FACULTAD de ARQUITECTURA CONSTRUCCIÓN y DISEÑO
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
Urbano

Recibido: 05-03-2026
Aceptado: 31-10-2026

MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD CICLISTA EN CIUDAD VICTORIA, MÉXICO. ÍNDICE TÉCNICO DE CONDICIÓN OPERATIVA Y ACCESIBILIDAD (ITCOA)
FRANCISCO VALLEJO-TORRES, JULIÁN BLANCO-LUNA, KARINA SOTO-CANALES
REVISTA URBANO Nº 54 / NOVIEMBRE 2026 - ABRIL 2027
PÁG. 106 - 119
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD CICLISTA EN CIUDAD VICTORIA, MÉXICO. ÍNDICE TÉCNICO DE CONDICIÓN OPERATIVA Y ACCESIBILIDAD (ITCOA)[1]

CYCLING MOBILITY AND ACCESSIBILITY IN CIUDAD VICTORIA, MEXICO.
THE TECHNICAL INDEX OF OPERATIONAL CONDITION AND ACCESSIBILITY (ITCOA)

FRANCISCO VALLEJO-TORRES **1**
JULIÁN BLANCO-LUNA **2**
KARINA SOTO-CANALES **3**

1 Maestría en Ingeniería en tránsito y vías terrestres
Doctorando, programa Doctorado en Filosofía con Orientación en Arquitectura y Asuntos Urbanos
Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, México
https://orcid.org/0009-0002-4061-3162
francisco.vallejotrs@uanl.edu.mx

2 Doctor en Arquitectura y Asuntos Urbanos
Profesor de asignatura, Facultad de Arquitectura
Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México
https://orcid.org/0000-0001-9088-760X
jblancol@uanl.edu.mx

3 Doctora en Arquitectura y Asuntos Urbanos
Profesor Asociado, Facultad de Arquitectura
Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México
https://orcid.org/0000-0001-5676-1536
karina.sotocnl@uanl.edu.mx

https://doi.org/10.22320/07183607.2026.29.54.09

CC BY SA

La movilidad ciclista se ha consolidado como un componente estratégico de las políticas urbanas orientadas a la sustentabilidad, la accesibilidad y la calidad de vida. No obstante, tanto en Ciudad Victoria, localizada al noreste de México, como en otras ciudades latinoamericanas, la infraestructura destinada a este modo de transporte presenta diferencias territoriales en las condiciones operativas de la infraestructura ciclista y en su proximidad a equipamientos urbanos. Por lo tanto, el objetivo del estudio es evaluar las condiciones de la infraestructura ciclista y su proximidad a los equipamientos en Ciudad Victoria, Tamaulipas, mediante la construcción y aplicación del Índice Técnico de Condición Operativa y Accesibilidad (ITCOA).
El índice se construye a partir de un enfoque multidimensional que articula variables operativas del espacio vial —como el estado de la superficie de rodamiento, obstáculos, señalización, cruces seguros y pendiente longitudinal— junto con variables de accesibilidad asociadas a equipamientos urbanos generadores de viaje, que incluyen servicios de salud, educación, esparcimiento y empleo. La metodología combina la observación directa con el registro videográfico durante los recorridos, el análisis geoestadístico y el procesamiento de información censal y económica mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG). La aplicación del ITCOA en Ciudad Victoria permitió identificar sectores en los que la proximidad a equipamientos urbanos coexiste con deficiencias operativas en la infraestructura ciclista. Estos hallazgos aportan elementos para orientar el diagnóstico territorial y las intervenciones de mantenimiento y adecuación de dicha infraestructura.

Palabras clave: infraestructura vial, accesibilidad, transporte urbano, espacio urbano, bicicleta

Cycling mobility has become a strategic component of urban policies for sustainability, accessibility, and quality of life. However, in Ciudad Victoria, northeastern Mexico, and other Latin American cities, cycling infrastructure exhibits regional disparities in operational conditions and proximity to urban facilities. Therefore, this study aims to evaluate the operational conditions of this infrastructure and its proximity to urban facilities in Ciudad Victoria, Tamaulipas, by developing and applying the Technical Index of Operational Condition and Accessibility (ITCOA, in Spanish).
The index has been developed using a multidimensional approach that includes operational variables related to road infrastructure, such as pavement surface condition, obstacles, signage, safe crossings, and slopes, as well as accessibility variables associated with trip-generating urban facilities, including healthcare, education, recreation, and employment. The methodology combines direct observation through video-recorded field surveys, geostatistical analysis, and the processing of census and economic data using a Geographic Information System (GIS).
The application of the ITCOA in Ciudad Victoria identified areas where proximity to urban facilities coexists with operational deficiencies in cycling infrastructure. These findings provide a basis for guiding territorial assessments and informing maintenance and improvement interventions targeting cycling infrastructure.

Keywords: road infrastructure, accessibility, urban transport, urban space, bicycle

MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD CICLISTA EN CIUDAD VICTORIA, MÉXICO.
ÍNDICE TÉCNICO DE CONDICIÓN OPERATIVA Y ACCESIBILIDAD (ITCOA)
FRANCISCO VALLEJO-TORRES, JULIÁN BLANCO-LUNA, KARINA SOTO-CANALES
REVISTA URBANO Nº 54 / NOVIEMBRE 2026 - ABRIL 2027
PAG. 106 - 119
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

I. INTRODUCCIÓN

La promoción de la bicicleta como alternativa de movilidad urbana ha adquirido una relevancia creciente frente a los desafíos de las ciudades contemporáneas, particularmente aquellos asociados al congestionamiento vial, al deterioro ambiental y a la calidad de vida. En este contexto, el ciclismo urbano se ha incorporado progresivamente a las agendas públicas como un componente estratégico en la transición hacia sistemas de movilidad más sostenibles, saludables y accesibles (Avila-Palencia et al., 2023).

Este cambio paradigmático responde a la necesidad de reconfigurar los modelos de movilidad dominantes, históricamente centrados en el automóvil particular, que incorpora tipologías de movilidad activa como componentes estructurales de sistemas más equitativos y sostenibles. A escala global, la movilidad ciclista presenta un desarrollo heterogéneo; mientras ciudades europeas como —Ámsterdam y Copenhague — se consolidan como referentes, su expansión en otros contextos depende de factores sociales, culturales, normativos y políticos que condicionan la institucionalización de la cultura ciclista y la provisión de infraestructura (Dekoster y Schollaert, 2000; ONU-Hábitat, 2018; Filippi, 2022).

