrar de proveedor b) Se tiene que modificar las claves y protocolo de comunicación de los equipos de validación de todo el sistema de transporte.

• *Códigos BIDI (Códigos QR y AZTEC):* Es muy interesante tener la posibilidad de usar códigos de barras bidimensionales como el código QR para viajar puestos que estos códigos no exigen disponer de tarjetas, se pueden usar celulares lo que facilita mucho que pueda ser utilizados por visitantes o usuarios del celular:

• *No existen modelos estandarizados:* No existen modelos estandarizado de QR como EMV, y si se estandariza a nivel de ciudad ya no es una solución tan automática como la tarjeta EMV. Además, como existen muchos servicios de QR por el mundo, si se quisiese implantar todos exigiría realizar múltiples desarrollos para aceptarlos. A cambio la Autoridad puede establecer una solución concreta por lo que puede tener el control (no como en EMV).

• *Existen muchas modalidades a elegir que se debe seleccionar:* La implantación de uso del QR tiene muchos modelos de implantación que se puede resumir en, a) QR en el medio de pago (papel, celular) o en el medio de transporte (en las paredes del vehículo, en la pantalla del validador), b) QR con derechos de viaje o identificador de unos saldos en la nube. Esto modifica las soluciones implementar (ej. QR no en el vehículo no exige cambiar los validadores).

• *Seguridad y Fraude y soluciones dinámicas:* Con el Código QR que puede ser copiado y enviado existe un riesgo fraude que con las tarjetas. Se debe crear capas de seguridad y QR dinámicos y se debe considerar saldos de prepago en la nube para garantizar saldos mínimos y listas negra ágiles.

• *Uso de otros soportes como la cédula de Identidad NFC:* Aunque esta solución todavía no está operativa en los transportes ya se está analizado la viabilidad de que el ciudadano no tenga que preocuparse por dotarse de tarjetas de transporte y pueda vincular su cédula de Identidad u otros documentos que se dispongan que tenga tecnología sin contacto a saldos prepagados en la nube sobre los que se podrán aplicar las tarjetas del Sistema Tarifario. Por lo tanto, estos sistemas se podrían describir como medios de pago ABT de prepago. Las características para tener en cuenta para implantar este medio de pago son básicamente.

• *Resolver los problemas legales asociados:* Se debe resolver los problemas legales por utiliza estos documentos para validar en el transporte y vincularlo a saldos en la nube y almacenar y transmitirlos, pudiendo ser necesario establecer mecanismos de seguridad como tokenización como se utilizan en el caso de las tarjetas EMV.

• *Gestión de la vinculación varios transportes al viajar o trasladarse ciudad:* Si la persona pasa a viajar o mudarse a otra ciudad se tiene que garantizar los procesos asociados y gestión de los saldos vinculados a la tarjeta.

• *Se puede hacer con los equipamientos existentes:* No se requiere como con tarjetas EMV o QR que se tenga sustituir los equipamientos. Cualquier validador que cumpla NFC podría leer el número de chip y la información asociada de DNI podría ser leída con las encriptaciones adecuadas y con cambios software.

• *Emulación de medios de pago en celulares y otros dispositivos:* Todos los medios de pago anteriores pueden ser emulados sobre celulares (tarjetas de transporte y EMV, cédulas de identidad, QR) y otros dispositivos, pero se debe tener en cuenta:

• *Intercambio inicial de comunicación diferente:* El celular es un dispositivo que tiene capacidad para tarjetas (ej. tarjeta de transporte y APPLE PAY) en el inicio de la comunicación y la respuesta a los comandos iniciales no es exactamente igual a la de una tarjeta, por lo que la emulación de los medios de pago en los celulares debe ser verificada en los equipos de validación y evitar rechazos o cobros indebidos (cobrar APPLE PAY en vez de la tarjeta de transporte).

• *Seguridad del medio de pago:* Un celular no es un entorno seguro y para poder emular la tarjeta se tiene que tomar medidas para garantizar que los datos y claves de la tarjeta no queda comprometido. Esto exige que la solución debe cumplir unos requisitos de seguridad adecuados.

• *Gran variedad de celulares y varios Sistemas Operativos:* Requiere una actualización constante de APPs por la evolución dinámica de este sector.

• *Distancia de lectura y tamaño de las antenas:* En entorno hardware (metales, componentes electrónicos) de los celulares el tamaño y localización de las antenas hace que la distancia de lectura de estos dispositivos sea inferior.

• *Problemática de la gestión del pago EMV con celulares:* Por seguridad las en el pago EMV en los celulares (ej. APPLE PAY) no utilizan en la comunicación con el validador el PAN original de la tarjeta si no el DPAN (Device PAN). Esto implica que el Token obtenido de este DPAN es diferente del correspondiente al, PAN de la tarjeta del usuario. Esto significa que en los Sistemas Centrales no se podrá saber que son la misma tarjeta PAN del usuario y eso complicará los procesos de gestión de las tarjetas, con el agravante de que ese DPAN es cambiado progresivamente con el tiempo.

• *Problemática de la fiscalización de EMV general y con celulares:* Además de todo lo anterior una vez se ha descrito la emulación de tarjetas con el celular es conveniente señalar las complejidades de la fiscalización de tarjetas EMV con las tendencias actuales puesto que

a) solo se puede conocer algunos dígitos del PAN

b) esos dígitos no se corresponderán con los del PAN que pueda mostrar el usuario en su aplicación del celular puesto que el celular ha utilizado su DPAN al validar, y

c) están ya surgiendo tarjetas que por seguridad no muestra en el PAN físicamente y

d) todo lo que se envía son token de los números PAN, pero si la validación de un celular es con el DPAN el token de ese DPAN es diferente al del PAN de la tarjeta.

3. MODELOS DE RECARGA Y GESTIÓN DE SALDOS EN LA NUBE

Mecanismos de Auto-Recarga Automática en validación (Auto Top-Up): Esto permite que el usuario pueda realizar una recarga automática cada vez que el saldo en su tarjeta baje por debajo de un umbral (ej. si el saldo de la tarjeta baja de 2 USD se recarguen automáticamente 5 USD). esto exige montar un servicio de cargo automático al usuario y un mecanismos de auto-recarga automática en dos variantes a) inmediata, en la que el validador detecta el saldo al validar, realiza la recarga y envía transacción al sistema que da la orden de cobro, o bien b) en la que el sistema central recibe el saldo de la tarjeta, comprueba su valor y lanza un cobro de la recarga al usuario y pone la tarjeta en Lista Blanca para recarga en los validadores, y cuando la tarjeta valide será recargada. Es una solución sencilla de implantar ya no tiene que preocuparse ya de recargar como si tuviese un saldo en la nube tipo ABT, pero con ejecutado con tarjetas de transporte convencionales.

Mecanismos de Auto-Recarga con el celular NFC: El usuario puede auto-recargarse su tarjeta con su celular NFC en cualquier momento (por la noche, mientras espera en la parada etc.) y además puede recargar a todos los miembros de la familia. Se requiere crear una plataforma de seguridad en la nube y que el celular NFC se conecte a esa plataforma y tener asociado los medios de pago de la recarga.

Soluciones basadas en ABT sin tarjeta EMV. Es posible crear un entorno ABT similar al de las tarjetas EMV con otros medios de pago (tarjetas de transporte, QR, cédulas de identidad...) pasando la tarjeta de transporte a ser un identificador de los saldos en la nube de la tarjeta[2]. Las consideraciones a tener en cuenta son:

• *No exige un cambio de Hardware ni cumplir la normativa EMV:* Permite implementarlo con equipamiento existente.

• *No se requiere Plataforma de Servicios de pago ni hay comisiones*, aunque se tiene que desarrollar el sistema a la medida.

• *Control total y desarrollo de sistemas:* La Autoridad tendrá el control total sobre la solución y su implementación y podrá evolucionarlo según convenga.

• *Puede ser prepago:* Se puede implementar en modo pre-pago de manera que el usuario debe adquirir saldo previamente para permitir que viaje, controlando en todo momento que el saldo sea suficiente. Este modelo podría ser exportable a EMV, pero no suele ser del gusto de las entidades financieras porque se percibe como uso indebido de las tarjetas.

• *Se puede aplicar Auto Top-Up.* Se puede aplicar mecanismos de autorecarga cuando el saldo en la nube baje por debajo de un umbral.

• *Se puede aplicar un modelo multimedio de pago:* Se puede hacer que el usuario pueda registrar diferentes medios de identificación (tarjeta de transporte, tarjeta EMV, QR, Cédula Identidad) y vincularlo al mismo viajero. Esto permitiría que en una ciudad que no todos los operadores acepten todos los medios de pago aun así se puede viajar con el saldo común ABT.

• *No es estándar:* Sin embargo, a cambio de todo lo anterior no será una solución estándar con seguridad bancaria, lo que no permitirá que un turista internacional puede utilizarla (aunque si es QR puede descargarse la APP) y además se tiene que construir la seguridad asociada en todo el sistema.

Se recomienda en general que los nuevo Sistemas de recaudo contemplen un modelo ABT general en el que un usuario se registre en el sistema configure todos los medios de pago y formas de crear un saldo en la nube y se construya un sistema completo ABT que tendrá en cuenta todos los componentes que se requiere (módulo de usuario recarga de saldos, módulo tarificador, módulos para cada medio de pago, módulo de rating del usuario, módulo de Auto Top-Up etc.)

a. La evolución hacia el Mobility as a Service (MaaS).

El MaaS como tal es un concepto que excede al transporte público puesto que consiste en que el viajero paga por el uso de los servicios y no por los medios para llevar a cabo en transporte y de hecho se entiende más en el concepto de vehículo privado

2 Existe modelos estandarizados como la TESC (Tarjeta Española Sin contacto que se basa en un modelo ABT siendo en realidad un token identificador instalable en tarjetas existentes, QR etc.

donde en vez de adquirir un auto y pagar la inversión y sus costes (seguros, impuestos, aparcamiento etc.) se paga el uso de un vehículo privado cuando se necesita. De hecho, el Transporte Público por su concepto en sí un MaaS puesto que todo el coste de la infraestructura del transporte no es abonada por el usuario que solo paga por los desplazamientos que realiza.

Por lo tanto, entonces la pregunta es ¿Que tienen que hacer que a efectos de MaaS los sistemas de recaudo de transporte público? La respuesta es que el transporte público debe asumir que es parte de la cadena de transporte de MaaS. Un ciudadano podría bajar en un vehículo de carsharing hasta llegar a la estación de tren de cercanías, al llegar al centro utilizar el metro o un bus y luego acercarse con una bicicleta pública en la última milla pagando todo como un único servicio y se calculasen sus tarifas con paquete global incluso con tarifas según los usos.

Un Sistema de recaudo que se debe preparar para diferentes opciones a nivel de MaaS, como la conexión con diferentes sistemas MaaS a los que transmitir las operaciones de los usuarios, aplicar sus listas negras, realizar conciliaciones de las operaciones y transferir saldos en caso de ingresos realizados.

En este sentido conviene recordar ciertos aspectos a considerar:

Cada sistemas de pago EMV maneja sus token por lo que si los sistemas de pago EMV utilizados en todos los servicios son diferentes los token obtenidos serán diferentes y la trazabilidad de las transacciones será compleja: Por ello se deberá diferentes modelos que faciliten esa interoperabilidad, además de que EMV asume que sus transacciones bancarias se agregarán para hacer un cargo bancario en su plataforma de transporte (TRANSIT) y no que se mezclaran con otras transacciones con otros medios de pago o incluso que transacciones bancarias no TRANSIT (por ejemplo pago en la nube por Autorecarga de saldos.

Los retos a considerar son la integración de los servicios de transporte, la integración de diferentes medios de pago con el mismo usuario y en especial la integración de pagos EMV TRANSIT con el resto de pagos.

La hoja de ruta a recomendar sería la siguiente:

Etapa 1 Diseño y normativa: que debe incluir el Diseño todo el sistema integrado y el plan de ejecución en 4-5 años y la elaboración de todos los pliegos de contratación y anexos técnicos inmediatos de los sistemas y la elaboración de la normativa técnica y reglamentación que obligue a la ciudad a cumplir los medios de pago en los plazos establecidos (ej. 4 años)

Etapa 2 Contratación: Proceso progresivo de migración de la ciudad en los siguientes años de todos los sistemas de recaudo de los operadores contratándose los proyectos en fases separadas para implementar los diferentes medios de pago por ejemplo (fase 1: tarjeta de transporte, fase 2. EMV y QR, fase 3: ABT, y Fase 4 de MaaS), y contratación del Sistema Central y de montar el sistema de certificación para ir verificando el cumplimiento de procesos por los integradores de recaudo.

Etapa 3 Supervisión, certificación y auditorias: Supervisión y certificación de toda la implantación e integración de todo el sistema durante todas las fases descritas y aplicación de auditorías de certificación de todas las anteriores.

4. REFERENCIAS

[1] Mastercard (2018), "CASE STUDY Contactless payments travel well in London", file:///C:/Users/epalma/Downloads/ContactlessTFLLondonCaseStudy.pdf

[2] Masabi (2025), "ABT: Account Based ticketing. Billetes vinculados a cuenta", https://www.masabi.com/es/billetes-vinculados-a-cuenta/

[3] Villar Iglesia A. (2018), Universidad Oviedo, *Desarrollo de servidor de tokenización para adaptación a normativa PCI de aplicaciones gestión de tarjetas de crédito*: https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/48079/TFM_LilianaVillarIglesias.pdf;jsessionid=82B7CF650F62DF0169A3D94BD640F258?sequence=6

PAGOS EMV INTEROPERABLES PARA EL TRANSPORTE PÚBLICO: PROPUESTA DE MARCO DE TOKENIZACIÓN

Vicente Simón Ballesteros y Antonio Carmona Ramos
Masabi - antonio.carmona@masabi.com

RESUMEN

Hasta ahora, el cumplimiento de PCI DSS en pagos EMV para el transporte público ha requerido usar los servicios de tokenización de cada procesador, generando esquemas distintos y claves por operador. Esto impide identificar de forma unívoca a un usuario cuando viaja entre operadores diferentes. Para lograr interoperabilidad multioperador existen varias opciones. Una es incluir los sistemas centrales de ticketing en el alcance PCI DSS, opción costosa por las exigencias de rediseño y refuerzo de seguridad. Otra es emplear un esquema común de tokenización: bien mediante un único proveedor de servicios de pago para todos los operadores –alternativa poco viable por las complejidades contractuales–, o mediante una entidad independiente que gestione la tokenización común, lo que aumenta costes operativos. Este trabajo propone un método normalizado para tokenizar tarjetas EMV sin contacto en transporte público que supera estas limitaciones. Utilizando partes del Certificado de Clave Pública, el PAR y datos adicionales, permite identificar de forma segura y exclusiva una tarjeta cEMV sin exponer PII, reduciendo costes y habilitando la interoperabilidad entre operadores y autoridades.

1. DEFINICIONES

Término	Definición
Autenticación de datos fuera de línea (ODA: Offline Data Authenticacion)	Esquema de seguridad que posibilita las transacciones de pagos con tarjetas sin conectividad. Se trata de un esquema de seguridad obligatorio para pagos EMV.
Certificado de Clave Pública (ICC ECC Public Key Certificate)	Clave pública de seguridad certificada por el emisor de una tarjeta bancaria, usando un certificado de seguridad almacenado en la citada tarjeta.
ECC (elliptic curve cryptography)	Criptografía de curva elíptica
EMV / cEMV	Tecnología de transacción de pagos sin contacto utilizada por las tarjetas de crédito y débito que incluyen un circuito integrado (IC) y sus equivalentes simulados en carteras virtuales (wallet), lo que posibilita al poseedor de la tarjeta efectuar operaciones de forma segura. "EMV" se refiere a Europay, Mastercard y Visa, las compañías que fueron las primeras en crear esta tecnología. Hoy en día, la tecnología EMV está bajo la administración de EMVCo, una entidad que agrupa a Mastercard, Visa, American Express, Discover, JCB y UnionPay.
Hash	Algoritmo matemático que transforma cualquier bloque arbitrario de datos en una nueva serie de caracteres con una longitud fija.
ICC (integrated circuit card)	Tarjeta con circuito integrado.
Modelo de Transacción de Movilidad y Transporte Público (MTT), o modelo acumulado	Modelo de Pagos de Transporte Público con tarjetas cEMV bajo el cual los usuarios pagan en función del uso real de los servicios de transporte público o movilidad. Los usuarios presentan su tarjeta cEMV al entrar y/o salir del sistema de transporte público, y la tarifa se calcula y cobra a posteriori. Esto permite la agregación de pagos durante un período específico, normalmente un día o semana, y la aplicación de descuentos o fare capping (límite de tarifa) en función del uso.
Número de identificación bancaria (BIN)	Los primeros seis u ocho dígitos del número de una tarjeta de pago. El BIN identifica la institución que emitió la tarjeta al titular de la tarjeta.
Pago por Uso o PAYG (pay as you go)	Sistema tarifario en el transporte público en el que el usuario es cobrado en función de la cantidad de viajes, la distancia recorrida o el tiempo de uso del servicio, a medida que realiza dichos viajes.
PAN (Primary Account Number)	Cuenta de Pago o Número de Tarjeta Bancaria.
PCI DSS (Payment Card Industry Security Standard)	Estándar de seguridad de datos de la industria de pagos con tarjeta.
PII (personal identifiable information)	Información personal identificable. (datos personales)
Plataforma de Servicios de Pago (PSP)	Sistema que permite a los usuarios realizar transacciones comerciales a través de internet, actuando como intermediarios entre el comprador y el vendedor, facilitando la seguridad del proceso de pago.
Referencia de cuenta de pago o Payment Account Reference (PAR)	Una referencia no financiera asignada a cada PAN único y utilizada para vincular una Cuenta de Pago representada por ese PAN a tokens de pago asociados.
Registro de identificador del controlador BIN ("ID del controlador BIN" o "BCID")	El identificador del controlador BIN se incluye como los primeros 4 caracteres del PAR e identifica de manera única al controlador BIN responsable de la gestión de PAR y de garantizar la singularidad dentro del ecosistema de PAR gestionado por el mismo.
Sistema de Bucle Cerrado (Closed Loop)	Un sistema de ticketing de bucle cerrado es aquel en el que los usuarios deben utilizar una tarjeta o aplicación específica emitida por el operador u autoridad responsable del sistema de transporte para pagar por sus viajes.