En América Latina, el desarrollo de la movilidad ciclista ha estado marcado por tensiones estructurales propias de la región. Experiencias pioneras en ciudades como Bogotá y Curitiba evidencian avances institucionales relevantes (de la Paz Díaz Vázquez, 2017), no obstante, el uso de la bicicleta permanece asociado predominantemente a sectores populares o a prácticas recreativas, más que a un medio de transporte cotidiano. Esta situación se vincula con la configuración territorial del modelo urbano vigente, la ciudad fragmentada, así como con la desigual distribución de servicios, equipamientos y subcentros urbanos, lo que deriva en patrones de desplazamiento desarticulados e ineficientes (CAF, 2011; Soto Canales, 2024).

En México, el predominio del automóvil y la expansión urbana se asocian con congestión vial, mayores distancias y costos de traslado, así como impactos ambientales y desigualdades socioeconómicas (Gutiérrez Hernández et al., 2016; ONU-Hábitat, 2017). Aunque se han impulsado proyectos de infraestructura ciclista, su deterioro, las deficiencias de mantenimiento y la conectividad limitada evidencian que la provisión de ciclovías no garantiza por sí misma condiciones adecuadas de circulación ni su articulación con el entorno urbano (Rivera-Sánchez et al., 2022; Quintero-Barbosa y Chávez-González, 2023).

Estas condiciones revelan la necesidad de instrumentos de evaluación y planeación que, desde una perspectiva integral, analicen simultáneamente las condiciones operativas de la infraestructura ciclista y su articulación con el entorno urbano inmediato, como base para valorar las condiciones operativas y territoriales de la infraestructura ciclista.

Si bien estos enfoques consideran dimensiones complementarias del entorno urbano, su integración resulta especialmente pertinente en ciudades mexicanas, donde la movilidad ciclista enfrenta barreras físicas y estructurales. Aunque herramientas como el Highway Capacity Manual [HCM] (Transportation Research Board [TRB], 2010) incorporan criterios para peatones y ciclistas, la evaluación del nivel de servicio continúa orientada al transporte motorizado y privilegia métricas de capacidad que no reflejan adecuadamente las condiciones reales de uso en ciudades medias.

En este contexto, el estudio tiene como objetivo evaluar las condiciones operativas de la infraestructura ciclista y su proximidad a equipamientos urbanos generadores de desplazamientos cotidianos en Ciudad Victoria, Tamaulipas, mediante la construcción y aplicación de un índice compuesto, denominado Índice Técnico de Condición Operativa y Accesibilidad [ITCOA], que integra ambas dimensiones para valorar su funcionalidad territorial a escala de AGEB**4**.

II. MARCO TEÓRICO

La literatura especializada ha avanzado en la evaluación de la comodidad y conveniencia del ciclismo urbano; sin embargo, persiste una falta de consenso terminológico y metodológico. Lowry et al. (2012) distinguen entre idoneidad, bikeability y aptitud para el uso de bicicletas, conceptos que abordan distintas escalas de análisis: tramos específicos hasta evaluaciones comunitarias que incorporan aspectos normativos, operativos y socioculturales.
Evaluación de la infraestructura ciclista y movilidad urbana

Las condiciones del desplazamiento ciclista a escala urbana como intraurbana, pueden evaluarse mediante métodos, modelos e índices orientados a clasificar su desempeño a partir de criterios específicos. Dado que estos instrumentos están homologados con respecto a las variables o ponderaciones, su aplicación puede producir resultados contradictorios.

La facilidad de uso de la bicicleta, entendida como satisfacción del usuario, varía significativamente entre países y ciudades. Por ello, se han desarrollado métricas para evaluar el entorno construido desde el ciclismo urbano, que considera seguridad, comodidad y eficiencia (Ahmed et al., 2025). Entre las más empleadas destacan el Nivel de Servicio para Bicicletas [BLOS] y el Índice de Ciclabilidad [BI]. El BLOS analiza comodidad,

4 Áreas Geoestadísticas Básicas, Unidad territorial establecida por el INEGI.

MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD CICLISTA EN CIUDAD VICTORIA, MÉXICO.
ÍNDICE TÉCNICO DE CONDICIÓN OPERATIVA Y ACCESIBILIDAD (ITCOA)
FRANCISCO VALLEJO-TORRES, JULIÁN BLANCO-LUNA, KARINA SOTO-CANALES
REVISTA URBANO Nº 54 / NOVIEMBRE 2026 - ABRIL 2027
PÁG. 106 - 119
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

Método	Acrónimo	Referencia
Calificación de adecuación para bicicletas	BSR	Davis (1995)
Clasificación del nivel de comodidad de la bicicleta	BCLR	Beura et al. (2021)
Evaluación de adecuación para bicicletas	BSA	Emery el tal. (2003)
Evaluación de ciclabilidad (bikeability)		Grigore et al. (2019)
Índice de calificación de seguridad ciclista	BSIR	Davis (1987)
Índice de ciclabilidad (bikeability)	BI	Valenzuela et al. (2022); Castañon et al. (2024)
Índice de compatibilidad ciclista	BCI	Harkey et al. (1998)
Índice de condición de la carretera	RCI	Epperson (1994)
Índice Copenhagenize		Copenhagenize Design Company (2025)
Nivel de estrés ciclista	BSL	Sorton y Walsh (1994)
Nivel de servicio para bicicletas	BLOS	Botma (1995) TRB (2010) Jensen (2007) Lowry et al. (2012) Okon y Moreno (2019)
Puntuación de adecuación para bicicletas	BSS	Turner et al. (1997)

Tabla 1. Métodos de evaluación de infraestructura ciclista. Fuente: Elaboración de los autores .

seguridad, riesgo frente al tráfico motorizado y conveniencia del recorrido en corredores viales específicos (Ilie et al., 2016; Lowry et al., 2012). En contraste, el BI evalúa la accesibilidad hacia destinos deseables, que considera la red ciclista como sistema integrado cuyo desempeño depende de capacidad, comodidad percibida y conectividad (Saghapour et al., 2017).