Término	Definición
Tarjeta cEMV	Tarjeta, tanto física como virtual, que permite el pago sin contacto empleando la tecnología EMV.
Tokenización de transacciones de pago	Proceso por el cual se reemplazan los datos del PAN por un valor que lo sustituye. El uso de este valor de sustitución, o token, proporciona un nivel mayor protección contra el fraude y el compromiso de los datos de la cuenta al eliminar el PAN de las partes potencialmente vulnerables del entorno de pagos.

2. INTRODUCCIÓN

El pago en sistemas de transporte público mediante tarjetas cEMV requiere en muchos casos el uso compartido de eventos de validación de estas tarjetas. El estándar PCI-DSS especifica que ciertos datos de la tarjeta deben ser cifrados cuando se comparten.

Con la creciente adopción de los pagos en el transporte público con cEMV, las autoridades y operadores necesitan un medio seguro y eficiente para identificar las transacciones y a los usuarios para hacer posible el pago por uso (PAYG) usando las tarjetas bancarias.

Como vamos a ver en detalle durante las siguientes secciones, los métodos convencionales de verificación de tarjetas ponen los datos necesarios para identificar al titular de la tarjeta y su cuenta detrás de un muro de seguridad de obligado cumplimiento para tratar datos sensibles, PCI. Esto deja en manos de las entidades de pagos el conocimiento del titular de la tarjeta que en este caso también es un viajero y usuario del sistema de transportes. Adicionalmente, no existe un método común de tokenización entre proveedores de servicios de pagos, lo que hace que una misma tarjeta sea tokenizada de forma diferente por cada uno de estos proveedores, haciendo imposible identificar a un mismo usuario que se desplace entre operadores.

Para poder devolver a las autoridades y operadores de transporte el conocimiento y gestión de usuarios de los sistemas de transporte público se hace necesario definir una forma alternativa a la que se usa en el sistema bancario del titular de la tarjeta y a la vez viajero y crear en paralelo a los identificadores usados por los sistemas bancarios un identificador o token para el sistema de transporte.

Este documento presenta un procedimiento de tokenización que utiliza fragmentos del ICC y datos del PAR para crear tokens exclusivos para aplicaciones de transporte público.

3. USO DE TARJETAS CEMV EN TRANSPORTE PÚBLICO

Las tarjetas cEMV, ya sean tangibles o replicadas en un dispositivo móvil, necesitan un sistema para identificarse de manera segura en los sistemas de transporte público sin revelar los datos íntegros de la tarjeta.

El estándar de seguridad de datos de la Industria de Tarjetas de Pago (PCI DSS) requiere la encriptación de los datos del poseedor de la tarjeta y, a su vez, restringe la

manera en que los operadores y autoridades de transporte público pueden manejar y guardar información.

3.1 Uso de Tarjetas cEMV en Transporte Público

Hoy en día, el uso de tarjetas cEMV en el transporte público (en modo MTT) presenta una serie de dificultades particulares que se han tratado de solucionar mediante la aplicación de un conjunto de normas:

- Cuando un usuario utiliza una tarjeta cEMV en el transporte público el funcionamiento es el siguiente:
  - El usuario presenta su tarjeta cEMV al acceder al sistema de transporte. Es común que los datos sensibles de esta tarjeta sean encriptados utilizando claves propias de transporte proveídas por un PSP desde el validador hasta el propio PSP.
  - La tarjeta cEMV se emplea para pagar en cada segmento de los viajes. Estas validaciones se tienen que convertir en tokens con datos no sensibles para poder ser enviadas al Sistema Central de ticketing.
  - El Sistema Central de Ticketing determina las tarifas que se aplicarán a cada tarjeta cEMV (origen destino, medios de transporte utilizados, y descuentos correspondientes) y se notifica al PSP encargado de realizar el cobro.

- En el transporte público, las validaciones cEMV se llevan a cabo utilizando el modelo de validación offline ODA, al que se le incorporan procesos de verificación de listas de aceptación/denegación. Este primer proceso de validación en terreno se complementa con una comunicación con el sistema central, al que se transmiten los datos requeridos para autorizar una transacción de pago (usualmente con valor cero).

- Hoy en día, para acatar el estándar PCI-DSS de pagos, las tarjetas cEMV se encriptan primero en el punto de validación y se tokenizan después en el PSP para transmitir los datos de estas al sistema central. Usualmente, este token se produce basándose en el PAN, mediante uno de los dos procedimientos siguientes:
  - Las PSP proveen un servicio de tokenización irreversible que se comunica a la autoridad u operador y que es vinculado al usuario para el cálculo de las tarifas correspondientes.
  - Los lectores cEMV de los equipos de validación generan un HASH irreversible del número PAN y este el número que maneja la autoridad u operador de transporte. El hash no es generado en el validador y no tiene el formato de un número PAN.
  - El hash o token generado en estos sistemas es distintivo para cada PSP y operador realizando el hash.

- Estas mismas reglas PCI impiden que dos comerciantes (“Merchant of Record”) diferentes, incluso usando el mismo PSP, utilicen las mismas claves de tokenización en sus dispositivos de validación.

3.2 Despliegues Actuales

Gran parte de los despliegues de soluciones de pago cEMV en el transporte público realizados hasta la fecha se han efectuado para un único medio de transporte

(usualmente el bus), y en numerosos casos, única y exclusivamente ofreciendo el billete simple para los usuarios de tarjetas cEMV.

Por lo tanto, se presenta una enorme oportunidad para fomentar la adopción de los pagos cEMV en el transporte público. Esta consiste en proporcionar a los usuarios de tarjetas cEMV las mismas tarifas que pueden adquirir con otros métodos de pago, como las tarjetas inteligentes de bucle cerrado, incluyendo las tarifas interoperables multioperador y multimodales.

3.3 Definición del Problema

Con el fin de poder utilizar las tarjetas bancarias como medio de pago, permitiendo la interoperabilidad entre múltiples operadores, y haciendo posibles políticas tarifarias que promuevan el uso del transporte público es necesario un Sistema Central de Nivel 4 en el que se reciban los viajes realizados con transacciones cEMV (tokenizadas). Solo una entidad de este nivel tendría la capacidad de aplicar las políticas tarifarias pertinentes y permitir la interoperabilidad (autobús urbano, metro, autobús metropolitano, entre otros).

No obstante, hay varios desafíos que se deben superar para hacer factible la interoperabilidad cEMV:

Varios métodos de tokenización o hashs utilizados en diferentes operadores

Las reglas PCI impiden que dos operadores u autoridades diferentes configurados como entidades comerciales independientes utilicen las mismas claves para tokenizar el PAN en sus dispositivos de validación, lo que de forma efectiva implica que los tokens siempre serán diferentes en caso de distintos acuerdos comerciales con PSPs.

En este contexto donde hay varios actores empleando distintos PSPs o tácticas de hashing empleadas para tokenizar, el Sistema Central de nivel 4 recibiría distintos tokens/hashs a través de la misma tarjeta, lo que dificultaría aún más la implementación de políticas tarifarias conjuntas e integradas.

Discernir qué PSP Procesa los Pagos Viajes

Es necesario que estos viajes multioperador sean cobrados a los usuarios como es lógico. Para hacer esto posible, la autoridad de transporte debe determinar el mecanismo empleado para pagar por estos viajes multioperador para todos los medios de transporte bajo su jurisdicción.

Para ello es necesario un mecanismo que establezca qué PSP se encargará de cobrar estos viajes. En el caso de emplearse varios PSPs, esto implica que el PSP seleccionado para estos viajes recibirá unos ingresos adicionales respecto a un viaje mono operador. A su vez, se reducirían potencialmente los ingresos de los otros PSPs involucrados en el viaje o viajes que no gestionen el pago de estos. Estos segundos podrían estar menos interesados en participar en un esquema interoperable.

Posiblemente, en España, dada la posición dominante de Redsys, este problema sea de menor intensidad.

Es necesario hallar un modelo de distribución de pagos cEMV que los PSPs puedan considerar aceptable, minimizando el coste total de la solución de pagos para este tipo de viajes multioperador.

Una posible solución sería que cada PSP se ocupe de los cobros de los operadores de transporte para los que gestionan los pagos y efectuar modificaciones sobre los mismos dependiendo de los otros tramos de viaje efectuado (y otros operadores involucrados en los mismos). Sin embargo, esta solución conlleva que los usuarios sean facturados con múltiples cargos por el mismo viaje, con la confusión que esto puede generar en ellos, y el incremento de comisiones por los mencionados ajustes.

Soluciones de Tokenización Propuestas hasta la Fecha

1) Incluir dentro del alcance PCI DSS los distintos sistemas centrales de ticketing involucrados en sistemas interoperables, lo que tendría importantes cambios de diseño y arquitectura de los sistemas existentes, lo que acarrearía unos costes elevados, lo que hace esta solución a efectos prácticos altamente improbable.

2) Emplear el esquema de tokenización de un procesador de pagos común. En la práctica, esta opción es poco plausible ya que requeriría la contratación pública sincronizada de autoridades regionales, y locales y de otros ámbitos, así como que operadores privados o concesionarios se adhirieran a los mismos.

3) introducir una nueva solución externa de tokenización común a todos los operadores e independiente de los servicios de un proveedor de pagos, con el consiguiente incremento de los costes operativos del esquema interoperable.

Propuesta de Solución a la Tokenización Múltiple

Este documento presenta una solución de tokenización compartida, autónoma del PSP y de bajo coste de operación, sin la necesidad de incorporar un nuevo participante en el ecosistema de pagos cEMV de transporte y que quede fuera del alcance de la regulación de pagos PCI DSS, para poder usar este token sin estar sujeto a las restricciones impuestas por esta regulación.

4. MARCO DE TOKENIZACIÓN PROPUESTO

Para solventar estos retos, el marco sugerido se sirve de dos componentes de datos fundamentales:

• **Fragmento del ICC:** Una versión recortada del certificado de clave pública ICC que asegura la verificación segura de la tarjeta.

• **PAR++:** Un identificador compuesto que incluye el PAR, además de números escogidos del PAN, la fecha de caducidad de la tarjeta y el número de secuencia.

Al darle prioridad a PAR++, la solución conserva un identificador consistente en todos los procesos de actualización de tarjetas digitales, asegurando así una validación de tarifas sin contratiempos y previniendo el fraude. Además, este procedimiento disminuye la demanda de operaciones criptográficas complejas en los equipos de validación, lo que reduce los tiempos de validación, eliminando demoras en el procesamiento y asegurando la capacidad de flujo de pasajeros.

4.1 Certificado de Clave Pública ICC

La Clave Pública ICC está formada por una serie de datos almacenados en el chip de una tarjeta cEMV (ya sea física o virtual). Es un elemento crítico en las transacciones de pago empleado en la verificación de datos fuera de línea (ODA), como un sistema de protección frente a acciones fraudulentas como la clonación de tarjetas y las operaciones no permitidas.

Al iniciar una transacción de pago cEMV, el terminal de pago (en este escenario, una validadora) solicita a la tarjeta que genere una "firma" digital usando su clave privada, corroborando dicha firma con la clave pública presente en el certificado de clave pública ICC. Si las firmas coinciden, el terminal de pago verifica que la tarjeta es auténtica.

4.1.1 Generación del Fragmento ICC

El fragmento ICC se genera simplemente tomando los primeros 20 bytes del certificado cifrado de clave pública ICC en la etiqueta 9F46.

4.1.2 Potencial Obstáculo

En la actualidad, el lector EMV no guarda dato alguno del certificado de clave pública del ICC ni lo incluye en los datos de la transacción que se envían al sistema de ticketing. Por tanto, para implementar el esquema de tokenización propuesto es necesario llevar a cabo una de las siguientes actualizaciones software de los lectores para:

- Capturar los datos íntegros del certificado de clave pública ICC y remitirlos al sistema central con los datos de la transacción, o
- Recoger y recortar el certificado de clave pública ICC para crear el fragmento ICC e incorporar este fragmento en los datos de la transacción transmitidos al sistema central.

4.2 Elementos del PAR++

El PAR++ es un identificador alfanumérico formado por la concatenación de los siguientes datos:

- Referencia de la cuenta de pago (PAR)

- Primeros 6 dígitos del número de cuenta principal (PAN) de la tarjeta

- Últimos 4 dígitos del número de cuenta principal (PAN) de la tarjeta

• Fecha de caducidad del PAN

• Número de secuencia del PAN.

El formato y la localización de estos elementos se muestra en detalle en la tabla siguiente:

Elemento	Formato	Etiqueta EMV	Comentarios
Referencia de cuenta de pago (PAR)	ANS 24	9F24	Extraíble de: • Tarjeta cEMV al validarla • Respuesta de autenticación • Servicio de búsqueda del Controlador BIN. Es posible que no sea posible obtener PAR a través de ninguno de estos mecanismos para determinadas tarjetas físicas.
Número de cuenta principal (PAN)	CN (variable hasta 19)	5A	Capturar el PAN completo implicaría que el PAR++ estuviera dentro del alcance PCI DSS. Por lo tanto, se extrae lo siguiente: • Primeros 6 dígitos (número de identificación del emisor) • Últimos 4 dígitos
Fecha de caducidad del PAN	AAMMDD	5F24	
Número de secuencia del PAN	2	5F34	

4.3 Identificación Inequívoca de Tarjetas cEMV

La implementación del PAR surge como una solución para identificar a los usuarios inequívocamente, dado que en el contexto de los monederos electrónicos se realiza una actualización automática (“tumbling”) de las medidas de seguridad de las tarjetas cEMV emuladas en dispositivos móviles.

Siempre es posible puede identificar de manera única una tarjeta cEMV mediante el uso del fragmento ICC o el PAR++, dando prioridad al PAR++. Esto se debe a que ciertos mecanismos de seguridad, incluyendo la verificación de datos fuera de línea (ODA), se actualizan de manera periódica en las tarjetas cEMV emuladas, y por tanto también lo hace el certificado de clave pública ICC y, por consiguiente, también se modificará el fragmento derivado ICC.

5. CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD Y PRIVACIDAD

El estándar sugerido se ajusta a las directrices de PCI DSS y GDPR, asegurando que todos los datos compartidos se mantengan aislados de la información de identificación personal (PII). Adicionalmente, la solución suprime la necesidad de una entidad central de administración de claves, lo que disminuye los peligros de seguridad y la carga operativa. El procedimiento de tokenización también asegura que la información guardada no sea se encuentre dentro del alcance de las normas PCI DSS, lo que alivia

las necesidades de procesos para el aseguramiento de estos datos para las autoridades y operadores de transporte.

Por último, el marco incluye principios de que minimizan la necesidad de captura de datos con el fin de evitar el almacenamiento innecesario de datos de tarjetas. Asegura el acatamiento de las normativas mundiales de privacidad, como el GDPR de la Unión Europea y marcos legales parecidos a nivel mundial, limitando el acceso a los datos a las entidades autorizadas para el procesamiento de datos. Para potenciar aún más la privacidad, el marco implementa métodos de cifrado y hashing para salvaguardar la información almacenada.

6. VENTAJAS Y RETOS DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

6.1 Ventajas

Los beneficios clave de este marco de tokenización propuesto incluyen:

• *Mayor Seguridad:* Salvaguarda la información de los titulares de tarjetas a través de la tokenización en vez de usar los datos íntegros de las mismas.

• *Reducción de Costes:* Minimiza los gastos operativos y de capital al simplificar las necesidades de tratamiento de datos.

• *Interoperabilidad:* Facilita una integración óptima con la infraestructura de transporte actual y proveedores de lectores cEMV, sin generar ninguna latencia adicional.

• *Escalabilidad:* Permite una variedad extensa de esquemas de transporte, incluyendo la interoperabilidad entre regiones para desplazamientos transfronterizos y sistemas de límites de tarifas (fare capping).

• *Reducción de fraude:* Minimiza los peligros de ataques repetitivos y operaciones no permitidas al asegurar que los tokens sean consistentes incluso para tarjetas cEMV emuladas de forma independiente de los detalles íntegros de la tarjeta.

• *Optimización de la experiencia del usuario:* Ofrece una experiencia más ágil y sin fricciones para los pasajeros.

6.2 Reto

Pese a sus beneficios, la puesta en marcha del marco de tokenización propuesto se topa con el principal desafío de la necesidad de actualización del software de los dispositivos de validación y sistemas centrales de ticketing de operadores y autoridades de transporte para tokenizar tarjetas cEMV de acuerdo con el esquema sugerido.

En este sentido, esta propuesta cuenta con el respaldo de la Organización Internacional de Estandarización (ISO) que ya trabaja en un estándar de tokenización de tarjetas cEMV para su uso en soluciones de transporte público en el que precisamente se basa

el presente documento y que puede suponer el impulso definitivo para la adopción de la propuesta de tokenización aquí descrita.

7. CONCLUSIÓN

Este documento ofrece una perspectiva estandarizada, escalable y segura para la tokenización de tarjetas cEMV en el sector del transporte público. Las autoridades y operadores de transporte público, al utilizar los fragmentos ICC y los identificadores PAR++, pueden asegurar una validación segura, eficaz e interoperable de tarjetas cEMV sin revelar la información privada de los usuarios.

PONENCIA: "VIADUCTOS Y CONECTIVIDAD: INGENIERÍA PARA UNA NUEVA MOVILIDAD URBANA EN LIMA"

Jorge Velasquez Guevara
Director de la división de Infraestructuras del Transporte de la empresa Consultora *Técnica y Proyectos SA*. Sucursal del Peru (*TYPSA*), Lima – Perú, email: jvelasquez@typsa.es

RESUMEN

Lima se ubica entre 4.º y 7.º lugar de las ciudades más congestionadas del mundo según el índice TomTom Traffic®, debido al tiempo adicional que los conductores pierden por la congestión vehicular. Esto genera una pérdida media de 153 horas anuales por conductor, equivalente a 18 días laborales, con impactos económicos y sociales significativos. La Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional estima pérdidas superiores a USD 7 900 millones al año, lo que representa el 2.6 % del PBI del Perú. El tráfico en Lima constituye uno de los principales desafíos urbanos, originado por una infraestructura vial insuficiente, el crecimiento acelerado del parque automotor y un sistema de transporte público informal y desarticulado. La falta de planificación urbana, coordinación institucional y fiscalización efectiva agrava el problema. Si bien se han implementado medidas parciales, como ampliaciones viales y control del tránsito, su impacto ha sido limitado, evidenciando la necesidad de una estrategia integral y sostenida. Desde la ingeniería, se proponen soluciones basadas en la optimización de la infraestructura vial, la gestión inteligente del tráfico y el uso de tecnologías avanzadas. El desarrollo del transporte masivo, como el metro subterráneo y los sistemas BRT con vías exclusivas, se consideran las medidas más efectivas. Asimismo, la mejora de intersecciones, la gestión de carriles y la implementación de sistemas inteligentes de transporte (ITS) permiten reducir demoras, mejorar la seguridad y avanzar hacia una movilidad urbana sostenible.

1. INTRODUCCION

La movilidad urbana constituye uno de los grandes desafíos contemporáneos de las metrópolis latinoamericanas. En el caso de Lima, la combinación entre expansión urbana descontrolada, un sistema de transporte fragmentado y un parque automotor en crecimiento constante ha configurado una de las situaciones de congestión más críticas del mundo. Según el índice TomTom Traffic 2024, Lima ocupa entre el cuarto y séptimo lugar entre las ciudades más congestionadas del planeta, con una velocidad promedio de apenas 18 km/h durante las horas punta. Esta situación afecta la vida personal de los conductores, quienes pierden alrededor de 51 días al año de "tiempo familiar", equivalentes a las tres horas diarias que podrían pasar en casa tras la jornada laboral.

En este contexto, la ingeniería de transporte y las tecnologías inteligentes emergen como herramientas decisivas para rediseñar la movilidad, optimizar las infraestructuras y generar ciudades más sostenibles. El presente documento expone una mirada integral sobre las soluciones de ingeniería y las innovaciones tecnológicas aplicadas a la movilidad urbana, complementadas con experiencias internacionales y los principales proyectos en desarrollo en el Perú.

2. PROBLEMÁTICA DE LA MOVILIDAD URBANA

La movilidad en Lima enfrenta un conjunto de desafíos estructurales que se han agudizado con el paso del tiempo. Las causas principales de la congestión y el ineficiente sistema de transporte urbano pueden resumirse en cuatro factores determinantes: crecimiento urbano desordenado, déficit de infraestructura, falta de integración institucional y dependencia excesiva del vehículo privado.

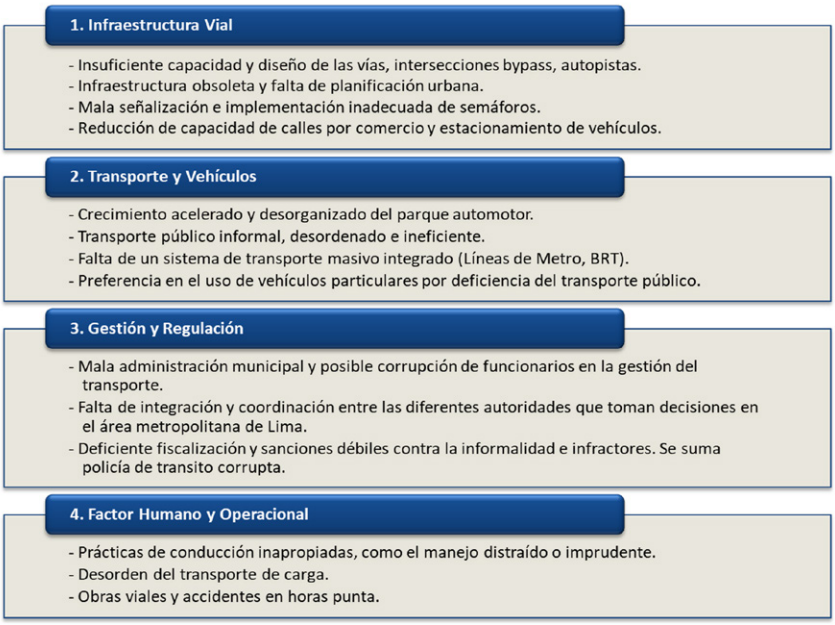
El crecimiento urbano desordenado ha permitido que la ciudad se expanda sobre terrenos periféricos de manera informal y sin planificación. Este proceso, que se intensificó a partir de la década de 1980, ha dado lugar a asentamientos alejados de los centros de empleo y educación, generando trayectos diarios extensos y costosos. La ausencia de un plan metropolitano de movilidad ha propiciado además un transporte urbano informal, caracterizado por unidades antiguas, rutas superpuestas y falta de control en la oferta y demanda de servicios.

El déficit en infraestructura vial y transporte masivo constituye otro de los ejes críticos del problema. Lima carece de una red integrada de transporte público de alta capacidad. Si bien existen avances como el Metropolitano y la Línea 1 del Metro de Lima, estos sistemas son insuficientes para atender la demanda de más de 10 millones de habitantes. Asimismo, la limitada cobertura de vías expresas, pasos a desnivel y corredores viales eficientes ha generado cuellos de botella persistentes en las principales avenidas de la ciudad.

La falta de integración entre los distintos modos de transporte agrava esta situación. Las instituciones encargadas de la planificación y gestión de la movilidad —como el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), la Autoridad de Transporte Urbano (ATU) y municipalidades— operan frecuentemente de manera descoordinada, lo que

impide articular políticas comunes entre transporte público, privado y no motorizado. Esta fragmentación institucional deriva en ineficiencias operativas y sobrecostos en la gestión del tráfico. A continuación, un cuadro que resume la problemática y sus causas:

Figura 2: principales causas de la problemática del tráfico en Lima



Finalmente, La fuerte dependencia del automóvil es un problema estructural en Lima, donde el diseño urbano prioriza su uso sobre peatones, ciclistas y transporte público. Con más de 1.5 millones de vehículos en circulación, la red vial está saturada, generando mayor consumo energético, contaminación y pérdida de competitividad económica.

Un estudio de *Compare The Market*® ubica a Perú como el 2do país con los peores conductores del mundo. El ranking se elabora considerando factores como el índice de tránsito, la calidad de las carreteras y el cumplimiento de las normas, entre otros.

3. SOLUCIONES DE INGENIERÍA

Las soluciones para enfrentar la crisis de movilidad en Lima apuntan a que deben ser integrales, sostenibles y adaptadas al contexto local. Estas estrategias combinan intervenciones físicas en la infraestructura, medidas de gestión del tráfico, y el uso de tecnologías inteligentes que permitan optimizar los flujos y mejorar la eficiencia del sistema.

Características que deben cumplir las soluciones al tráfico de Lima:

Integrales: Lo que implica integrar los distintos medios de transporte público para lograr un sistema conectado y eficiente, planificar el crecimiento urbano mediante barrios compactos y bien comunicados, aplicar tecnologías inteligentes que optimicen los flujos de tránsito y sincronicen los semáforos, y regular y formalizar el transporte informal.

Sostenibles: Es decir, fomentando la micromovilidad a través de ciclovías y otros medios alternativos, mejorando e incrementando la capacidad del transporte público existente, y promoviendo la reducción de emisiones mediante la movilidad limpia.

Adaptadas al contexto local: Ajustándose a la infraestructura actual y sus limitaciones, considerando el crecimiento poblacional y la densidad urbana, y diseñando propuestas que sean viables y accesibles según la realidad social y económica de Lima.

Las Soluciones de Ingeniería las podemos clasificar en 5 tipos:

3.1 Transporte público masivo y eficiente (BRT, Metro, Tren):

Uno de los pilares fundamentales para la mejora del tránsito en una ciudad es la modernización del transporte público masivo. Se refiere a sistemas de transporte que mueven grandes cantidades de personas de manera rápida, económica y sostenible, con el beneficio de reducir el uso del auto privado, mejorar la calidad del aire y disminuir los tiempos de viaje.

Sistemas como el Bus Rapid Transit (BRT), el metro y los trenes suburbanos permiten desplazar grandes volúmenes de pasajeros con menor huella ambiental y mayor seguridad, ambos son clave para reducir el uso del automóvil privado, origen del 60% de la congestión.

Respecto al sistema de buses BRT, se tienen experiencias como TransMilenio en Bogotá o Metropolitano de Lima, que demuestran que la expansión de estos sistemas reduce drásticamente el uso del vehículo privado y mejora la calidad del aire urbano, cuya característica es el uso de buses en carriles exclusivos, con estaciones modernas y frecuencias altas.

El caso específico del Metropolitano de Lima representa un avance en este sentido, aunque su cobertura aún es limitada y a la fecha ya ha sobrepasado su capacidad de servicio, como se muestra en la imagen adjunta.

Figura 3: Corredor Metropolitano de Lima

Fuente de la fotografía: Izquierda: Infobae.com. Derecha: www.ojo.pe/actualidad

En cuanto a los sistemas de metro en Lima, la Línea 1 del Metro ya demostró beneficios en reducción de tiempos y opera desde 2012 con más de 600 mil pasajeros diarios y busca ampliar su capacidad. La Línea 2, primer metro subterráneo del país, registra 69% de avance y ya tiene un tramo operativo desde 2023. Al completarse, La Línea 2 movilizará hasta 2,5 millones de pasajeros diarios en 35 km subterráneos.

Adicionalmente la Autoridad para el Transporte Urbano de Lima (ATU) ha presentado un mapa de proyección de las líneas 1 al 6 del metro en la ciudad de Lima, que representan una inversión de 25,000 millones de dólares, como se muestra en la imagen:

Figura 4: Mapa de propuestas para el sistema de transporte Masivo 2030

Fuente de la imagen: Autoridad para el Transporte Urbano de Lima y Callao

Complementariamente existen Trenes suburbanos o regionales, que conectan ciudades con áreas periféricas, reduciendo el uso del auto (ejemplo: los trenes de cercanías en Madrid o Buenos Aires). En Lima se tiene la proyección de los trenes Lima – Ica hacia el sur y Lima – Barranca, hacia el norte.

3.2 Infraestructura vial optimizada y semaforización inteligente

En conjunto, estas medidas logran más seguridad, mayor capacidad vial y mejor fluidez, aplicando tanto soluciones de diseño físico (intersecciones, pasos a desnivel) como tecnológicas (señalización inteligente) tiene el enfoque de modernizar las calles y el control de tráfico para mejorar la fluidez vehicular con ello lograr el beneficio de reducir los cuellos de botella y la congestión en horas punta.

Las soluciones consisten en:

3.2.1 Infraestructura optimizada

La implementación de infraestructura vial busca mejorar la eficiencia y seguridad del tránsito urbano mediante rediseños físicos y una mejor organización del espacio vial. Su propósito es lograr una circulación más fluida, reduciendo demoras, accidentes y puntos de conflicto. Incluye medidas como el rediseño geométrico de intersecciones, construir

pasos a desnivel y otros, la gestión de carriles y la separación de flujos vehiculares y peatonales. Estas acciones incrementan la capacidad vial y aprovechan mejor la infraestructura existente. En Lima, se viene propiciando la construcción de viaductos en avenidas importantes para aumentar la capacidad vial sin requerir nuevas expropiaciones.

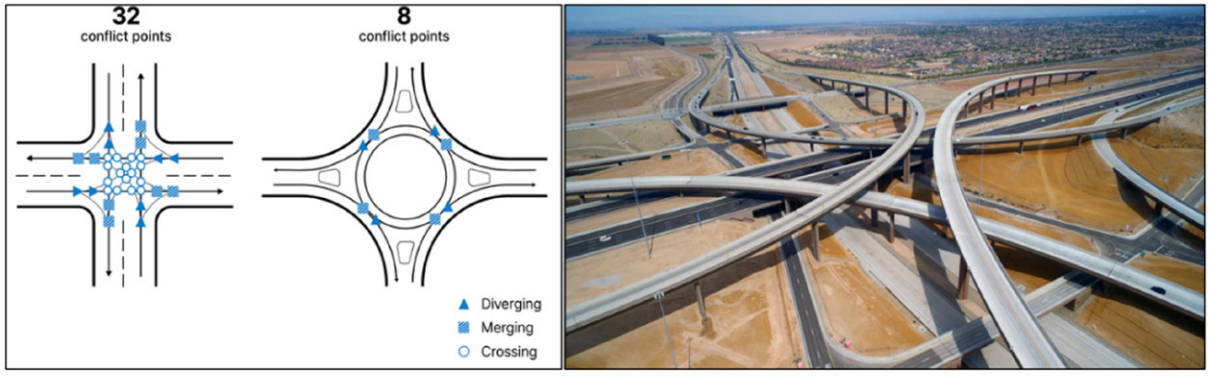
En cuanto a infraestructura, tenemos los siguientes tipos:

a) Rediseño geométrico de intersecciones

Consiste en modificar la forma y diseño de cruces viales para que los vehículos y peatones se desplacen de manera más eficiente y segura. Teniendo el objetivo de reducir los puntos de conflicto, acortar tiempos de espera y mejorar la visibilidad. A continuación, algunos ejemplos de medidas:

- Conversión de intersecciones semaforizadas en rotondas para agilizar el flujo.
- Creación de accesos directos o carriles de giro exclusivos.
- Ampliación de radios de giro en esquinas para transporte pesado.
- Un ejemplo real de esta implementación se encuentra en los EE. UU. donde se usan turbo-rotondas para ordenar mejor los giros y disminuir accidentes, reduciendo los puntos de conflicto, como se observa en la imagen abajo.

Figura 5: Soluciones de ingeniería en Intersecciones – Arizona



Fuente de la imagen: Izquierda: https://www.txdot.gov/; Derecha: Typsa.com/proyectos

b) Gestión de carriles

Se refiere a la organización y asignación de los carriles para diferentes tipos de tránsito teniendo como objetivo mejorar la capacidad de la vía y evitar interferencias entre distintos flujos. A continuación, algunos ejemplos de esta gestión:

- Carriles rápidos (express lanes) para quienes pagan peaje dinámico.
- Carriles exclusivos para buses (BRT).
- Carriles HOV (High Occupancy Vehicle) reservados para autos con más de un pasajero.
- Segregación física de ciclovías o tránsito pesado.
- Un ejemplo real de esta implementación se observa en la autopista Interestatal 5 cerca de Shoreline, donde tiene carriles segregados/con cobro electrónico dinámico.

Figura 6: Ejemplo de carril HOV/segregado

Fuente de la imagen: commons.wikimedia.org

c) Separación de flujos

Implica evitar que distintos movimientos vehiculares se crucen en un mismo

nivel teniendo como objetivo eliminar choques directos y reducir embotellamientos.

A continuación, algunos ejemplos de esta aplicación:

- Pasos a desnivel (viaductos o túneles) para separar giros e intersecciones.
- Distribuidores viales que permiten flujos continuos sin detenerse.
- Cruces peatonales elevados o subterráneos para seguridad de los peatones.

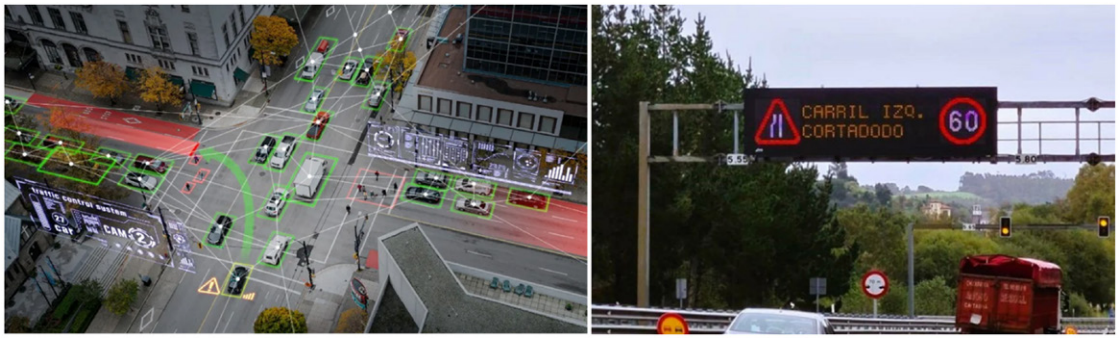
Un ejemplo real de esta implementación se observa en el distribuidor vial de El Trébol en Lima o los *Enlaces* de la autopista interestatal I-10 en USA.

3.2.2 Semaforización Inteligente:

La semaforización inteligente se convierte en un aliado clave para la gestión del tránsito urbano. A través de sensores y plataformas digitales, los semáforos ajustan sus tiempos en función del flujo vehicular, reduciendo la congestión y mejorando la seguridad peatonal. Sistemas como el ATSAC de Los Ángeles o el sistema SCOOT (Split Cycle Offset Optimization Technique) de Londres, que ajusta los semáforos en tiempo real según la densidad del tráfico, han demostrado reducciones de hasta 15% en los tiempos de viaje y 25% en las emisiones contaminantes.

Asimismo, el uso de señalización y control dinámico consiste en aplicar tecnologías inteligentes que regulen el tránsito en tiempo real. Se considera como objetivo de estas aplicaciones el dar información actualizada a los conductores y ajustar el tráfico según la demanda.

Figura 7: Semaforización inteligente y Paneles de Mensaje Variable



Fuente de la imagen: Izquierda: ilunion.com; Derecha: laniavisuals.com

Algunos ejemplos de esta aplicación:

- Paneles de Mensaje Variable (PMV) que informan accidentes, desvíos o tiempos de viaje.
- Semáforos inteligentes que cambian ciclos de vehículos según el flujo detectado por sensores.
- Gestión dinámica de carriles, donde algunos se abren o cierran según la hora punta, como por ejemplo en la autopista I-66 en Virginia donde utiliza señalización dinámica para habilitar carriles reversibles.
- Ejemplos reales de esta implementación se observan en: Los Ángeles, donde el sistema ATSAC coordina miles de semáforos en tiempo real; en Lima se aplican olas verdes en avenidas principales.

3.3 Movilidad activa e intermodalidad (bicis, caminatas, scooters)

Se promueve el uso de modos de transporte sostenibles y saludables, y su integración con el transporte masivo, teniendo además el beneficio de fomentar ciudades más humanas y reducción de emisiones contaminantes. Esta referido a:

- Movilidad activa: fomentar caminar y usar bicicleta mediante ciclovías seguras, peatonalización de calles y espacios públicos accesibles.
- Scooters y micromovilidad: servicios de patinetes eléctricos compartidos que permiten viajes cortos.
- Intermodalidad: facilidad para combinar diferentes modos de transporte (ejemplo: usar bici hasta una estación de metro, luego tren, y después scooter).