Lowry et al. (2012) identifican múltiples enfoques para evaluar la idoneidad de la infraestructura ciclista, orientados a calificar el nivel de comodidad y seguridad percibida al circular por segmentos específicos. Aunque estos métodos comparten una estructura general, difieren en criterios seleccionados, lógica de puntuación y mecanismos de integración de variables. Estas decisiones metodológicas responden a marcos conceptuales y evidencias empíricas que justifican la inclusión o exclusión de atributos, así como la configuración del sistema de evaluación. La tabla 1 presenta diversas metodologías desarrolladas para evaluar el desempeño de la infraestructura ciclista en entornos urbanos, las que integran diversos enfoques (diseño, operatividad).

Los métodos previamente enunciados se diferencian por factores socioeconómicos, tecnológicos y culturales, así como por condiciones del entorno físico natural, como la topografía o el clima; en algunos casos, incluso incorporan características del vehículo (bicicleta), como la orientación del manubrio, y, sobre todo, las expectativas de los residentes de cada ciudad (Okon & Moreno, 2019).

La diversidad metodológica identificada en la Tabla 1 evidencia la ausencia de un marco estandarizado para evaluar la infraestructura ciclista. Aunque estas propuestas constituyen antecedentes relevantes, algunas responden a contextos específicos y limitan su transferencia y réplica, particularmente en ciudades como Victoria, Tamaulipas. En consecuencia, persiste la necesidad de instrumentos que integren atributos distintos de evaluación de la infraestructura ciclista, como propone el ITCOA.
Entorno construido y movilidad ciclista: las 5D

Aunado a lo anterior, se han desarrollado esfuerzos orientados a establecer medidas y estándares que permitan evaluar distintos parámetros asociados a la calidad de la infraestructura ciclista. Más allá de los atributos operativos de las ciclovías, ha crecido el interés por comprender los factores tangibles que inciden en los desplazamientos en bicicleta.

Desde esta perspectiva, el entorno urbano se concibe como un sistema integrado por diseño urbano, uso del suelo y transporte. Para analizar su relación con la movilidad, la literatura recurre a las "5D": densidad, diversidad, diseño, accesibilidad a destinos y distancia al transporte público (Cervero y Kockelman, 1997). Ewing y Cervero (2010) amplían este modelo al enfoque "7D", que incorpora gestión de la demanda y demografía. Estudios recientes suman atributos a nivel de calle, como calidad de infraestructura ciclista, conectividad, vegetación y carriles exclusivos, que influyen en la experiencia, seguridad y comodidad de peatones y ciclistas (Bai et al., 2023; Bialkova et al., 2022).

MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD CICLISTA EN CIUDAD VICTORIA, MÉXICO.
ÍNDICE TÉCNICO DE CONDICIÓN OPERATIVA Y ACCESIBILIDAD (ITCOA)
FRANCISCO VALLEJO-TORRES, JULIÁN BLANCO-LUNA, KARINA SOTO-CANALES
REVISTA URBANO Nº 54 / NOVIEMBRE 2026 - ABRIL 2027
PÁG. 106 - 119
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

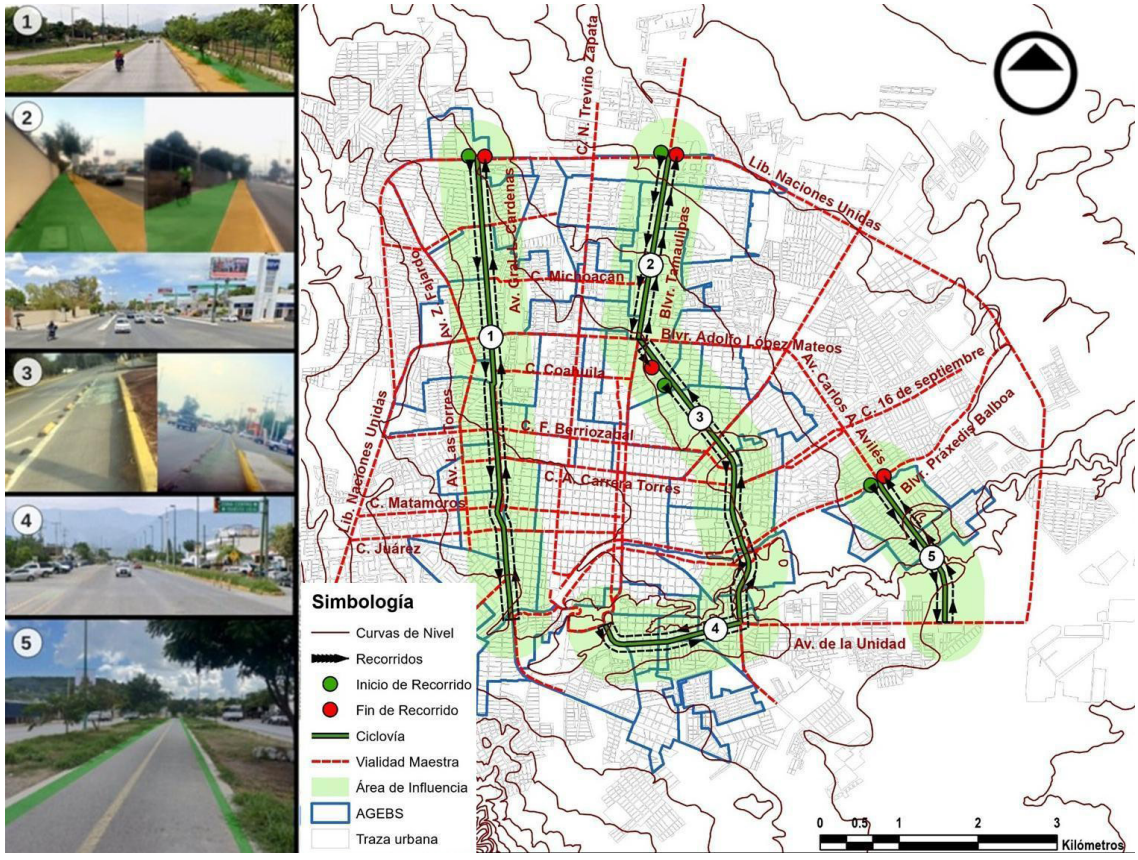

Figura 1. Rutas de ciclovías en Ciudad Victoria, Tamaulipas. Fuente: Elaboración de los autores.