3.4 Cobros por congestión y gestión de demanda

Vinculado a políticas que desincentivan el uso del auto privado en zonas o momentos de alta congestión, esto beneficia en reducir el tráfico en zonas críticas y promueve el uso de transporte público o compartido. Se refiere mayormente a:

- Cobro por congestión: tarifa para ingresar con auto a áreas centrales (ejemplo: Londres, Estocolmo, Milán).
- Peajes urbanos o dinámicos: precios que varían según la hora o el nivel de tráfico (ejemplo: autopistas con “express lanes” en EE. UU.).
- Gestión de demanda: programas como teletrabajo, horarios laborales escalonados o promoción del carpool.

3.5 Planificación urbana orientada al transporte (TOD – Transit Oriented Development)

Esta gestión promueve un modelo de ciudad más sostenible y eficiente, donde el desarrollo urbano se organiza en torno a los sistemas de transporte masivo. Este enfoque busca integrar vivienda, trabajo, comercio y espacios públicos en zonas próximas a estaciones de metro, tren o BRT, reduciendo la necesidad del uso del automóvil y favoreciendo los desplazamientos a pie o en bicicleta. Su aplicación impulsa barrios compactos, mixtos y bien conectados, que mejoran la calidad de vida urbana. Además, contribuye a disminuir la congestión, las emisiones contaminantes y los tiempos de viaje, fomentando un crecimiento urbano más ordenado y resiliente frente al cambio climático.

- Ejemplo: en ciudades como Curitiba (Brasil) o Portland (EE. UU.) se han desarrollado corredores urbanos densos alrededor del transporte público.

4. INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

El avance tecnológico está redefiniendo el concepto de movilidad urbana. La innovación tecnológica se ha convertido en un eje clave para transformar la movilidad urbana hacia un modelo más eficiente, seguro y sostenible. Los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) integran herramientas digitales como sensores, cámaras, semáforos inteligentes, paneles de mensajería variable y sistemas automáticos de gestión de incidentes, permitiendo una supervisión en tiempo real del tránsito y una respuesta inmediata ante congestiones o emergencias. Asimismo, la aplicación de la inteligencia artificial (IA) y el análisis de datos masivos facilitan la optimización de los flujos vehiculares y la priorización dinámica de carriles y fases semafóricas, mejorando significativamente la fluidez y reduciendo los tiempos de viaje.

Experiencias internacionales, como la ciudad de Singapur, pionera en el uso de peajes electrónicos y gestión predictiva del tráfico mediante IA. En ciudades como Los Ángeles y Seattle, se han desarrollado centros de control de tráfico que utilizan inteligencia artificial y algoritmos predictivos para ajustar automáticamente los tiempos de los semáforos en función del flujo vehicular, logrando reducciones de hasta 20% en los tiempos de viaje. En Ámsterdam, la estrategia "Smart Mobility" conecta sensores urbanos, cámaras y datos de transporte público con una plataforma digital que gestiona en tiempo real la circulación, prioriza el transporte sostenible y reduce emisiones contaminantes.

Por su parte, en la gestión de diseño de los proyectos de Ingeniería de transporte, la metodología BIM (Building Information Modeling) se ha convertido en una herramienta esencial en la ingeniería moderna. Permite integrar disciplinas de diseño, modelar en 3D y prever interferencias constructivas antes de la ejecución de obras. En proyectos de infraestructura vial, BIM ha reducido hasta un 20% los costos de error y ha acelerado la toma de decisiones. TYPSA, la empresa consultora de ingeniería ha aplicado esta metodología en proyectos como la Vía Expresa Santa Rosa, en Lima, logrando un nivel de coordinación sin precedentes.

Figura 8: Puente en la Vía expresa Santa Rosa - Lima

Fuente de la imagen: Typsa.com/proyectos

5. PROYECTOS EN EL PERÚ y EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

En el Perú, TYPSA ha tenido una participación activa en proyectos viales de alto impacto en la reducción del tráfico en la ciudad de Lima. Por ejemplo, la vía expresa Línea Amarilla, es una de las infraestructuras viales más importantes de Lima, concebida para aliviar la congestión del centro de Lima y la via de Evitamiento. Con 9 Km de extensión, la vía incluye un túnel de 1,800 metros bajo el río Rímac y 11 viaductos.

Por otro lado, la Vía Expresa Santa Rosa es una vía rápida de 3.8 km de longitud que conectará la Costa Verde con el Aeropuerto Jorge Chávez, reduciendo notablemente los tiempos de viaje hacia el terminal aéreo. Su diseño permitirá el acceso al nuevo aeropuerto y descongestionando el tráfico en el Callao. Además, incorpora ciclovías, áreas verdes, paraderos y zonas comerciales, mejorando el entorno urbano.

Luego, el proyecto Anillo Vial Periférico de Lima, actualmente en desarrollo, propone una vía rápida de 34.8 km que rodee la ciudad, descongestionando el centro urbano y conectando los principales polos económicos con criterios de movilidad sostenible y resiliencia urbana. Además, se tiene otras iniciativas de infraestructura vial (viaductos) que ha propuesto el INVERMET como el caso de la Av. Javier Prado en Lima.

La experiencia global de TYPSA en el diseño y supervisión de infraestructuras viales con más de 24.000 km de proyectos de carreteras relacionados con la mejora y fluidez del tráfico, permite observar casos de éxito en distintos contextos urbanos como el proyecto de Circunvalación (Rodoanel) Mário Covas que descongestiona gran parte del tránsito de la ciudad de Sao Paulo, en Brasil, junto a otras en 50 países del mundo.

6. CONCLUSIONES

La transformación de la movilidad urbana en Lima requiere una visión integral que combine infraestructura moderna, tecnología inteligente y una planificación urbana

coherente. La ingeniería civil, apoyada en herramientas digitales y modelos de gestión avanzada, puede convertir la congestión actual en una oportunidad de modernización. Los viaductos, los sistemas de transporte masivo y las soluciones ITS representan la base técnica sobre la cual se puede construir una ciudad más eficiente, segura y sostenible. El futuro de Lima pasa necesariamente por un rediseño estructural de su movilidad, donde la ingeniería actúe como catalizador del desarrollo social.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco Mundial (2023). "Movilidad Urbana Sostenible en América Latina". Washington, D.C.

BID – Banco Interamericano de Desarrollo (2022). "Transporte y Desarrollo Urbano Integrado: Lecciones de América Latina".

TomTom Traffic Index (2024). "Ranking mundial de congestion". Tomtom.com

Autoridad de Transporte Urbano para Lima y Callao – ATU (2023). "Diagnóstico del Sistema de Transporte Metropolitano".

TYPSA (2024). "Infraestructuras de Transporte y Movilidad Sostenible". Typsa.com

World Bank Blogs (2023). "Urban Transport Challenges in Developing Cities".

ALATPU

Tecnológico de Monterrey

Ponencias

Logística Urbana

DESAFÍOS DE INTEGRACIÓN CIUDAD-PUERTO EN CHILE: CONTEXTO Y PERSPECTIVAS

Henry Malbrán Rojas
Ingeniero Civil, Especialista en Logística y Puertos
San Antonio, Chile
hmr20@mi.cl

RESUMEN

Muchos de los puertos comerciales de América Latina nacieron antes que las ciudades que habitan y, en este sentido, las semillas de conflictos y divergencias ciudad puerto estuvieron presente desde temprano en el desarrollo logístico de muchos países. La relación entre el sistema "ciudad" y el sistema "puerto" se desarrolla a través del sistema "logístico" asociado al puerto, y todo sistema logístico portuario en su última etapa debe utilizar la infraestructura de transporte de la ciudad (la "última milla"). Si el sistema de transporte urbano no está preparado o diseñado para atender los flujos de vehículos de carga con origen o destino en el puerto, la movilidad de las personas y las mercancías propias de la ciudad se verán crecientemente afectadas. Este es el factor determinante inicial de los conflictos ciudad-puerto. A ello se contrapone la necesidad de los países de crecer económicamente lo que a su vez suele implicar la ampliación de la capacidad portuaria de una nación. En Chile se ha tomado la decisión de construir un nuevo puerto de gran escala en el entorno de San Antonio, que ya es una ciudad-puerto. ¿Cómo se abordarán los desafíos de la relación ciudad puerto en este nuevo escenario? Se discuten aquí algunas de las iniciativas y medidas generales que se desarrollan ahora y en el futuro para Puerto San Antonio, utilizando como guía las Recomendaciones 2030 de la "Asociación Internacional de Ciudades y Puertos" (AIVP).

1. INTRODUCCION

Muchos de los puertos comerciales de América Latina nacieron antes que las ciudades que habitan y, en este sentido, las semillas de conflictos y divergencias ciudad puerto estuvieron presente desde temprano en el desarrollo logístico de muchos países. En el caso de Chile, los puertos de Valparaíso y San Antonio son claros ejemplos de ello. Primero, surgieron los puertos –en los albores de la historia nacional– para aprovechar las escasas ensenadas de aguas tranquilas y profundas que existían en las cercanías de los principales centros de población, producción y consumo de la zona central del país (la capital, Santiago, entre ellas). Luego surgieron las ciudades, inicialmente en torno a la actividad portuaria, pero posteriormente desarrollando su propia dinámica de crecimiento físico y económico fundadas en muchas actividades, no solo las portuarias. De esta manera, los requerimientos de crecimiento, inversión y operación de las ciudades y de los puertos empezaron a divergir en distintos ámbitos y los esfuerzos de coordinación se hicieron cada vez más difíciles y onerosos.

Varios otros factores agravaron esta divergencia. Uno de ellos fue la diferencia de dinámica de crecimiento y evolución entre el sistema "ciudad" y el sistema "puerto". La velocidad con que la ciudad crece y se desarrollo es mucho menor que la velocidad con que evolucionan los puertos modernos, entre otras cosas, porque estos últimos están sometido a cambios tecnológicos y estrés económicos y competitivos que exigen adaptaciones muy rápidas a nuevas realidades, que no son igualmente urgentes para las ciudades. Como consecuencia, los puertos pueden florecer o decaer, de manera mucho más rápida que el ritmo a que las ciudades pueden surgir o perder dinamismo, y ello crea brechas de priorizaciones y voluntades institucionales difíciles de cerrar.

Las relación más evidente –no la única– entre el sistema "ciudad" y el sistema "puerto" se desarrolla a través del sistema "logístico" asociado al puerto. Es decir, del conjunto de infraestructura de transporte (vial, ferroviaria, fluvial, bodegas y otros); modos de transporte (camiones, ferrocarriles y otros) y subsistemas de comunicación, que permite la entrada y salida de la carga que se transfiere en el puerto y que va hasta su destino final o viene desde su origen en el "hinterland". Ahora bien, todo sistema logístico portuario en su última etapa (o en la primera) debe utilizar la infraestructura de transporte de la ciudad (lo que en la literatura técnica se conoce como la "última milla"). Y como es inmediato, si el sistema de transporte urbano no está preparado o diseñado para atender los flujos de vehículos de carga con origen o destino en el puerto, la movilidad de las personas y las mercancías propias de la ciudad se verán crecientemente afectadas. Considérese además que pocas veces las ciudades –al menos así es en Chile– han resuelto adecuadamente la operación de sus propios sistemas de transporte urbano, con lo cual los flujos de carga asociados al puerto solo agudizan el problema.

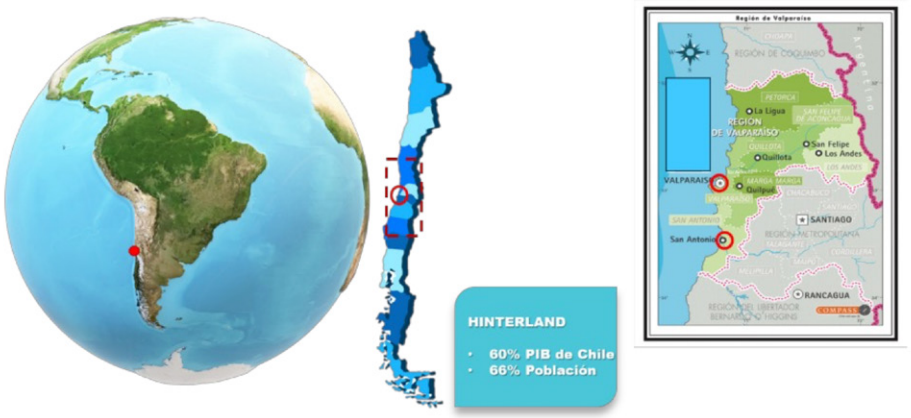
Otro factor importante en la relación ciudad puerto proviene de la importancia más nacional y estratégica que los puertos suelen tener, en comparación con el interés más local y cotidiano de las urgencias del transporte de las ciudades-puerto. Esta disparidad es especialmente importante en países como Chile, donde la priorización de proyectos y recursos todavía está muy centralizada y la coordinación de los intereses locales y nacionales no está suficientemente desarrolladas.

A estos factores de conflicto ciudad-territorio que tienen larga data en la historia de muchos países, en las últimas décadas se agregaron al menos dos condiciones adicionales inescapables. Por una parte, la necesidad de una "licencia medio ambiental" requerida por todos los grandes proyectos nuevos. Y por otra, la "licencia social", que en la práctica implica coordinar la aprobación de las comunidades y mitigar cualquier externalidad negativa asociada a la materialización de los proyectos.

A todos estos factores (y otros que pueden agregarse) que hacen compleja la relación ciudad-puerto, se contrapone la necesidad de los países de crecer económicamente. Habitualmente tal crecimiento implica incrementar el comercio exterior lo que a su vez suele implicar la ampliación de la capacidad portuaria de una nación. Como se verá, Chile se encuentra justamente en esta encrucijada.

Por razones geográficas y económicas el sistema portuario chileno está claramente delimitado en tres zonas: en el norte del país, los puertos están dedicados fundamentalmente a la exportación de minerales y en el sur los puertos de la bahía de Talcahuano se especializan a las exportaciones de agroindustria, la madera, celulosa y derivados. Pero es en la zona central donde se transfieren la mayor parte de las exportaciones e importaciones de bienes manufacturados de Chile, utilizando mayormente contenedores. Es en esta zona central donde están localizados los puertos de San Antonio y Valparaíso, los más importante del país.

Figura 1. Localización de los Puertos de San Antonio y Valparaíso en Chile



Fuente: Eleboración propia.

Según advierten las proyecciones de demanda, la actual oferta portuaria de la zona central de Chile (que incluye los puertos de San Antonio y Valparaíso) será superada por la demanda de transferencia de contenedores, en los primeros años de la década de 2030. Debido a ello, el Estado de Chile ha dispuesto la construcción de un nuevo puerto (el proyecto Puerto Exterior) al sur de la bahía de San Antonio, adyacente a las instalaciones portuarias actuales. Este nuevo puerto contará con dos terminales especializados en transferencia de contenedores, con una capacidad de movilizar hasta 3 millones de TEUS cada uno, con lo cual prácticamente se doblará la capacidad actual del complejo portuario San Antonio Valparaíso a mediados de la próxima década.

Tomada la decisión de construir un nuevo puerto de gran envergadura, para abordar creciente demanda de servicios portuarios en la zona central de Chile, en el entorno de una ciudad-puerto que ya existe como San Antonio ¿Cómo se abordarán los desafíos de la relación ciudad puerto –discutido antes– en este nuevo escenario? En este trabajo se discuten algunas de las iniciativas y medidas que se desarrollan ahora y en el futuro para Puerto San Antonio, utilizando como guía metodológica las Recomendaciones 2030 de la "Asociación Internacional de Ciudades y Puertos" (AIVP).

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE PUERTO SAN ANTONIO

Actualmente, Puerto de San Antonio ya es el más importante de Chile en términos de transferencia de carga y contenedores, cumpliendo un rol estratégico en el comercio exterior. Está localizado al norte de la desembocadura del río Maipo, a 87 km al sur de Valparaíso y a 109 km al oeste de Santiago. El Puerto está protegido por un molo de abrigo que permite operar la mayor parte del año. El siguiente cuadro muestra la evolución de la demanda en los últimos 5 años.

Cuadro N 1: Carga transferida en Puerto San Antonio 2020-2024 (toneladas)

Año	Contenedor	Carga Fraccionada	Carga General	Graneles Líquidos	Graneles Sólidos	Total Puerto	TEUS
2020	15.713.076	470.602	**16.183.678**	1.162.597	4.674.066	**22.020.341**	**1.571.274**
2021	18.931.189	703.581	**19.634.770**	1.162.644	4.295.227	**25.092.640**	**1.840.458**
2022	16.771.296	594.830	**17.366.125**	1.137.501	4.024.148	**22.527.775**	**1.693.262**
2023	14.995.488	426.769	**15.422.257**	1.130.174	4.448.730	**21.001.161**	**1.540.538**
2024	17.600.074	440.943	**18.041.017**	959.407	4.209.59	**23.209963**	**1.814.488**

Fuente: EPSA

Proyecto Puerto Exterior de San Antonio

El proyecto Puerto Exterior, especializado en transferencia de contenedores, estará ubicado al sur de la bahía de San Antonio, adyacente a las instalaciones portuarias actuales. Incluirá un nuevo molo de abrigo, una dársena, dos frentes de atraque de 1.730 metros de largo, espacio de acopio y conexiones terrestres adecuados para permitir la logística y movilización eficiente de la carga. (Figura 2)

El diseño del Puerto Exterior considera la construcción de dos nuevos terminales con capacidad para transferir hasta 3 MM TEUS/año cada uno. El primero (Terminal T1 Mar) ocupará el sector oeste del Puerto Exterior y el segundo (Terminal T2 Tierra) el este, cada uno con sus respectivos accesos viales y ferroviarios directos para facilitar la entrada y salida de la carga. Cada terminal se desarrollará en dos fases con capacidad de 1,5 MM TEUS/año. El diseño de Puerto Exterior prevé su entrada en operaciones en etapas sucesivas a partir del año 2036, culminando la totalidad el año 2046.

Figura 2 Esquema General del Puerto Exterior de San Antonio

Fuente: EPSA

Cada terminal contará con sus respectivos accesos viales y ferroviarios directos para una conexión logística eficiente con el hinterland. La conexión vial se realizará, principalmente, a través de la Ruta 78 (Autopista Santiago San Antonio) y la Ruta 66 (Camino de la Fruta). Ambas rutas se encuentran actualmente concesionadas a empresas privadas.