Indicadores sintéticos aplicados a la movilidad activa

Con base en el marco teórico desarrollado, el estudio plantea una evaluación de la infraestructura ciclista. El índice se concibe como sintético debido a su carácter multifactorial, algunos de estos se enfocan en la medición de conceptos multidimensionales (Becker, 2022) que no pueden ni describirse ni evaluarse con una sola variable (Kelemen et al., 2024). De acuerdo con Lozares Colina & López Roldán (1991) el diseño del índice parte de la delimitación del marco conceptual que orienta la selección de variables, mientras que, conforme a Blancas Peral et al. (2011), la estructura del ITCOA se fundamenta en la agregación estadística multivariada que permite una valoración contextualizada de la infraestructura de análisis.

III. ESTUDIO DE CASO

Este artículo evalúa las condiciones espaciales y operativas de la infraestructura ciclista en Ciudad Victoria, Tamaulipas, una ciudad clasificada como una ciudad media de acuerdo con el Sistema Urbano Nacional del Consejo Nacional de Población [CONAPO] (Nava et al., 2014). Conforme al Censo Nacional de población 2020 registra una población de casi 350 mil habitantes y una densidad de 211hab/km^2, cifra que supera a la media nacional (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2020). Su extensión territorial se contiene en un radio aproximado de 5 km, presenta condiciones espaciales que permiten considerar el potencial de los desplazamientos ciclistas de corta y mediana distancia, salvo en sectores condicionados por aspectos orográficos de la Sierra Madre Oriental, localizada al suroeste del área urbana.

Respecto a la accesibilidad en transporte, los datos censales de 2020 en Tamaulipas indican que 21.2% de las viviendas dispone de bicicleta, mientras que poco más del doble de las viviendas (46.5%) posee algún vehículo automotor. En el caso de Ciudad Victoria,16.1% de las viviendas disponen de bicicleta y 67.4% poseen un auto o camioneta.

En la siguiente figura se delimitan las AGEB y su área de influencia inmediata respecto a las rutas ciclistas del área urbana de estudio, con el propósito de analizar su nivel de conectividad con la red

MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD CICLISTA EN CIUDAD VICTORIA, MÉXICO.
ÍNDICE TÉCNICO DE CONDICIÓN OPERATIVA Y ACCESIBILIDAD (ITCOA)
FRANCISCO VALLEJO-TORRES, JULIÁN BLANCO-LUNA, KARINA SOTO-CANALES
REVISTA URBANO Nº 54 / NOVIEMBRE 2026 - ABRIL 2027
PÁG. 106 - 119
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

Nomenclatura	Variable	Descripción	Criterios de ponderación
OV	Vegetación	Evaluación de invasión del gálibo libre latero o vertical	Su condición: 1= Impide continuar el trayecto. 2= Complica la circulación. 3= No genera afectaciones al desplazamiento.
OPU	Publicidad		
OPA	Paraderos de transporte público (parabús)		
OOE	Elementos ornamentales		
DRS	Superficie de rodamiento	Daño en la capa de rodadura por baches, grietas o levantamiento de la superficie	
PCI	Establecimiento de cruces seguros	Riesgo o complicación al cruzar una vialidad o cambiar de costado	
ISS	Elementos operativos de tránsito	Presencia de dispositivos de señalamiento y separadores del tráfico que eficiente el desplazamiento del ciclista	
PA	Pendiente longitudinal	Grado de inclinación longitudinal de la ciclovía en tramos superiores a 50 metros.	

Tabla 2. Elementos de la condición operativa que integran las variables del ITCOA. Fuente: Elaboración de los autores.

de vialidad primaria de Ciudad Victoria. También se presentan los recorridos realizados, con sus respectivos puntos de inicio y final.

IV. METODOLOGÍA

El estudio adopta un enfoque cuantitativo-espacial a través de la construcción del Índice Técnico de Condición Operativa y Accesibilidad (ITCOA), que integra dos dimensiones complementarias: las condiciones operativas de la infraestructura ciclista y su proximidad a equipamientos urbanos generadores de desplazamientos cotidianos, lo que permite valorar la funcionalidad territorial a partir de atributos físicos de circulación y características espaciales del entorno.

La evaluación operativa se realizó mediante recorridos sistemáticos videograbados con una cámara instalada en la bicicleta, que toma como referencia el procedimiento de Henao y Apparicio (2022). Cada recorrido ciclista, se ejecutó una vez de ida y vuelta, los días hábiles entre el 21 y el 23 de abril de 2025, durante el periodo vespertino de máxima demanda (17:00-19:30 horas) y en condiciones ambientales sin precipitación, que sigue estrictamente el trazado de la ruta y el sentido de circulación; en este proceso se generó el registro videográfico para la evaluación de las variables.

A partir de la revisión de las videograbaciones, se evaluaron ocho variables relacionadas con obstáculos, superficie de rodamiento, seguridad y características geométricas de la infraestructura. Cada variable recibió una puntuación mediante una escala ordinal de tres niveles conforme a los criterios de la Tabla 2. La selección de variables tomó como referencia el *Highway Capacity Manual* (Transportation Research Board [TRB], 2010; Moreno et al., 2025), el *Manual de Calles para Ciudades Mexicanas* (Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano [SEDATU], 2018) y la *Guide for the Development of Bicycle Facilities* (American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO], 1999).

La segunda dimensión considera la proximidad territorial de equipamientos urbanos generadores de desplazamientos cotidianos esenciales para el desarrollo social, a partir de información geoestadística del INEGI y registros del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas [DENUE] (INEGI, 2025, procesados en ArcMap.

Para evaluar la accesibilidad potencial, se delimitó un área de influencia de 500 metros paralela al trazado de la ciclovía cercano al rango de proximidad de Cervero y Kockelman (1997) de ¼ de milla. Se definieron cuatro categorías de equipamiento y se estableció una escala ordinal de tres niveles según su localización respecto al área de influencia y al AGEB evaluada (Tabla 3).