La conexión ferroviaria se hará a través de un nuevo Corredor Ferroviario de Carga, especializado en transporte de contenedores, de alta frecuencia, capacidad y estándar operativo, que unirá los terminales de Puerto Exterior con un Centro de Intercambio Modal (CIM), localizado en la comuna Padre Hurtado, en la Región Metropolitana (Santiago). Lógicamente, el desarrollo del Corredor Ferroviario debe estar enteramente coordinado con el desarrollo de Puerto Exterior, tanto en términos físicos (infraestructura) como operativos (servicios de transporte)

3. DESAFÍOS DE LA RELACIÓN CIUDAD -PUERTO EN SAN ANTONIO

La magnitud y complejidad de la operación actual de Puerto San Antonio generan tensiones en la relación ciudad–puerto, en materias de gobernanza, movilidad, impactos ambientales y calidad de vida urbana. Con más razón, cuando se inicie la construcción de Puerto Exterior y posteriormente, cuando entre en operaciones.

En este escenario, la Agenda 2030 de la Asociación Internacional de Ciudades y Puertos (AIVP) propone un marco analítico y normativo para orientar la planificación del puerto San Antonio, bajo criterios de sostenibilidad territorial y desarrollo integrado[1].

1 La Asociación Internacional de Ciudades y Puertos (AIVP) es una organización internacional que reúne a ciudades portuarias, autoridades portuarias, gobiernos locales, empresas y universidades, con el objetivo de promover el desarrollo sostenible, la integración ciudad-puerto y el intercambio de buenas prácticas entre puertos y ciudades (la Empresa Portuaria de San Antonio es integrante de esta organización). La AIVP define 10 objetivos estratégicos, alineados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, pero adaptados específicamente a la realidad ciudad–puerto.

Fortalecimiento de la Gobernanza

Uno de los ejes centrales de la Agenda 2030 de la AIVP es el fortalecimiento de la gobernanza ciudad–puerto, entendida como un sistema de coordinación multinivel y multisectorial que permita alinear los objetivos portuarios con las políticas urbanas y regionales. En el caso de San Antonio, donde las decisiones portuarias poseen efectos que trascienden la escala comunal, resulta fundamental consolidar mecanismos institucionales de articulación entre la Empresa Portuaria San Antonio, el gobierno local, el Gobierno Regional y el Estado central.

En el marco de la Ley N° 19.542 de 1998 (de modernización del sector portuario estatal) se estableció el Consejo de Coordinación Ciudad-Puerto San Antonio (CCCP-SA), una instancia institucional de articulación del desarrollo portuario con el desarrollo urbano y territorial de la ciudad de San Antonio. Lo integra la Empresa Portuaria San Antonio (EPSA), Municipalidad de San Antonio, Gobierno Regional, Ministerios sectoriales (Transportes, Vivienda, Obras Públicas, Medio Ambiente, entre otros).

El CCCP-SA no es un órgano ejecutivo ni decisor, sino coordinador y consultivo. Aunque es un organismo relativamente nuevo en San Antonio, se espera que en el futuro próximo su capacidad de influencia en las relaciones ciudad-puerto vaya ampliándose paulatinamente.

Desarrollo económico sustentable

Desde la perspectiva del desarrollo económico sostenible, la Agenda AIVP plantea que los puertos deben actuar como catalizadores del desarrollo territorial. En San Antonio, ello implica avanzar hacia una mayor integración entre la actividad portuaria, el empleo local y la estructura productiva regional, mediante el fortalecimiento de encadenamientos logísticos, servicios especializados y capacidades empresariales locales.

El proyecto de Puerto Exterior representa una oportunidad para profundizar este enfoque, procurando una distribución más equilibrada de los beneficios económicos derivados de la expansión portuaria y contribuyendo a la diversificación productiva del territorio. Se estima que cuando Puerto Exterior entre en operaciones su hinterland albergará al 66% de la población de Chile y en ese entorno geográfico se producirá el 66% del PGNB nacional.

Empleo y Capacitación

Respecto a estos tópicos, la Agenda 2030 de la AIVP subraya la necesidad de anticipar los efectos de la automatización y la transformación tecnológica en el sector portuario. En el caso de San Antonio, tanto la infraestructura existente como el futuro Puerto Exterior requieren políticas de formación y reconversión laboral, orientadas al desarrollo de competencias en logística avanzada, digitalización, mantención de infraestructuras complejas y gestión ambiental. Este enfoque asegura la inclusión de la fuerza laboral local en un contexto de modernización portuaria asociada a Puerto Exterior.

Calidad de Vida y Movilidad

La calidad de vida urbana y la movilidad constituyen dimensiones fundamentales en la relación ciudad–puerto en San Antonio. El intenso tránsito de carga pesada, la congestión vial y las externalidades ambientales impactan de manera significativa en el espacio urbano. En coherencia con los lineamientos de la Agenda AIVP, se observa una orientación progresiva hacia la segregación funcional de los flujos logísticos y urbanos, mediante el desarrollo de accesos especializados, corredores de carga y el fortalecimiento del transporte ferroviario.

El diseño del Puerto Exterior refuerza este principio, en particular al desarrollarse conjuntamente con un Corredor Ferroviario, que permitirá el acceso independiente de la carga al puerto y reducirá el impacto y la congestión sobre la red vial de la ciudad de San Antonio. Cada terminal marítimo de Puerto Exterior tendrá una parrilla de cinco líneas férreas, cuatro de ellas diseñadas para recibir y atender trenes de 1.200 metros de largo con dos locomotoras, 65 carros de doble estiba y capacidad de transportar 260 TEUS/tren (la quinta línea permitirá las maniobras de las locomotoras). En el otro extremo, el CIM actuará como el terminal oriente del Corredor, donde también se atenderán, cargarán y descargarán los trenes. Su diseño considera una superficie cercana a 100 hectáreas, con capacidad de manejo y acopio de hasta 2,5 MM TEUS/ año y servicios logísticos adicionales. Se estima que el Corredor llegará a transportar hasta el 40% de los contenedores que se transferirán en Puerto Exterior.

Cambio Climático, Energía y Medio Ambiente

La adaptación al cambio climático, la gestión ambiental integrada y la transición energética constituyen ejes fundamentales de la Agenda 2030 de la AIVP. Dada la exposición de San Antonio a riesgos costeros y eventos extremos, la planificación portuaria debe incorporar criterios de resiliencia climática, eficiencia energética y protección de los ecosistemas marinos. En este sentido, el Puerto Exterior ofrece la posibilidad de integrar desde su fase de diseño soluciones tecnológicas avanzadas, tales como electrificación de muelles, uso de energías renovables y sistemas de monitoreo ambiental permanente, alineándose con estándares internacionales de sostenibilidad portuaria.

El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) ha desempeñado un rol central en la obtención de la licencia ambiental del Proyecto Puerto Exterior de San Antonio, ya que es el principal instrumento de la institucionalidad ambiental chilena para la evaluación de proyectos de infraestructura de gran escala con potenciales impactos significativos sobre el medio ambiente y el territorio. Dada la magnitud, complejidad y carácter estratégico del proyecto, su ingreso al SEIA mediante un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) permitió abordar de manera integral los efectos ambientales, sociales y urbanos asociados a su construcción y operación.

El proceso de evaluación ambiental posibilitó la identificación sistemática de impactos sobre componentes fundamentales del sistema costero y urbano, incluyendo el medio marino, la biodiversidad, la dinámica litoral, la calidad del aire, el ruido y la relación ciudad–puerto. A partir de esta evaluación, el SEIA estableció un conjunto de medidas de mitigación, reparación y compensación, las cuales se transformaron en condiciones

obligatorias para la ejecución del proyecto, otorgando un marco regulatorio claro y exigente para su desarrollo.

Participación Ciudadana

La Agenda AIVP enfatiza la relevancia del vínculo con la ciudadanía y la construcción de una identidad ciudad–puerto basada en la transparencia, la participación y el reconocimiento del puerto como actor territorial. En el caso de San Antonio, el fortalecimiento de estrategias de comunicación, educación portuaria y compensación urbana resulta fundamental para avanzar hacia una relación más colaborativa entre la infraestructura portuaria y la comunidad local.

El SEIA constituyó el principal mecanismo institucional de participación ciudadana, permitiendo canalizar las preocupaciones de la comunidad local respecto de los impactos ambientales, urbanos y sociales del Puerto Exterior. Si bien este proceso no elimina los conflictos inherentes a proyectos de esta naturaleza, contribuye a transparentar la toma de decisiones y a exigir respuestas formales de las empresas frente a las observaciones ciudadanas.

4. CONCLUSIONES

La dificultad para desarrollar una relación armoniosa entre un puerto de envergadura y la ciudad donde habita tiene diversos orígenes y complejidades. Se levantan desafíos relacionados con los diferentes objetivos y vocaciones del puerto y la ciudad. El sistema logístico asociado a la operación del puerto utiliza la infraestructura de transporte de la ciudad y a menudo ello implica conflictos. Por otra parte, la necesidad de crecimiento económico del país a menudo también implica aumentar sus capacidades portuarias, tensionando más la relación ciudad puerto. Es el caso de el Puerto Exterior de San Antonio, que debe construirse y operar en el entorno de una ciudad que ya tiene bastantes problemas de la operación del puerto actual, que se va a ampliar significativamente.

El proyecto Puerto Exterior ha sido sometido a un riguroso proceso de Evaluación Ambiental que aún no termina, pero que en Chile es obligatorio para obtener la licencia "ambiental" y "social" que permita materializar el proyecto. Se discuten en este trabajo algunas iniciativas en este sentido.

Para organizar esta discusión se utilizan como guía las propuestas de la Agenda 2030 de la AIVP aplicadas específicamente al Puerto de San Antonio y al proyecto de Puerto Exterior. La idea es articular una visión de desarrollo portuario más allá de la eficiencia operativa, incorporando de manera sistemática dimensiones sociales, urbanas y ambientales. Este enfoque resulta esencial para consolidar un modelo de crecimiento portuario compatible con los principios de sostenibilidad, equidad territorial y gobernanza integrada de largo plazo.

BIBLIOGRAFIA

Asociación Internacional de Ciudades y Puertos (AIVP). 10 objetivos para ciudades portuarias sostenibles. Agenda 2030. www.aivpagenda2030.com

UN-Habitat (2020). Integrating Ports into Urban Development.

CEPAL (2022). Infraestructura portuaria, logística y sostenibilidad.

CEPAL (2020). Gobernanza portuaria y desarrollo sostenible en América Latina.

Ministerio del Medio Ambiente (Chile) (2021). Guía para la Evaluación de Impactos Ambientales Acumulativos.

Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (2025) Estrategia Nacional de Distribución Urbana de Mercancías

Sánchez, J. (21 de enero de 2020). ¿Cómo están innovando las ciudades y puertos en movilidad y gobernanza?. Portal Portuario

REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA Y METODOLOGÍAS VDC: INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA PLANIFICACIÓN Y SUPERVISIÓN DEL MONORRIEL Y TELEFÉRICO DE SANTIAGO DE LOS CABALLEROS

Ing. Juan Rafael Gil Medina, MSc, MBIM, Doctorando – Director de Sala Técnica
Concremat Engenharia e Tecnologia S.A., Santiago de los Caballeros / Santo Domingo, República Dominicana. Correo: juan.gil@concremat.lat

Arq. Enrique Méndez, MSc – Director Técnico
FITRAM – Fideicomiso para el Desarrollo del Sistema de Transporte Masivo, Santo Domingo, República Dominicana. Correo: emendez@fitram.gob.do

RESUMEN

La modernización del sistema de transporte público en Santiago de los Caballeros, mediante la ejecución del Monorriel y el Teleférico, ha exigido pasar de esquemas tradicionales de coordinación de obra a entornos digitales integrados. En este marco se está implementando —aún en fase de despliegue— una estrategia que combina BIM en dimensiones 4D/5D/6D, principios VDC y realidad virtual inmersiva, con el propósito de mejorar la planificación, la revisión interdisciplinaria y la comunicación del proyecto. El flujo propuesto parte del modelado disciplinar en Revit/InfraWorks, continúa con la federación y detección de interferencias en plataformas tipo Navisworks, y se vincula con Synchro para la simulación de tiempos y costos; sobre ese modelo coordinado se monta un entorno VR que permite a la Sala Técnica, a las autoridades y a los equipos de supervisión recorrer estaciones, viaductos y áreas de integración antes de su construcción real. Esta integración busca reducir el riesgo de reprocesos en obra, acelerar la toma de decisiones en sesiones conjuntas y ofrecer una visualización comprensible para actores no técnicos. Aunque el trabajo todavía está generando sus primeros casos de uso, los resultados iniciales muestran que la VR puede convertirse en una vista más del mismo modelo BIM–VDC, fortaleciendo la trazabilidad de las decisiones y la transparencia del proyecto frente a la ciudadanía, y posicionando a Santiago como referencia regional en aplicación de entornos inmersivos para movilidad urbana.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de transporte masivo que se están implementando en Santiago de los Caballeros —particularmente el Monorriel y el Teleférico— representan un cambio de escala en la forma en que la ciudad planifica su movilidad y articula su desarrollo urbano. Al tratarse de infraestructuras lineales, elevadas y con múltiples disciplinas concurrentes (arquitectura, estructuras, electromecánica, operación, seguridad, urbanismo), la coordinación temprana entre los actores se vuelve crítica para evitar sobrecostos, interferencias en obra y retrasos en la puesta en servicio. En este escenario, la adopción de metodologías digitales como BIM (Building Information Modeling) y VDC (Virtual Design and Construction) deja de ser un complemento y pasa a ser el medio operativo para diseñar, revisar y supervisar.

Figura 1. Vista aérea de E09 estación central, transbordo monorriel, teleférico y buses

La experiencia desarrollada por la Sala Técnica vinculada a FITRAM y a las empresas de consultoría e ingeniería que acompañan el proyecto ha mostrado que el uso aislado de modelos BIM no es suficiente cuando se debe comunicar la solución a perfiles muy distintos: autoridades, diseñadores, fiscalización, constructores y ciudadanía. Por ello se incorporó un ecosistema de realidad virtual inmersiva conectado a los modelos federados, de modo que las estaciones, viaductos y áreas de integración pudieran recorrerse antes de construirse, detectando inconsistencias y facilitando la toma de decisiones en tiempo real.

Este trabajo presenta el enfoque metodológico utilizado para integrar BIM en dimensiones 4D/5D/6D con herramientas VDC y con entornos de realidad virtual, aplicado específicamente al caso del Monorriel y el Teleférico de Santiago. Se describen las fases de modelado y coordinación, los flujos de información entre plataformas (Revit,

InfraWorks, Navisworks, Synchro, visores VR) y, sobre todo, los usos estratégicos que la realidad virtual permitió: simulación de recorridos, visualización de interferencias, apoyo a la supervisión y mejora de la comunicación con actores no técnicos.

Finalmente, se discuten los principales resultados obtenidos: reducción de riesgos técnicos por anticipación de conflictos, optimización de tiempos de revisión en sala técnica y fortalecimiento de la aceptación social del proyecto al ofrecer una experiencia comprensible del sistema de transporte antes de su construcción. Esta experiencia se propone como referencia para futuros proyectos de movilidad en el Caribe y América Latina que busquen combinar innovación tecnológica con gobernanza urbana.

2. MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

Los proyectos de transporte masivo urbano han pasado, en los últimos años, de modelos 2D y coordinación documental a entornos de datos comunes donde la información geométrica, técnica y de gestión convive en un solo flujo. Esta transición ha sido impulsada por la madurez del BIM como metodología y por el enfoque VDC, que introduce la dimensión de "construcción virtual previa" para reducir la incertidumbre en obra. En el caso de infraestructuras lineales como un monorriel o un teleférico urbano, esta evolución es especialmente relevante porque intervienen muchas especialidades, hay interferencias físicas recurrentes (pilas, vigas, estaciones, sistemas MEP, seguridad contra incendios) y la trazabilidad de decisiones debe quedar registrada para los entes públicos.

En paralelo, la disponibilidad de tecnologías inmersivas (VR, visores autónomos, motores gráficos conectados a modelos BIM) abrió la posibilidad de que esa misma información, ya estructurada bajo BIM/VDC, pudiera "verse" y "recorrerse" por públicos no técnicos. Es decir, la teoría de coordinación digital encontró un aliado en la visualización inmersiva: lo que antes era una colisión detectada en Navisworks puede hoy mostrarse a un director de proyecto, a una autoridad o a una comunidad dentro de un recorrido virtual entendible. Este es el punto de partida del presente trabajo.

2.1 Evolución de BIM y VDC en proyectos de infraestructura

El BIM nació asociado a la edificación, pero su adopción en infraestructura se consolidó cuando los modelos dejaron de ser solo representaciones geométricas y pasaron a ser contenedores de información para planificación, estimación de costos, mantenimiento y operación. En esa evolución, las dimensiones 4D (tiempo) y 5D (costos) fueron claves porque permitieron vincular el modelo con el cronograma constructivo y con las partidas presupuestarias, haciendo posible simular escenarios de construcción y sus impactos financieros.

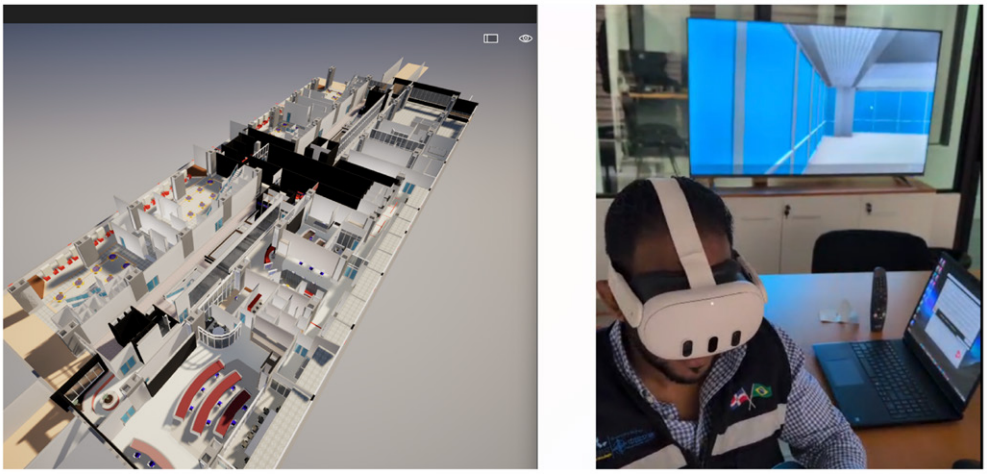
El VDC, por su parte, sistematiza esa idea: antes de construir físicamente, se construye digitalmente, integrando diseño, planificación, construcción y operación en un solo entorno colaborativo. Para infraestructura de transporte esto significa coordinar longitudinalmente (a lo largo del trazado) y transversalmente (entre disciplinas) con reglas claras: nomenclaturas, niveles de detalle, convenciones de interferencias, matrices de responsabilidad y salas técnicas periódicas. La experiencia de proyectos

latinoamericanos recientes ha demostrado que, cuando BIM y VDC se aplican de manera conjunta, se reduce la cantidad de cambios en obra y se acelera la aprobación de planos y modelos por parte del ente rector.