Las puntuaciones de ambas dimensiones se integraron en una base geoestadística para calcular el ITCOA por AGEB mediante una media aritmética ponderada. Se asignaron

MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD CICLISTA EN CIUDAD VICTORIA, MÉXICO.
ÍNDICE TÉCNICO DE CONDICIÓN OPERATIVA Y ACCESIBILIDAD (ITCOA)
FRANCISCO VALLEJO-TORRES, JULIÁN BLANCO-LUNA, KARINA SOTO-CANALES
REVISTA URBANO Nº 54 / NOVIEMBRE 2026 - ABRIL 2027
PAG. 106 - 119
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

Nomenclatura	Variable	Descripción	Criterios de ponderación
SSA	Servicios de salud pública	Hospitales públicos	1= Sin equipamiento dentro del área de influencia de 500 m. 2= Equipamiento dentro de los 500 m, en AGEB colindante. 3= Equipamiento dentro de los 500 m, en la AGEB evaluada
SSE	Equipamiento educativo	Espacios académicos de cualquier nivel (básico, media, superior)	
SSP	Equipamiento recreativo-deportivo-cultural	Plazas, parques, unidades deportivas y culturales.	
SSEm	Fuentes de empleo de alta aglomeración	Equipamientos, servicios y comercios con registro de más de 250 empleados.	

Tabla 3. Elementos del entorno urbano construido del ITCOA. Fuente: Elaboración de los autores.

coeficientes unitarios a once variables, mientras que la pendiente longitudinal (PA) recibió un coeficiente de dos como propuesta empírica, que considera su incidencia en el esfuerzo físico y las condiciones de circulación ciclista. Esta ponderación diferenciada tuvo como referencia estudios de evaluación multicriterio que reconocen la importancia relativa de esta variable y contemplan ajustes en su peso, justificados a partir de regresiones lineales múltiples (Olgun, 2020) y de sugerencias empíricas directas orientadas a representar adecuadamente la aptitud para el ciclismo, que refiere a la capacidad del ciclista para circular en un terreno con pendiente (Werner et al., 2024). En una primera instancia, las pendientes de los segmentos inmersos en los AGEB se evaluaron in situ durante los recorridos realizados, y la puntuación asignada se corroboró con el software Google Earth Pro en función del cumplimiento de la NOM-004-SEDATU-2023 (SEDATU, 2024, apartado 7.4.1.2), que establece la relación pendiente-longitud. Se establecieron tres niveles de valoración: favorable (3), para pendientes inferiores al 3%; intermedio (2), para las comprendidas entre 3% y 6% cuya longitud no superara el máximo admisible (500 metros); y desfavorable (1), cuando alguna condición excediera la relación. Para inclinaciones que se extendían por varios AGEB se tomó en cuenta la continuidad de la pendiente desde el inicio de la variación del relieve.

$$ITCOA = (OV + OPU + OPA + OOE + DRS + PCI + ISS + 2PA + SSA + SSE + SSP + SSEm) / 13$$

El denominador corresponde a la suma de los coeficientes, con una distribución de nueve unidades de peso para la condición operativa y cuatro para la proximidad a equipamientos. El índice presenta un rango teórico de 1 a 3, donde los valores superiores representan condiciones más favorables conforme a los atributos evaluados. Las puntuaciones resultantes se representaron mediante SIG y se clasificaron por puntos de cortes de la clasificación mediante Cortes Naturales (Jenks), cuyos puntos de quiebre se conservaron para el análisis de sensibilidad al modificar la ponderación de la pendiente longitudinal de dos a uno.

V. RESULTADOS

El análisis espacial del ITCOA permitió clasificar las 57 AGEB evaluadas en tres intervalos: 20 (35.1%) con puntuaciones inferiores, 19 (33.3%) intermedias y 18 (31.6%) superiores. El índice registró un promedio de 2.310, con valores entre 1.846 y 2.769.

La distribución de los equipamientos urbanos dentro del área de influencia de las rutas ciclistas (Figura 2) muestra una presencia relativamente continua, aunque con diferencias en su concentración y diversidad. Se identifican sectores donde confluyen distintas categorías de equipamiento y otros donde su distribución es más dispersa o se limita a determinados servicios. Por ende, la red ciclista existente garantiza presenta proximidad espacial hacia un conjunto significativo de equipamiento básico; pero persisten vacíos territoriales que dejan a determinadas áreas fuera de su cobertura.

Los resultados del ITCOA, muestran que predominan tramos de infraestructura ciclista sin condiciones integradas de accesibilidad, infraestructura y operatividad, mientras que los segmentos que satisfacen conjuntamente estos atributos resultan excepcionales.

Los AGEB con valores más altos se localizan principalmente al sur de la ciudad, sobre vialidades primarias (Blvd. Fidel Velázquez y Av. de la Unidad) y próximos a equipamientos urbanos (educación, recreación, administración pública y salud), aunque las pendientes limitan la operación. Este patrón local, sugiere de una articulación territorial derivada de la infraestructura ciclista sobre corredores estructurantes más que de una estrategia de accesibilidad, lo que limita la conformación de una red continua. En contraste, las puntuaciones más bajas, concentradas en el norte, en las rutas habilitadas en la Av. Gral. Lázaro Cárdenas y en Blvd. Tamaulipas, se relacionan con obstáculos, discontinuidades, deficiencia en los dispositivos de tránsito y deterioro de la infraestructura ciclista (Figura 4).

Los valores máximos (2.769) corresponden a las AGEB 6, 16, 21 y 22, y el mínimo (1.846), al AGEB 28. Entre las variables operativas,

MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD CICLISTA EN CIUDAD VICTORIA, MÉXICO. ÍNDICE TÉCNICO DE CONDICIÓN OPERATIVA Y ACCESIBILIDAD (ITCOA)
FRANCISCO VALLEJO-TORRES, JULIÁN BLANCO-LUNA, KARINA SOTO-CANALES
REVISTA URBANO Nº 54 / NOVIEMBRE 2026 - ABRIL 2027
PÁG. 106 - 119
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

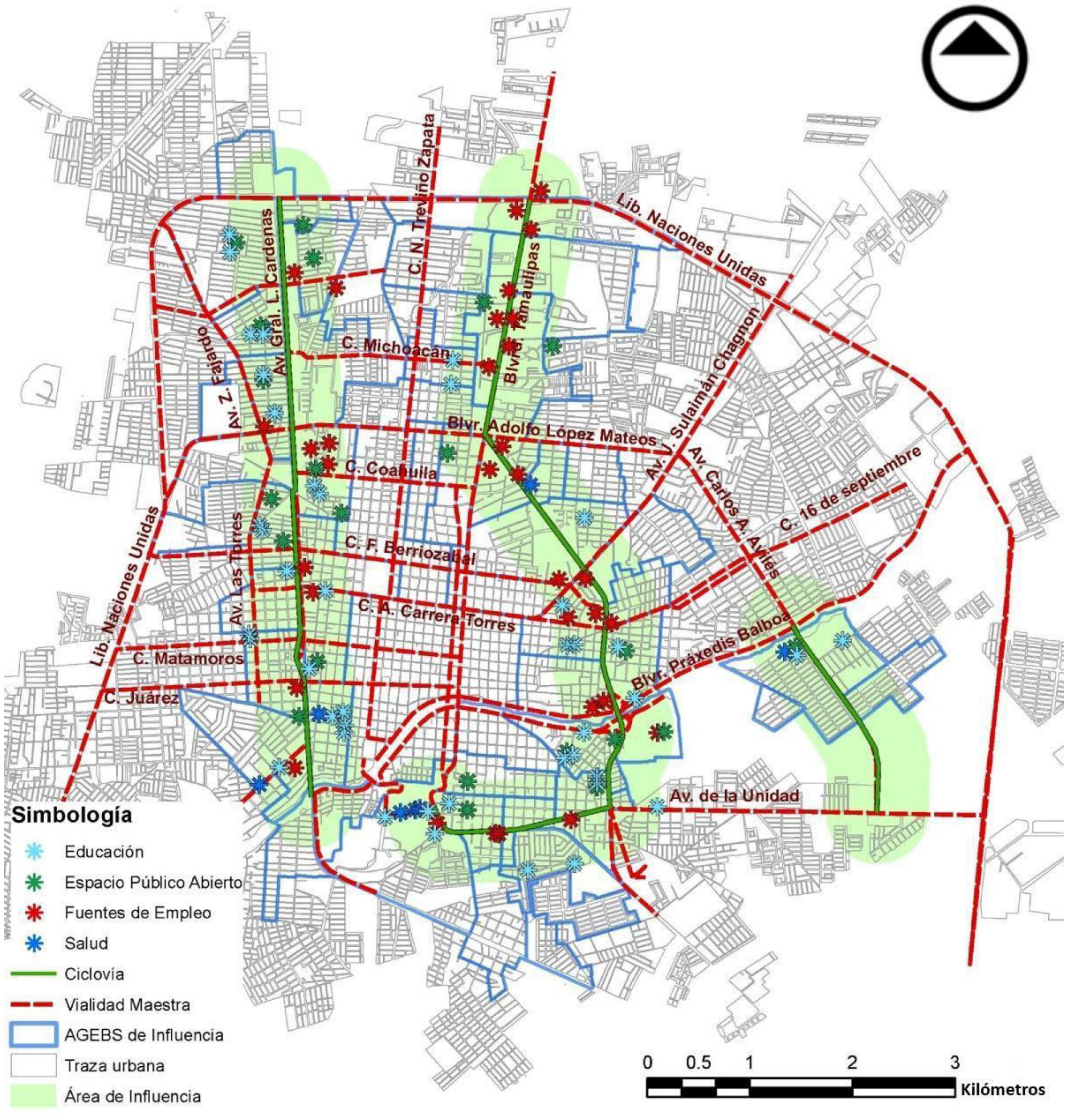

Figura 2. Localización de equipamiento urbano y espacios de alta concentración en espacios adyacentes a la infraestructura ciclista. Fuente: Elaboración de los autores.

los dispositivos de tránsito (ISS) registraron la menor puntuación del promedio (1.491). La figura 4 permite identificar la relación de las AGEB con las puntuaciones desagregadas de la tabla 4.

Para comprobar la influencia de la ponderación de la pendiente longitudinal en el ITCOA, se realizó un análisis de sensibilidad que comparó el modelo original con un escenario de ponderación unitaria, que mantuvo constantes las demás variables. El promedio del índice disminuyó de 2.310 a 2.273 y el 80.70 % de las AGEB (46 de 57) conservaron su clasificación. De las AGEB restantes (19.30 %), cinco (4, 19, 39, 41 y 43) pasaron de la categoría intermedia a superior, mientras que la 54 cambió de inferior a intermedia. Destaca que las AGEB promovidas a la categoría superior contienen segmentos que incumplen la relación pendiente-longitud establecida en la NOM-004-SEDATU-2023, lo que sugiere cuestionar su potencial operativo y de accesibilidad. Las AGEB 11, 25, 28, 35 y 47 salieron del rango del ITCOA por su puntuación baja y comparten la constante de presentar deficiencias referentes a los atributos operativos.

La condición operativa obtuvo una media de 2.171 inferior a la de proximidad de equipamientos (2.478). Las AGEB 23 y 30

MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD CICLISTA EN CIUDAD VICTORIA, MÉXICO.
ÍNDICE TÉCNICO DE CONDICIÓN OPERATIVA Y ACCESIBILIDAD (ITCOA)
FRANCISCO VALLEJO-TORRES, JULIÁN BLANCO-LUNA, KARINA SOTO-CANALES
REVISTA URBANO Nº 54 / NOVIEMBRE 2026 - ABRIL 2027
PAG. 106 - 119
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