Figura 3. Modelo de viaducto sobre mapeo lidar en tramo del proyecto monorriel

En el caso de Santiago, esta evolución se expresa en tres capas: (a) modelado disciplinar en plataformas como Revit/Civil 3D/InfraWorks; (b) federación y coordinación en herramientas tipo Navisworks o plataformas CDE; y (c) explotación del modelo para supervisión, licitación y comunicación. Es sobre esta tercera capa donde se inserta la realidad virtual como medio de consulta y validación.

Figura 2. Consulta y recorrido modelo del centro control de operaciones del proyecto monorriel previa a su ejecución



2.2 Rol de la realidad virtual inmersiva en gestión de proyectos

La realidad virtual aplicada a infraestructura no es solo "visualización bonita"; su valor de gestión está en que toma el modelo coordinado y lo pone en un formato cognitivo accesible. Un gerente de proyecto, un funcionario municipal o un representante

comunitario puede entrar al modelo, recorrer la estación, ver alturas libres, salir al viaducto, entender la relación con el espacio público y detectar de inmediato si hay decisiones de diseño que generan conflicto (accesibilidad, evacuación, paisajismo, afectación a terceros). Esto acelera la validación porque reduce la brecha entre lenguaje técnico y lenguaje de gestión.

Figura 4. Visualización de unión de estructuras metálicas del proyecto

Además, la VR inmersiva facilita la revisión colaborativa. Cuando la sesión se hace desde la sala técnica, todos están viendo "lo mismo" en el mismo modelo, lo que disminuye el riesgo de que un área apruebe una versión distinta. Y cuando la VR se conecta a modelos 4D/5D, es posible no solo recorrer, sino también revisar secuencias constructivas, accesos temporales, interferencias con tráfico y ocupación del espacio urbano durante la obra, que son puntos sensibles en proyectos de transporte.

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología usada combina un diseño aplicado (porque parte de un proyecto real: Monorriel y Teleférico de Santiago) con una secuencia técnico–operativa propia de BIM/VDC. No se trató de "probar un visor", sino de insertar la realidad virtual dentro del mismo flujo que ya tenía la Sala Técnica: modelar → federar → detectar → decidir → supervisar → comunicar. Para eso se trabajó con tres insumos principales: (a) modelos BIM disciplinarios en los niveles de detalle requeridos por FITRAM; (b) una plataforma de coordinación y simulación 4D/5D típica de VDC; y (c) un entorno VR capaz de consumir esos modelos sin perder información relevante (nombres, jerarquías, capas).

El proceso siguió cuatro pasos: (1) normalización de modelos y definición de parámetros comunes (nombres de familias, codificación de elementos, niveles y orígenes); (2)

federación y coordinación en un modelo único, donde se resolvieron las principales colisiones de arquitectura–estructura–MEP; (3) exportación o vinculación del modelo coordinado hacia software de planificación 4D/5D para vincularlo con cronograma y costos; y (4) publicación en un entorno de realidad virtual inmersiva para revisión técnica y comunicación con actores no técnicos. Cada paso incluía reuniones de sala técnica y registro de incidencias, de manera que la VR no fuera un elemento aislado sino una vista más del mismo modelo.

3.1 Integración de modelos BIM (5D y 6D) y software VDC

La base fue un modelo BIM estructurado en 3D que, posteriormente, se enriqueció con información de tiempo (4D) y costo (5D). Para el caso de Santiago se aprovechó que las estaciones, viaductos, pilas y componentes electromecánicos ya venían modelados en Revit/InfraWorks con suficiente detalle geométrico. A partir de ahí se realizó:

- Mapeo de parámetros: se alinearon los parámetros de los modelos BIM con los campos que el software VDC usa para secuencias, WBS y partidas presupuestarias.

- Vinculación 4D: se relacionaron elementos constructivos con las tareas del cronograma de obra, permitiendo simular la construcción de tramos, pilas, estaciones y sistemas auxiliares.

- Vinculación 5D: las mismas tareas se asociaron a partidas de costo para analizar el impacto de cambios o reprogramaciones.

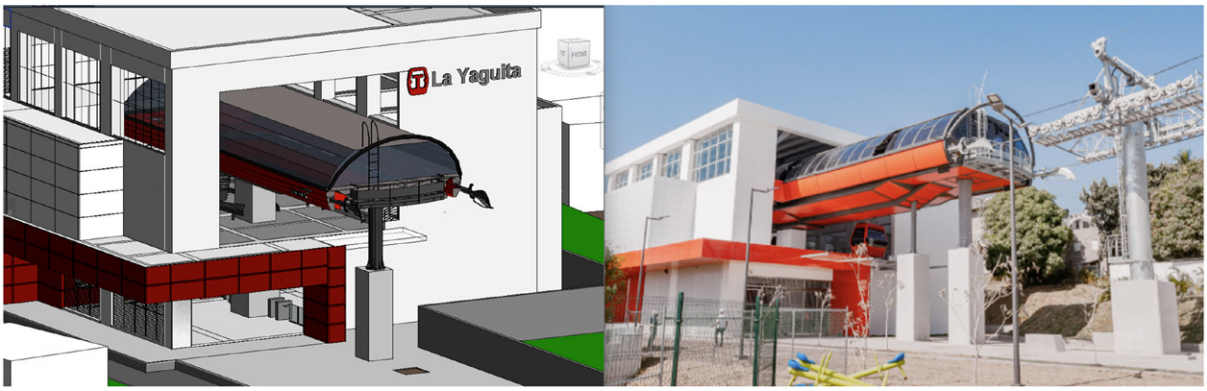
- Proyección 6D (cuando había datos): se dejó identificado qué elementos debían llegar a operación/mantenimiento con metadatos (fabricante, serie, peso, ubicación en estación).

El software VDC actuó como "orquestador": recibía el modelo federado, lo ordenaba por fases y lo dejaba listo para ser enviado a VR sin romper la estructura. Esto fue clave porque los visores inmersivos suelen simplificar modelos; aquí se buscó que no se perdieran las relaciones que ya se habían definido en BIM.

3.2 Aplicaciones estratégicas de realidad virtual

La VR no se usó solo como visualizador. Se definieron tres usos estratégicos acordes al ciclo real del proyecto: (a) mostrar y validar el diseño con usuarios no técnicos; (b) apoyar la coordinación técnica mediante recorridos conjuntos en sala; y (c) acompañar la supervisión y la toma de decisiones en obra simulando secuencias y accesos. Cada uso tenía su propio guion de sesión (qué se iba a ver, qué se debía aprobar, qué se debía registrar).

Figura 5. Vista Comparativa de T04, modelo de diseño y obra ejecutada



3.2.1 Simulación inmeresiva y recorridos virtuales 3D

En esta aplicación se generaron recorridos virtuales de estaciones, plataformas, accesos y viaductos, de modo que el equipo de FITRAM y las contrapartes pudieran "caminar" el proyecto antes de que existiera físicamente. Esto permitió:

• Ver alturas libres, anchos de circulación, posiciones de escaleras y elevadores.

• Evaluar la relación de la estación con el espacio público inmediato.

• Explicar a autoridades y ciudadanía cómo se integrará el monorriel/teleférico al tejido urbano.

La simulación inmersiva fue especialmente útil para justificar decisiones de diseño que en plano no se entendían (por ejemplo, cambios en cubiertas, cerramientos o pasarelas) y para anticipar ajustes de accesibilidad y evacuación.

4. RESULTADOS Y DISCUCIÓN

La combinación de BIM, VDC y realidad virtual inmersiva terminó impactando directamente en la manera en que se tomaban decisiones sobre el Monorriel y el Teleférico de Santiago. Al pasar de revisar planos y reportes de colisiones a recorrer el proyecto en un entorno inmersivo, la conversación técnica se volvió más concreta: los problemas se veían, no había que imaginarlos, y eso hizo que las reuniones de sala técnica fueran más cortas y que las correcciones se orientaran a lo que realmente afectaba la construcción y la operación. La experiencia mostró que, cuando el modelo que ya está coordinado se lleva a VR, la coordinación deja de ser un ejercicio abstracto y empieza a parecerse mucho más al proyecto real que se construirá en la ciudad.

4.1 Optimización de riesgos y tiempos

El principal cambio estuvo en la anticipación. Al entrar al modelo inmersivo con el mismo equipo que había modelado, supervisado y planificado, las interferencias que

antes quedaban como "pendientes" se pudieron clasificar de inmediato según su impacto en uso, seguridad o accesibilidad. Eso permitió atacar primero los conflictos que podían convertirse en reprocesos costosos en obra y dejar para una fase posterior los ajustes menores. Al mismo tiempo, el hecho de ver la secuencia 4D dentro del modelo ayudó a darse cuenta de solapes de actividades y de restricciones de espacio que en el cronograma tradicional no se percibían. Esa lectura más realista del avance previsto evitó varias idas y vueltas de información y acortó los ciclos de revisión, porque las decisiones se tomaban con todos viendo el mismo escenario y no a partir de descripciones parciales.

4.2 Impacto social y aceptación del proyecto

El otro efecto evidente estuvo del lado de la comunicación. Este tipo de infraestructura elevada suele generar dudas en autoridades, en equipos municipales y en la ciudadanía porque cambia la imagen urbana y toca temas sensibles como accesos, evacuación o integración con el espacio público. Al mostrar el proyecto en VR, el discurso dejó de ser solo técnico y pasó a ser demostrativo: así se verá la estación, así se entra, así se conecta con la vía pública, así se resuelve la altura. Eso hizo que las áreas no técnicas de las instituciones tuvieran un material claro para explicar el proyecto y que las autoridades vieran exactamente qué estaban aprobando. La transparencia ganó porque el modelo que se usa para coordinar es el mismo que se muestra, y eso transmite la idea de que no hay dos versiones del proyecto. En una ciudad que está dando un salto hacia sistemas modernos de transporte, poder enseñar el futuro antes de construirlo ayuda bastante a que el proyecto sea aceptado.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La experiencia de integrar realidad virtual inmersiva dentro de un flujo BIM–VDC para el Monorriel y el Teleférico de Santiago demuestra que la visualización no es un adorno tecnológico, sino un eslabón más del ciclo de planificación, coordinación y supervisión. Cuando el modelo que ya fue federado y depurado se lleva a un entorno inmersivo, la toma de decisiones se acelera porque todos los actores, incluso los no técnicos, pueden entender lo mismo al mismo tiempo. Esto tiene un efecto directo en la reducción de riesgos técnicos, en la optimización de los tiempos de revisión en sala técnica y en la construcción de confianza alrededor del proyecto.

Se confirma también que en proyectos de transporte urbano, donde hay múltiples disciplinas y una alta sensibilidad social, la VR ayuda a cerrar la brecha entre lenguaje técnico y lenguaje de gestión. Al poder mostrar la estación, el viaducto o el sistema de teleférico en contexto urbano, las autoridades y la ciudadanía reciben una explicación más transparente, que facilita la aceptación y disminuye resistencias. Esto coloca a Santiago en una posición interesante dentro del Caribe, porque está utilizando metodologías y tecnologías que suelen verse en sistemas de transporte de mayor recorrido y las está adaptando a su escala y a su institucionalidad.

A partir de lo anterior, conviene recomendar que la realidad virtual no se incorpore al final del proceso, sino desde la planificación del modelado BIM, de manera que los

parámetros, niveles de detalle y segmentación del modelo ya estén pensados para ser consumidos por visores inmersivos. También resulta útil formalizar las sesiones VR dentro del calendario de la Sala Técnica, con actas y responsables, para que las decisiones tomadas en entorno inmersivo queden registradas igual que las que se toman en una revisión de planos. Finalmente, es recomendable que las entidades públicas que lideran estos sistemas generen lineamientos propios de BIM/VDC/VR para futuras líneas o extensiones, de modo que lo aprendido en este proyecto no dependa solo del equipo actual, sino que se convierta en estándar institucional.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors* (2nd ed.). Wiley.

Fischer, M., & Kunz, J. (2004). The scope and role of Virtual Design and Construction. *CIFE Working Paper*, Stanford University.

FITRAM (2025). Lineamientos para la coordinación digital de proyectos de transporte masivo en Santiago de los Caballeros. Documento interno de trabajo. Santo Domingo, República Dominicana.

Sacks, R., Eastman, C., & Lee, G. (2018). *BIM and Integrated Design: Strategies for Architectural Practice*. Wiley.

Whyte, J. (2018). *Virtual Reality and the Built Environment*. Routledge.

ALATPU

Tecnológico de Monterrey

Pósters

Planeamiento, economía y modelación

ANÁLISIS DE LA INTENSIDAD DE USO EN EL SISTEMA TRONCAL DE TRANSMILENIO: IMPLICACIONES OPERATIVAS Y OPORTUNIDADES DE OPTIMIZACIÓN

PLANEAMIENTO, ECONOMÍA Y MODELACIÓN

Sonia C. Mangones Matos
scmangonem@unal.edu.co

Michelle V. Correa Rodriguez
mvcorrear@unal.edu.co

Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, Colombia

La intensidad de uso del componente troncal de TransMilenio, entendida para este estudio como la relación entre el número de usuarios transportados y los kilómetros recorridos por las rutas, es un indicador clave para evaluar la eficiencia. Esta medida se encuentra influenciada principalmente por variables operativas, entre las que se destacan la ocupación pico, el tipo de vehículo, el número de despachos y las paradas establecidas.

Al analizar el comportamiento en operación, se observan diferencias significativas en estos indicadores, lo que abre la oportunidad de optimizar la utilización de los recursos disponibles y mejorar el equilibrio entre oferta y demanda. Siendo así, las variaciones no necesariamente reflejan ineficiencias, sino la oportunidad de adaptar el sistema a las condiciones dinámicas de la movilidad urbana.

1. OBJETIVO:

Analizar los factores operativos que inciden en la intensidad del uso del componente troncal de TransMilenio, medida con los usuarios por kilómetro, con el fin de aportar insumos para la optimización del diseño operacional, en busca del equilibrio entre la oferta y la demanda. Para esto se aplican herramientas estadísticas como la regresión lineal múltiple.

2. METODOLOGÍA:

El análisis se llevó a cabo haciendo uso de la información del componente troncal en el mes de marzo del año 2025. La base se construyó a partir de registros operativos y datos abiertos, incluyendo las variables operativas de despachos, frecuencia, longitud, tiempos de ciclo, numero de paradas, cobertura y ocupación en hora de máxima demanda. Por otro lado, con relación a las variables categóricas, se hizo uso de la tipología de bus, la cuenca de origen y de destino.

El proceso contemplo los siguientes ítems:

1. Depuración y transformación de datos, lo cual incluye la construcción de variables y la codificación de las variables categóricas mediante variables dummy.

2. Análisis exploratorio de datos, a través de diagramas de dispersión y coeficientes de relación de Pearson, para identificar posibles relaciones entre la intensidad de uso (Usuarios/Km) y las variables independientes.

3. Modelado estadístico por medio de la regresión lineal múltiple, analizando el modelo saturado y modelos alternativos con diferentes combinaciones de variables.

4. Validación de supuestos clásicos (linealidad, normalidad, homocedasticidad y colinealidad), aplicando pruebas como Shapiro-Wilk y Breusch-Pagan, así como el cálculo de VIF.

Lo anterior permitió identificar los factores más influyentes sobre la intensidad de uso y evaluar su efecto en el comportamiento del componente troncal.

3. RESULTADOS:

En primer lugar, el análisis exploratorio permitió evidenciar la intensidad de uso (usuarios/Km) y su asociación positiva con el número de despachos y el porcentaje de ocupación en hora pico. Por otro lado, el número de paradas no evidencio una clara relación en los gráficos de dispersión. Lo anterior se encuentra sustentado por lo observado en el gráfico de relación de Pearson, el cual destacó la relación de la intensidad con despachos ($r=0.74$) y ocupación pico ($r=0.71$).

A partir de estos hallazgos se estimaron tres modelos de regresión lineal múltiple. El primero, el modelo saturado, incluyo tanto variables operativas como espaciales (cuenca de origen y de destino). Si bien alcanzo un ajuste ligeramente mayor, varias de las variables espaciales no se encontraron significativas y aportaban poco entendimiento al fenómeno.

En contraste, el modelo parsimonioso, que incorpora únicamente factores operativos (ocupación pico, despachos, tipología y número de paradas), explico el 77% de la variabilidad de la intensidad de uso y presento todas sus variables estadísticamente significativas. Esto lo convierte en un modelo robusto, sencillo de interpretar y con un gran potencial de aplicación práctica en la gestión y optimización del sistema.

Finalmente, la validación de los supuestos de la regresión mostro que el modelo parsimonioso seleccionado cumple con las condiciones para su interpretación. La prueba de Shapiro – Wilk evidencio que los residuos se ajustan a una distribución aproximadamente normal, mientras que la prueba de Breusch – Pagan no indica problemas significativos de heterocedasticidad. A su vez, los valores de inflación de la varianza (VIF) se encontraron dentro de los rangos aceptables, descartando problemas de colinealidad.

4. CONCLUSIONES:

El análisis realizado permite evidenciar que la intensidad del uso del componente (usuarios/Km) esta determinado principalmente por factores operativos, en especial la ocupación pico, el número de despachos, la tipología vehicular y el número de paradas. Estos permiten inferir que ajustes en el diseño operacional de estas variables puede contribuir a mejorar el balance entre la oferta y la demanda.

Cabe resaltar que el patrón de viajes de la ciudad es dinámico, por lo cual la evaluación y ajuste continuo de la operación resulta esencial. Los resultados de este estudio contribuyen al monitoreo permanente, así como la incorporación de técnicas estadísticas que apoyan la toma de decisiones, contribuyendo a un diseño operacional equilibrado, eficiente y adaptable.