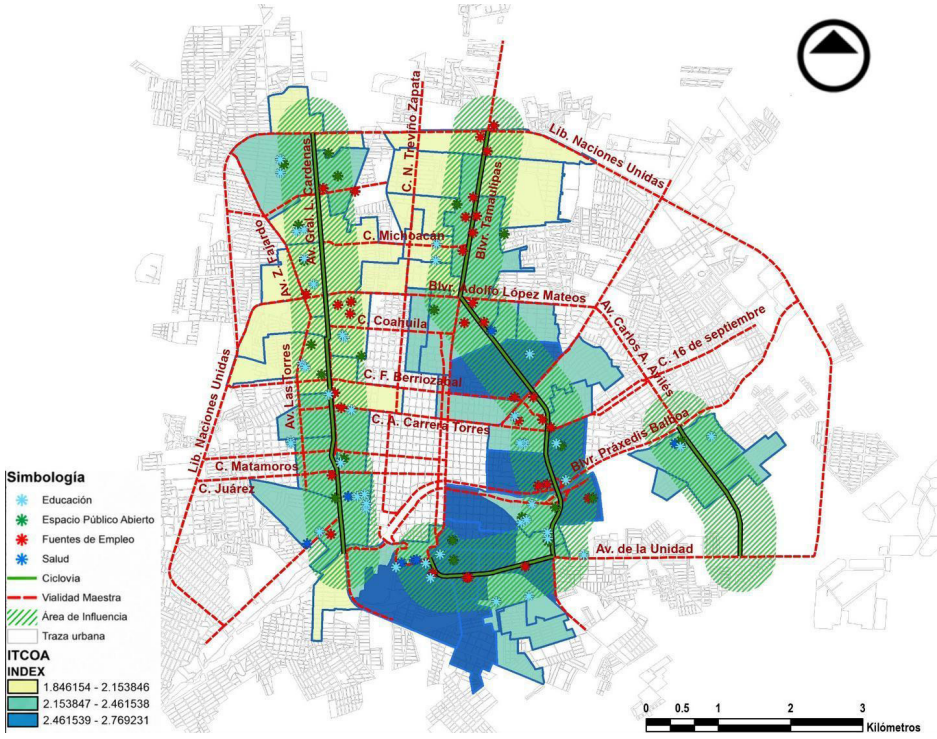

Figura 3. Jerarquización de los AGEB en la aplicación del ITCOA. Fuente: Elaboración de los autores.

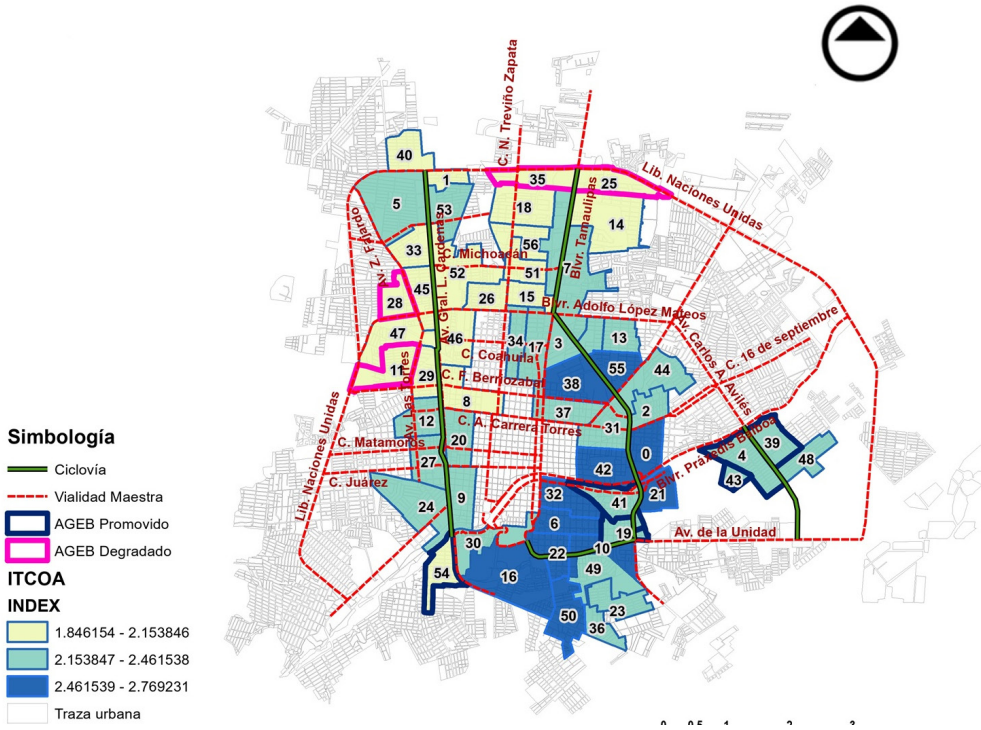

Figura 4. Clasificación del ITCOA con ponderación doble de pendiente longitudinal PA=2 e identificación de AGEB sensibles a su modificación (PA=1). Fuente: Elaboración de los autores.

MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD CICLISTA EN CIUDAD VICTORIA, MÉXICO.
ÍNDICE TÉCNICO DE CONDICIÓN OPERATIVA Y ACCESIBILIDAD (ITCOA)
FRANCISCO VALLEJO-TORRES, JULIÁN BLANCO-LUNA, KARINA SOTO-CANALES
REVISTA URBANO Nº 54 / NOVIEMBRE 2026 - ABRIL 2027
PÁG. 106 - 119
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

AGEB	OV	UPU	OPA	OOE	DRS	PCI	ISS	PA	SSA	SSE	SSP	SSEm	Índice
0													2.615385
1													2.153846
2													2.307692
3													2.384615
4													2.384615
5													2.230769
6													2.769231
7													2.230769
8													2.000000
9													2.461538
10													2.692308
11													1.923077
12													2.230769
13													2.461538
14													2.076923
15													2.076923
16													2.769231
17													2.307692
18													2.076923
19													2.384615
20													2.461538
21													2.769231
22													2.769231
23													2.307692
24													2.384615
25													1.923077
26													2.000000
27													2.461538
28													1.846154
29													2.076923
30													2.307692
31													2.307692
32													2.615385
33													2.076923
34													2.384615
35													1.923077
36													2.307692
37													2.461538
38													2.615385
39													2.384615
40													2.076923
41													2.461538
42													2.692308
43													2.384615
44													2.384615
45													2.153846
46													2.000000
47													2.000000
48													2.307692
49													2.461538
50													2.538462
51													2.076923
52													2.153846
53													2.307692
54													2.153846
55													2.615385
56													2.000000

Tabla 4. Presentación de valores asignado a AGEB y cálculo de índice propuesto. Fuente: Elaboración de los autores. Nota: El color rojo refiere a un valor de 1, el amarillo a un valor de 2 y el verde a un valor de 3.