LA MODELIZACIÓN COMO HERRAMIENTA PARA EVALUACIÓN DE IMPACTOS EN LA MOVILIDAD DE NUEVOS DESARROLLOS URBANOS

Fady Awad Núñez
Consultora Alomon, SL
fady.awad@consultoralomon.com

Javier Cantarella
Consultora Alomon, SL
javier.cantarella@consultoralomon.com

Julián Sastre González
Instituto de Movilidad
juliansastre@juliansastre.com

1. RESUMEN

La modelización macroscópica de grandes áreas urbanas supone un reto desde tres puntos de vista al menos. En primer lugar, hay que tener en cuenta cuál es el objetivo del modelo, ya que un modelo de tráfico o de transporte público, otro de movilidad global (para PMUS, estrategias de movilidad, etc.) o uno centrado en la movilidad de mercancías pueden presentar planteamientos distintos. Por ejemplo, un modelo centrado en el tráfico requerirá una topología adecuada a los tramos a estudiar, pero un modelo de transporte público requerirá que las zonas de transporte alberguen al menos una estación, y en un modelo de mercancías será necesario considerar zonas especiales, como centros logísticos, puertos secos, aeropuertos, etc. Es decir, que el planteamiento básico del modelo influirá en el resultado que es posible obtener.

El enfoque técnico es el segundo gran reto. Este implica la calibración y ajuste de las variables explicativas de cada zona del modelo (renta, tasa de motorización, población, actividad, etc.) y la obtención de las funciones de transferencia que alimentan cada fase del modelo; desde la generación, distribución y reparto modal hasta la asignación a la red. La precisión de estas funciones es crucial para obtener los resultados deseados, pero cada modelo necesita alcanzar un nivel de precisión distinto.

El último enfoque será el del gestor del modelo, ya sea un modelo de simulación que la Administración emplea para la planificación a medio y largo plazo, o un modelo empleado por una empresa como herramienta estratégica de negocio.

El objetivo de esta comunicación será explicar una metodología que permita desarrollar un modelo macroscópico versátil, que sea capaz de ofrecer resultados fiables en un caso de estudio real que ha sido probado en varios proyectos, el modelo macroscópico de simulación de tráfico y transporte público del Área Metropolitana de Sevilla.

2. DESCRIPCION DEL MODELO

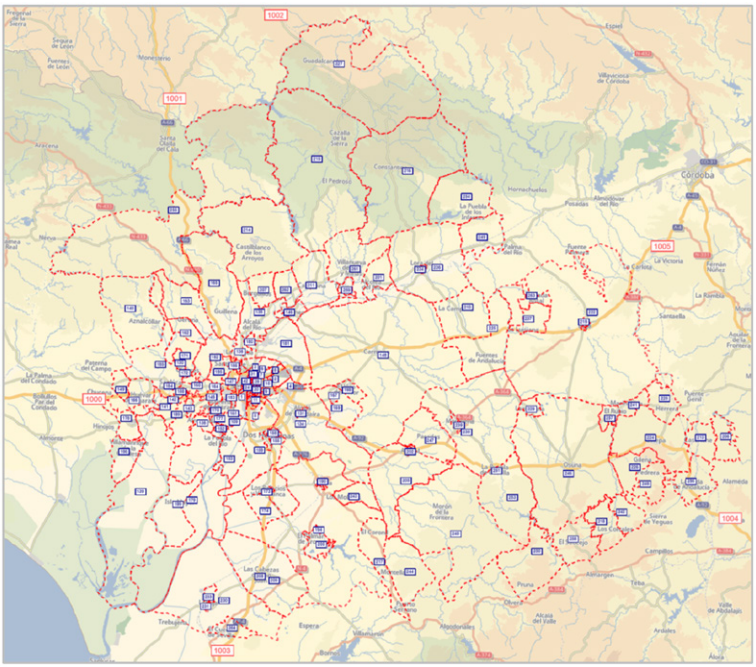
Para el estudio del impacto de diversos proyectos en Sevilla se desarrolla un modelo con la red viaria de la provincia de Sevilla, detallando especialmente la red viaria de la ciudad de Sevilla, donde se ha calibrado la red con 150 aforos urbanos y aproximadamente 40 aforos interurbanos.

La red viaria, adaptada de Open Street Maps y posteriormente verificada, cuenta con una red de 252.000 links y 96.000 nodos, representando el viario con gran detalle, desde las principales carreteras interurbanas hasta las vías urbanas de mejor jerarquía.

Para la caracterización de la movilidad global se ha recurrido a una toma de datos móviles, con una escala de 297 zonas, con el siguiente nivel de agregación:

- Ciudad de Sevilla: a nivel de barrio
- Área metropolitana: a nivel de distrito censal
- Resto de municipios de la provincia: a nivel de municipio
- En el resto de Andalucía: capitales de provincia y resto de territorio
- Fuera de Andalucía: a nivel de Comunidad Autónoma

Figura 1. Zonificación de Sevilla según el modelo de simulación

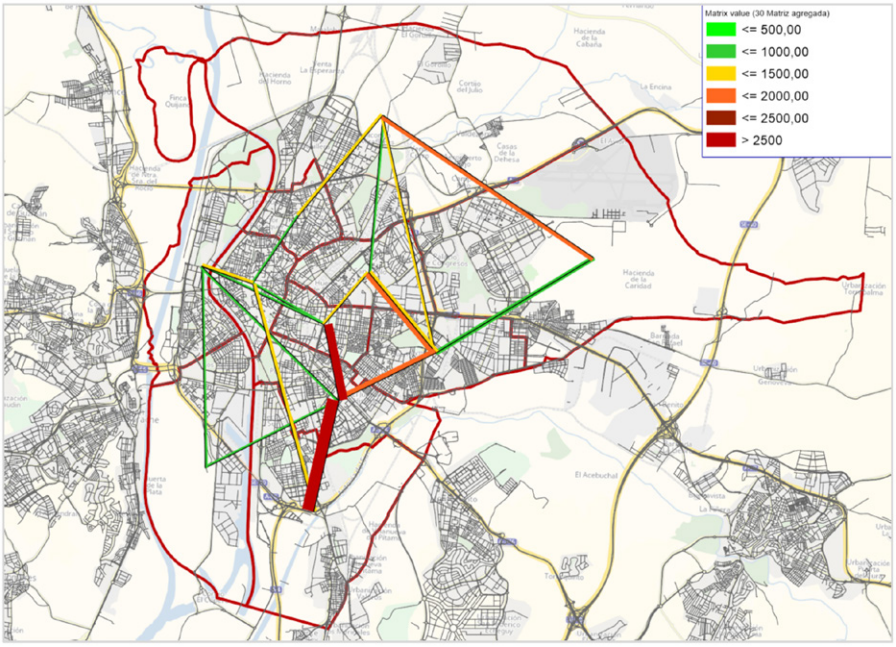


Esta zonificación, que sirve para caracterizar la movilidad a todos los niveles de detalle, se adapta para el ámbito de estudio, centrando el alcance territorial en la provincia de Sevilla.

Se consideran seis zonas externas, como puntos de acceso a la provincia desde el exterior. La relación de viajes generados y atraídos para estos puntos de acceso se basa en la demanda en las horas punta analizadas, que se han consultado en el Mapa de Tráfico del MITMA, siendo estas: Autovía del V Centenario (A-49): por el oeste, Autovía Ruta de la Plata (A-66): por el noroeste, N-432: por el norte, Autovía del Sur (A-4): por el este, Autovía de Sevilla a Almería por Granada (A-92): por el sureste, AP-4: por el sur.

Adicionalmente, para la elaboración del modelo se han analizado diversas fuentes de datos, entre las cuales se encuentran aforos municipales, PMUS, encuestas, estudios precedentes de demanda, etc. que han permitido caracterizar la movilidad actual en la provincia. El resultado de esta caracterización es la obtención de matrices diarias de demanda global (recopiladas mediante datos móviles adaptados a la zonificación del ámbito), demanda en hora punta de tráfico (hora punta de mañana y de mediodía, con posibilidad de añadir perfiles horarios adicionales).

Figura 2. Desire lines a nivel de macrozona de Sevilla



3. ESCENARIOS Y RESULTADOS

Por otra parte, para que el modelo resulte adaptable a escenarios futuros, se ha elaborado un análisis econométrico, basado en análisis de población, PIB per cápita, y tasa de motorización, capaz de estimar la demanda en escenarios tendenciales hasta 50 años en la ciudad de Sevilla. En los escenarios a evaluar se incluyeron proyectos que están en fase de planificación o construcción, como el cierre de la SE-40 o los accesos a futuros desarrollos urbanos de la ciudad.

Para complementar el análisis tendencial de la movilidad, el modelo incluye un análisis exhaustivo de los desarrollos urbanos que están actualmente en construcción, en

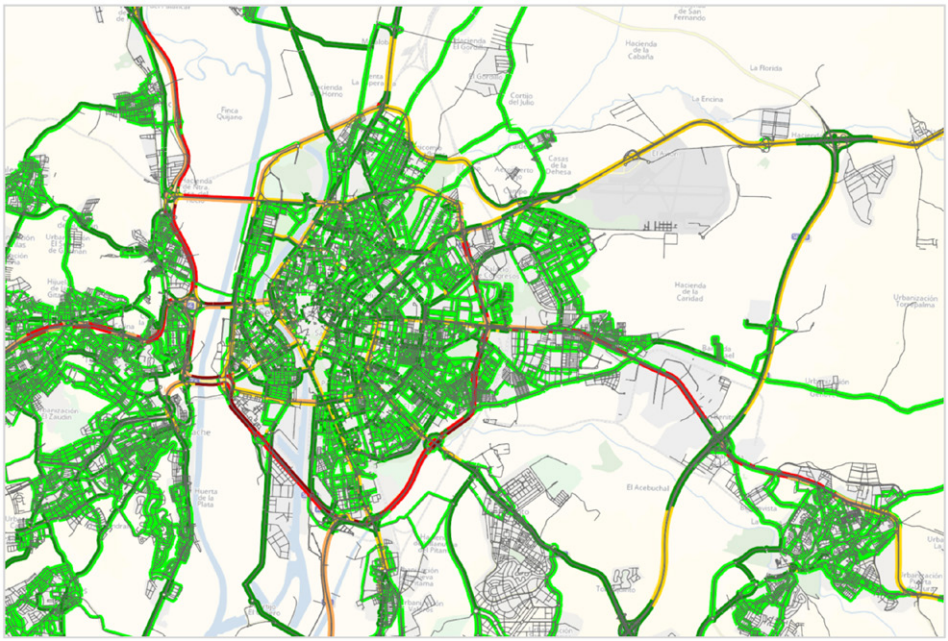
fase de planeamiento o parcialmente consolidados, lo que constituye la base para la generación de escenarios futuros de alta precisión. Mediante un análisis de usos del suelo basado en datos de catastro, se ha elaborado un modelo de generación-atracción para la identificación de demanda potencial futura de todos los desarrollos urbanos de la ciudad.

El modelo de simulación, realizado con PTV Visum, cuenta además con la red de transporte público urbano e interurbano, obtenido a partir de GTFS y adaptado al viario del ámbito de estudio.

El modelo cuenta con análisis realizados para la situación actual de la movilidad, tales como demanda, niveles de servicio de tramos homogéneos de carreteras, porcentaje de velocidad desarrollada en condiciones de saturación, entre otros.

Como resultado se obtienen los flujos de tráfico en toda la ciudad y se pueden evaluar los generados por proyectos específicos y las modificaciones en los niveles de servicio que genera.

Figura 3. Asignación de tráfico



ALATPU

Tecnológico de Monterrey

Pósters

Movilidad, equidad e inclusión

TUK TUK COMO SOLUCIÓN DE MOVILIDAD URBANA EN CIUDADES INTERMEDIAS: REVISIÓN SISTEMÁTICA Y ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO CON APLICACIÓN EN POPAYÁN

Valery Nathalia Pazmiño Arciniegas
Universidad del Cauca, Popayán, Cauca, Colombia. valerypazmino@unicauca.edu.co

Iván Andrés González Burgos
Universidad del Cauca, Popayán, Cauca, Colombia. ivangonzalez@unicauca.edu.co

Carlos Aníbal Calero Valenzuela
Universidad del Cauca, Popayán, Cauca, Colombia. ccalero@unicauca.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado de las actividades urbanas ha generado una fuerte presión sobre los sistemas de transporte público (Arias, 2015). Los servicios tradicionales, como los buses convencionales, no logran cubrir la demanda, lo que impulsa a los ciudadanos a buscar alternativas (Arias, 2015; Arévalo y León, 2023). Aunque los sistemas masivos y rápidos han mejorado la movilidad en grandes urbes, su desarrollo en ciudades intermedias del Sur Global es limitado por restricciones económicas y de planificación, favoreciendo el auge de servicios "paratransit" (Gwilliam, 2002). En este contexto, surgen los tricycle taxis o tuk-tuks que se han consolidado en países como Nigeria, India o Vietnam por su bajo costo, accesibilidad y capacidad para generar empleo informal (Agheyisi, 2021; Turner y Ngô, 2018). En Popayán, con más de 330.000 habitantes y un parque automotor dominado por motocicletas (61,9%), el transporte formal representa menos del 1% (DANE, 2018), lo que ha impulsado el uso de tuk-tuks, valorados por su maniobrabilidad, bajo consumo y operación puerta a puerta (Agheyisi, 2021; Nwaogbe, 2012). Así, este estudio analiza su rol como sistema de transporte no convencional, evaluando su pertinencia, sostenibilidad e integración en la movilidad urbana.

2. METODOLOGÍA

El estudio se desarrolló bajo una revisión sistemática de literatura y un análisis bibliométrico bajo un enfoque documental riguroso, orientado a comprender el papel de los tuk-tuks en la movilidad urbana. Para garantizar coherencia, se construye un vocabulario unificado mediante tesauros especializados, identificando y traduciendo los términos clave sobre transporte informal y sostenibilidad. Con base en estudios del Sur Global, se formulan combinaciones precisas de palabras clave mediante operadores booleanos, asegurando la pertinencia y exhaustividad de la búsqueda documental.

Tabla 1. Términos especiales para la búsqueda de documentos

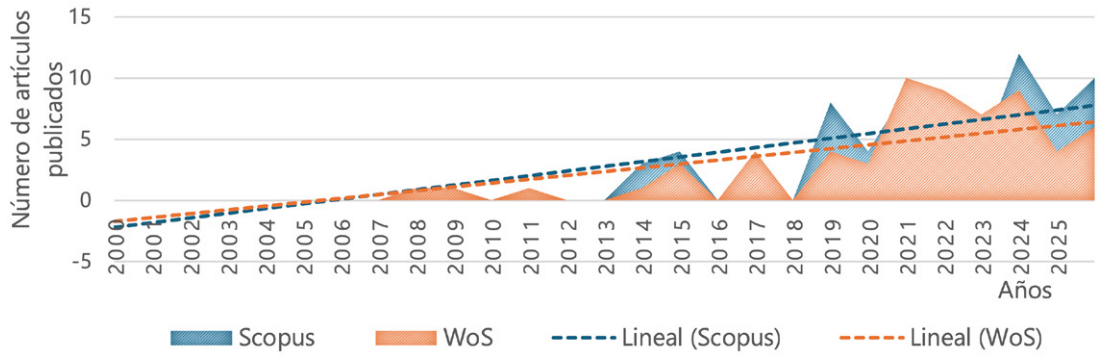
Término Principal	Término en Tesauro	Sinónimos y combinaciones clave
Tricycle taxi	Paratransit	"tricycle taxi" OR "motor tricycle" OR "paratransit"
Motorcycle taxi	Motorcycle transport	"motorcycle taxi" OR "motorcycle transport"
Informal transport	Paratransit	"informal transport" OR "semi-formal transport"
Urban mobility	Urban transport	"urban mobility" OR "urban transport"
Sustainabiliy	Sustainable development	"sustainability" OR "sustainable urban transport"
Safe and health	Road safety / Public Health	"safety" OR "health impact"
Equity / Social access	Social equity / Accessibility	"equity" OR "social access" OR "mobility justice"

Se incorporaron los documentos con el término "tricycle taxi", el más preciso para referirse a los tuk-tuks en Popayán. Tras depurar duplicados, se obtuvieron 138 estudios válidos: 75 de Scopus y 59 de Web of Science. La búsqueda sistemática, realizada entre 2000 y 2025 en inglés y español, fue refinada con VOSviewer para consolidar un conjunto representativo de investigaciones sobre tuk-tuks en contextos urbanos informales, organizadas posteriormente en matrices para su análisis cualitativo y cuantitativo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los estudios evidencian un crecimiento constante en la producción científica sobre vehículos no convencionales, como tuk-tuks y mototaxis, durante las últimas dos décadas. Tras un bajo interés entre 2000 y 2010, la investigación aumentó notablemente desde 2011 hasta 2025, impulsada por el enfoque en movilidad sostenible y transporte informal en el Sur Global. Scopus concentró el 56,6% de los documentos, superando a Web of Science.

Figura 1. "Evolución anual de la producción científica sobre vehículos no convencionales en Scopus y Web of Science (2000–2025)"

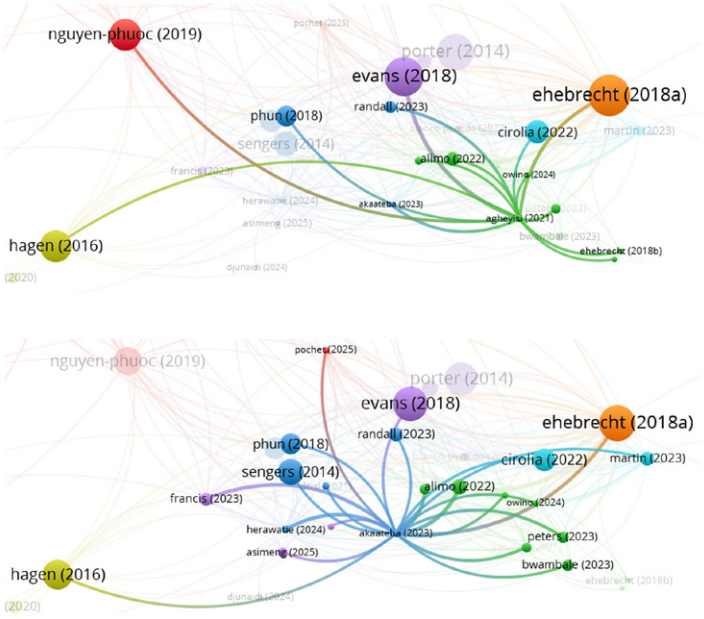


Referencia 1.

Mediante las visualizaciones de red y superposición temporal generadas en VOSviewer, se evidenció la evolución del tema desde los estudios iniciales (2016–2018) hasta las investigaciones más recientes (2024–2025). Este análisis permitió identificar autores clave y conexiones relevantes dentro del corpus bibliográfico, destacándose Agheyisi

(2021) y Akaateba M.A. (2023) por incluir el término “tricycle taxi” y profundizar en la organización y formalización del transporte informal en África. Las líneas de conexión entre ambos autores fueron analizadas para identificar los documentos estructurales que sirvieron de base al análisis temático posterior.

Figura 2. Líneas de conexión de Agheyisi (2021) y Akaateba M.A. (2023). Referencia 2



Referencia 1.

La literatura internacional sobre transporte no convencional muestra que los tuk-tuks surgen como respuesta a las deficiencias del transporte formal en ciudades intermedias. Evans, O’Brien y Ng (2018) destacan su papel en llenar vacíos de movilidad y generar empleo, situación similar a la de Popayán, donde el transporte formal es mínimo. No obstante, estudios como los de Nguyen-Phuoc et al. (2019) y Ntramah et al. (2023) advierten altos niveles de siniestralidad y efectos negativos en salud y ambiente. Phun, Kato y Yai (2018) subrayan que, pese a los riesgos, los usuarios prefieren los tuk-tuks ante la falta de alternativas, mientras Owino et al. (2024) resaltan su valor social y Agheyisi (2021) describe su estructura en monopolios locales. Akaateba et al. (2023) agregan que el transporte informal es coproducido por diversos actores, incluidos los gobiernos, lo que evidencia la necesidad de comprender estas relaciones en el ámbito local.

Los estudios coinciden en que prohibir estos sistemas resulta ineficaz. Courtright y Behrens (2025) los consideran “gap-fillers” esenciales y Asimeng y Jauregui-Fung (2025) proponen integrarlos progresivamente en los sistemas troncales. Alimo et al. (2022) plantean una regulación descentralizada con apoyo ciudadano, y Peters et al. (2022) destacan la resiliencia del sector durante la pandemia. Dzisi y Lugada (2021) identifican factores sociales y demográficos que influyen en el cambio modal, mientras Martin et al. (2023) y Francis et al. (2023) resaltan los beneficios de la digitalización, electrificación y propiedad del vehículo. Rahman et al. (2023) muestran la disposición de los usuarios a pagar por medidas sanitarias, y Pochet y Lesteven (2025) advierten sobre los riesgos de

la motorización masiva. Finalmente, Herawatie, Siswanto y Widodo (2024) establecen cinco ejes temáticos clave: sostenibilidad, impacto ambiental, seguridad vial, riesgo conductual y usos complementarios del transporte informal.

4. CONCLUSIONES

El fenómeno del tuk-tuk representa una respuesta estructural ante la deficiencia del transporte formal en ciudades intermedias del Sur Global. En Popayán, donde las motocicletas dominan el parque automotor y el transporte público formal es mínimo, los tuk-tuks cumplen un papel clave al conectar barrios, ofrecer servicio puerta a puerta y generar empleo. Su permanencia refleja una necesidad real de accesibilidad y no un problema a eliminar.

La sostenibilidad de este sistema depende de su integración gradual al transporte formal mediante una regulación adaptativa y participativa. Se propone una formalización progresiva con estándares de seguridad, capacitación y control técnico, junto con la electrificación y digitalización del servicio. Los tuk-tuks pueden actuar como alimentadores del transporte público, siempre que exista una gobernanza inclusiva que los reconozca como actores esenciales de una movilidad más equitativa y sostenible.

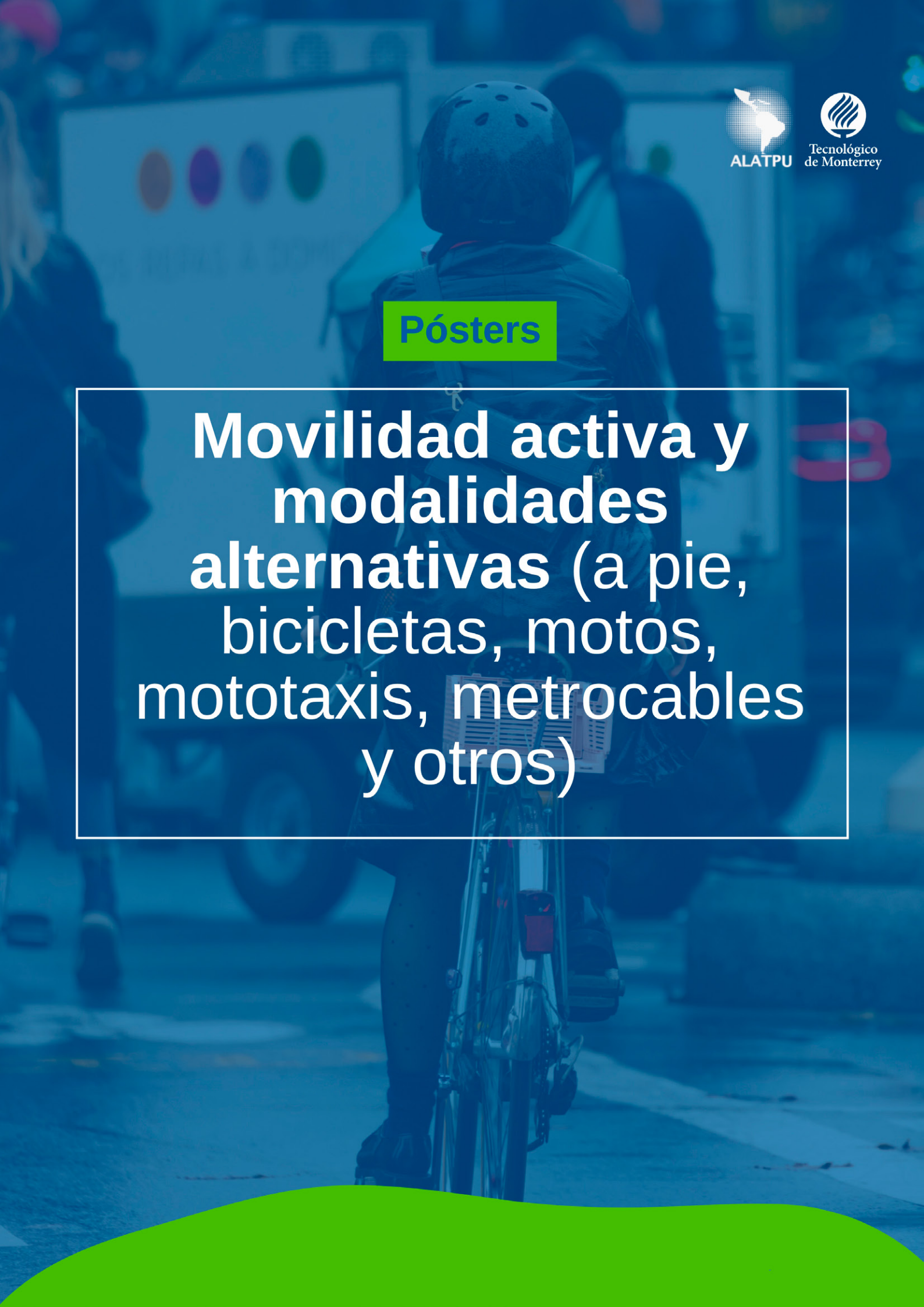
REFERENCIAS

1. Elaboración Propia.

Agheyisi, J. E. (2021). Privileging commuters' mobility in neighbourhood access: Analysis of tricycle taxi operations in Benin City, Nigeria. *Geoforum*, 127, 104–115.

Arias, J. F. (2015). Metodología para el proceso de evaluación de alternativas de sistemas de transporte público [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. *Repositorio PUCE*. 165.

Fernández-Quijada, D. (2012). El uso de tesauros para el análisis temático de la producción científica: apuntes metodológicos desde una experiencia práctica. *Textos Universitaris de Biblioteconomia i Documentació*, 29.



ALATPU

Tecnológico de Monterrey

Pósters

Movilidad activa y modalidades alternativas (a pie, bicicletas, motos, mototaxis, metrocables y otros)

SIMULACIÓN BASADA EN AGENTES PARA EVALUACIÓN DE RUTAS EN TRANSMILENIO, A PARTIR DE LOS DATOS DE CONGESTIÓN EN BUSES Y ESTACIONES

Sergio Gutiérrez Mayorga
Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano, Bogotá, Colombia
segutierrezm@poligran.edu.co

1. RESUMEN

La experiencia de usuario en Transmilenio es un componente que ha bajado de prioridad frente a otros como lo son el tiempo de traslado de un lugar a otro, la periodicidad de las rutas, la comodidad dentro de los buses y estaciones, etc.; dicha experiencia de usuario se ve directamente afectada por el nivel de congestión de las estaciones y buses del sistema en mención. Contar con información sobre el nivel de congestión puede permitir generar una herramienta para la administración de Transmilenio que les facilite la toma de decisiones sobre el diseño de ruta/estación e incluso posibles trasbordos a tomar, mejorando así la experiencia de usuario.

Este proyecto se aborda principalmente a partir de las técnicas más usadas para diseño de rutas de un sistema de transporte público, por ejemplo, las matrices Origen-Destino (Borndörfer et al. 2007); buscando complementar las variables a tener en cuenta para ese diseño, en este caso se agrega en el análisis el nivel de congestión/saturación (volumen de pasajeros) dentro de buses y estaciones ya que impacta directamente el tiempo que deben estar detenidos los buses en cada parada, además de la comodidad/ satisfacción del usuario.

El objetivo principal de este trabajo de investigación es determinar aciertos y oportunidades de mejora en el diseño de rutas actual del sistema Transmilenio generando una herramienta de simulación basada en agentes que permita evaluar el desempeño del diseño del Sistema en términos de congestión de buses y estaciones.

Después del desarrollo del simulador y la ejecución de distintos experimentos se identifica que la herramienta va a requerir un poco más de detalle en sus variables a tener en cuenta para acercarse mucho más a la realidad del flujo del sistema y que así mismo se vea reflejado en los resultados que arroja. Sin embargo, para efectos de este proyecto de investigación los resultados obtenidos son suficientes para concluir que la herramienta de simulación desarrollada debe ser de utilidad a la administración de Transmilenio porque permite realizar los ajustes principales en diseño de rutas y cantidad de buses por ruta para correr cada simulación con esos cambios y ver los resultados correspondientes.

Palabras Clave: Transmilenio, modelos basados en agentes, Congestión, Transporte, BRT

2. INTRODUCCIÓN

Para Transmilenio, al igual que para cualquier sistema de transporte tipo BRT en el mundo, es importante estar en permanente evaluación del funcionamiento y rendimiento del sistema de varias maneras, con distintos criterios y con diferentes fuentes de información.

Como primer avance en la evaluación de aciertos o falencias sobre el diseño actual, se propone generar una herramienta de simulación basada en agentes que permita utilizar la información histórica disponible públicamente sobre ingresos y salidas de las estaciones del sistema troncal de Transmilenio. La misma permitirá evaluar posibles ajustes, de acuerdo con indicadores que se definirán durante la investigación, y el desarrollo de los componentes de software. Posteriormente se podrán realizar experimentos con ajustes realizados sobre ese diseño y evaluar el resultado estimado de los mismos en términos de congestión en buses y estaciones.

3. METODOLOGÍA

Primera Fase, MBA. Investigar y definir esquemas de modelado de agentes: se deben investigar a detalle distintos esquemas de modelado de agentes especialmente si existen esquemas utilizados en la simulación de sistemas BRT. Selección de esquema de Modelado de Agentes y herramienta de simulación: después de realizar la investigación sobre esquemas de modelados de agentes se debe escoger el modelo o modelos al igual que la herramienta de simulación a utilizar durante la ejecución del proyecto de investigación. En el proceso de revisión de literatura se encontró que Netlogo y Python, con librerías especializadas, son muy usados para realizar simulación basada en agentes en las distintas áreas de conocimiento; sin embargo, teniendo muy presente que el objetivo de este trabajo de investigación es entregar una herramienta a la administración de Transmilenio, se pretende generar algo más amigable con el usuario y *Unity* es una herramienta ideal para ello.

Segunda Fase, Herramienta de visualización y análisis de datos: Definir herramienta de visualización: se realizará una búsqueda general sobre herramientas de visualización y creación de tableros de información la cual se escogerá teniendo en cuenta limitantes de cantidad de datos, tamaño de los tableros a diseñar, licenciamiento necesario, etc. Se escogió la herramienta PowerBI por el nivel de conocimiento que se tiene sobre ella, por los temas vistos en las materias cursadas dentro de la maestría y por la calidad/ cantidad de documentación disponible públicamente. También porque se dispone de una versión de licencia gratuita para ejecución local –PowerBI Desktop–

Tercera Fase: Estructura y simulación: Definir estructura de datos que permita cargar fácilmente el diseño del sistema (estaciones y rutas) así como la información consolidada de tránsito de pasajeros. Plasmar el mapa del sistema –estaciones– en la herramienta de simulación seleccionada. Simular flujo de buses en algunas rutas específicas de modo estático –sin flujo de pasajeros–. Seleccionar datos históricos a cargar en simulación para determinar flujo de pasajeros a representar en la herramienta seleccionada. Simular flujo de buses en algunas rutas específicas de modo dinámico –con flujo de

pasajeros–. Como primer flujo de simulación se tomará como referencia el diseño de rutas actuales, es decir, con las paradas que se tienen actualmente con la información que se tenga disponible. Eso nos permitirá tener una referencia del flujo de pasajeros y nivel de congestión actual. También es indispensable validar que los datos generados tengan sentido ya que si no tenemos una base sólida de "realismo" de la simulación y los datos generados difícilmente servirá para propuesta de un nuevo diseño de rutas, estaciones o buses.

Cuarta Fase: Indicadores y ejecución de experimentos: Definir indicadores de acuerdo con las observaciones realizadas. Ejecutar los modelos basados en agentes con los diseños de rutas actual y propuestos para determinar la efectividad de cada uno en términos de disminución de la congestión del sistema Transmilenio. Realizar varios experimentos y comparar con datos anteriores.

4. RESULTADOS

En la siguiente tabla se muestran los experimentos más relevantes, junto a los resultados obtenidos en la ejecución de estos:

Tabla1: Muestra de resultados de experimentos realizados. Fuente: (elaboración propia)

ID	Cantidad total de Buses	Cantidad de horarios a Evaluar x Buses	# de buses con capacidad excedida del 90% en distintos horarios	% de buses con capacidad excedida del 90% en distintos horarios	Cantidad de Estaciones	Cantidad de Pasajeros en Sistema	Cantidad de horarios a Evaluar x Estación	# de estaciones con capacidad excedida del 90% en distintos horarios	% de estaciones con capacidad excedida del 90% en distintos horarios
1	340	6.460	1.198	19%	148	10.360	2.812	810	29%
2	408	7.752	1.389	18%	148	10.360	2.812	839	30%
3	340	6.460	1.150	18%	148	14.800	2.812	1.113	40%
4	340	6.460	1.198	19%	148	2.960	2.812	816	29%
5	1.020	19.380	3.206	17%	148	10.360	2.812	1.131	40%
6	1.020	19.380	3.235	17%	148	2.960	2.812	1.348	48%
7	1.700	32.300	4.857	15%	148	26.640	2.812	1.471	52%
8	1.700	32.300	4.841	15%	148	26.640	2.812	1.444	51%
9	340	6.460	1.179	18%	148	26.640	2.812	1.059	38%
10	1.190	22.610	3.590	16%	148	29.600	2.812	1.138	40%
11	340	6.460	1.186	18%	148	29.600	2.812	928	33%
12	425	8.075	1.410	17%	148	29.600	2.812	1.063	38%
13	340	6.460	1.201	19%	148	44.400	2.812	1.066	38%
14	289	5.491	942	17%	148	44.400	2.812	1.059	38%
15	289	5.491	1.006	18%	148	59.200	2.812	1.335	47%
16	578	10.982	1.963	18%	148	59.200	2.812	1.423	51%
17	289	5.491	1.003	18%	148	59.200	2.812	1.287	46%
18	289	5.491	987	18%	148	44.400	2.812	1.038	37%
19	425	8.075	1.413	17%	148	44.400	2.812	1.101	39%
20	425	8.075	1.404	17%	148	44.400	2.812	1.046	37%

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se encuentra en el proceso de desarrollo e implementación de este proyecto de investigación que la forma de abordar el problema es correcta y que lo revisado en la literatura existente concuerda respecto a las ventajas que entrega el MBA; la simulación basada en agentes permitió abordar de manera escalable el problema planteado y se generó una base sólida para que más adelante pueda ser complementada agregando comportamientos e interacciones adicionales, así como ir agregando ecuaciones más complejas y que hagan más reales las situaciones dentro de la simulación. Será posible, a través de programación, agregar o ajustar cálculos, variables y comportamientos sin requerir grandes cambios a nivel de programación.

En la simulación se evidencia el flujo de pasajeros dentro del sistema Transmilenio con cada diseño de rutas, capacidad de estaciones y cantidad de usuarios que se configure, y el formato de archivo que se exporta al final permite realizar análisis lo suficientemente detallados para entender por cada hora, bus, estación y diseño de ruta qué cambios podría requerir.

6. BIBLIOGRAFÍA

Borndörfer, R., Grötschel, M., & Pfetsch, M. E. (2007). A column-generation approach to line planning in public transport. *Transportation Science*, 41(1), 123–132. https://doi.org/10.1287/trsc.1060.0161

Organizan

ALATPU

Tecnológico de Monterrey

Colaboran

AMTM Asociación Mexicana de Transporte y Movilidad

BID Mejorando vidas

BRT+ CENTRE OF EXCELLENCE

Buenos Aires Ciudad

BA

CAF

ESTADO DE MÉXICO ¡El poder de servir!

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

ITDP Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo

NL MOVILIDAD Y PLANEACIÓN URBANA

SITEUR Sistema de Tren Eléctrico Urbano

steer

THE WORLD BANK

UITP ADVANCING PUBLIC TRANSPORT

Patrocinan

PTV GROUP part of Umovity

VOLVO

LATNOVVA e-mobility

Apoya

NUEVO LEÓN

MONTERREY MÉXICO OFICINA DE CONVENCIONES Y VISITANTES

Media Partner

Noticias Pasajero7