MOVILIDAD Y ACCESIBILIDAD CICLISTA EN CIUDAD VICTORIA, MÉXICO.
ÍNDICE TÉCNICO DE CONDICIÓN OPERATIVA Y ACCESIBILIDAD (ITCOA)
FRANCISCO VALLEJO-TORRES, JULIÁN BLANCO-LUNA, KARINA SOTO-CANALES
REVISTA URBANO Nº 54 / NOVIEMBRE 2026 - ABRIL 2027
PAG. 106 - 119
ISSN 0717 - 3997 / 0718 - 3607

ejemplifican la importancia de examinar los componentes, ambas alcanzaron un ITCOA de 2.308 aunque la primera registró 2.667 en condición operativa y 1.500 en proximidad, frente a 2.000 y 3.000 respectivamente en la segunda unidad territorial. Estas diferencias muestran que puntuaciones finales similares pueden corresponder a condiciones territoriales distintas.

VI. DISCUSIONES

Los resultados permiten ampliar la evaluación de la movilidad ciclista más allá de la provisión física de infraestructura, al permitir identificar diferencias territoriales relevantes para valorar la funcionalidad potencial de dicha infraestructura, en concordancia con los planteamientos que vinculan la accesibilidad con la equidad territorial (Soto Canales, 2024).

En contraste con las metodologías revisadas en la Tabla 1, que abordan de forma independiente el nivel de servicio vial (como el BLOS) o la conectividad topológica pura (como el BI), el ITCOA integra ambas dimensiones mediante una evaluación ponderada a la escala de AGEB. En su dimensión operativa retoma criterios como el estado de la superficie de rodamiento (Davis, 1995; Emery, Crump y Bors, 2003), la seguridad de los cruces (TRB, 2010; Grigore et al., 2019), los dispositivos de tránsito (Okon y Moreno, 2019) y la pendiente longitudinal (Grigore et al., 2019; Castañon et al., 2024).

Sin embargo, en Ciudad Victoria, el instrumento permitió visibilizar afectaciones específicas asociadas con la invasión del espacio ciclista por vegetación (Ye et al., 2024) de follaje bajo, publicidad (Talaat & Othman,, 2023), elementos ornamentales y paraderos de transporte público (Huang et al., 2018) , además del deterioro del pavimento provocado por raíces. Estas condiciones evidencian deficiencias en el mantenimiento y problemas de ocupación del espacio público que comprometen la operatividad de la infraestructura ciclista.

En su dimensión de accesibilidad, el ITCOA considera la proximidad a equipamientos educativos, recreativos, deportivos y culturales, así como a fuentes de empleo, contemplados en distintas aproximaciones a la ciclabilidad (Lowry et al., 2012; Grigore et al., 2019; Castañon et al., 2024). La incorporación de servicios de salud pública amplía las categorías de equipamiento evaluadas y permite considerar su distribución territorial respecto a las rutas ciclistas. Esta aproximación reconoce la importancia de los destinos cotidianos en la evaluación de la movilidad activa, en relación con la estructura urbana y los patrones de uso del suelo (Cervero y Kockelman, 1997; Zhao et al., 2020).

La principal aportación analítica del ITCOA, radica en integrar ambas dimensiones para identificar discrepancias entre la proximidad y las condiciones operativas, que podrían pasar inadvertidas en evaluaciones unidimensionales. El AGEB 15, por ejemplo, las puntuaciones altas en educación, recreación y empleo contrastan con deficiencias en cruces, dispositivos de tránsito y obstrucciones, lo que se refleja en un ITCOA de 2.077. Este contraste muestra que la disponibilidad de equipamientos próximos puede coexistir con condiciones deficientes de circulación, una diferencia que las evaluaciones centradas exclusivamente en la proximidad a destinos no permiten reconocer.

La aplicación del ITCOA permitió identificar tramos en las rutas cuyas condiciones de pendiente longitudinal no se ajustan a los parámetros de relación pendiente-longitud establecidos en la NOM-004-SEDATU-2023 (SEDATU, 2024). Aunque esta normativa es posterior a la construcción de las infraestructuras evaluadas, las diferencias identificadas permiten reconocer condiciones geométricas que ameritan una revisión técnica. Dadas las posibles implicaciones en la circulación ciclista, se considera pertinente examinar en futuras investigaciones la magnitud de su incidencia en la utilización de estos espacios.

Los resultados aportan elementos para orientar intervenciones diferenciadas de mantenimiento, adecuación y articulación con el entorno urbano. Esta lectura crítica resulta pertinente para la planeación de la movilidad ciclista en ciudades medias latinoamericanas, donde las condiciones de operación y la gestión del espacio público pueden limitar el aprovechamiento de la infraestructura existente.

VII. CONCLUSIONES

Los resultados de la aplicación del ITCOA en Ciudad Victoria permitieron identificar diferencias territoriales en las condiciones operativas de la infraestructura ciclista y su proximidad a equipamientos urbanos. La presencia de equipamientos próximos en sectores con deficiencias operativas evidencia la pertinencia de evaluar de manera conjunta estas dimensiones para comprender integralmente la funcionalidad territorial de la infraestructura.

En este sentido, el índice aporta una lectura diferenciada de las condiciones evaluadas, más allá de la disponibilidad física de ciclovías. El desglose de las puntuaciones por variable, en complemento al análisis del resultado del ITCOA, permite reconocer las condiciones específicas por AGEB que permiten identificar territorialmente, elementos para orientar intervenciones de mantenimiento y adecuación de la infraestructura. Esta lectura resulta importante porque unidades territoriales con puntuaciones similares pueden presentar condiciones distintas y, por tanto, requerir intervenciones diferenciadas.

Si bien el ITCOA permite identificar diferencias entre AGEB evaluadas, no mide directamente los desplazamientos realizados, la percepción de seguridad ni las decisiones de

movilidad ciclistas. En consecuencia, sus resultados no permiten establecer relaciones causales entre los atributos evaluados y el comportamiento de los usuarios. El análisis de sensibilidad evidenció que la mayoría de las AGEB conserva su clasificación ante la modificación de la ponderación de la pendiente longitudinal, aunque determinadas unidades presentan cambios que deben considerarse en la interpretación territorial del índice. Los que, posibilitan el reconocimiento de la influencia de las decisiones de ponderación y la pertinencia de examinar su estabilidad en futuras investigaciones.

VIII. CONTRIBUCIÓN DE AUTORES CRediT:

Conceptualización, F.J.V.T., K.S.C.; Curación de datos, F.J.V.T.; Análisis formal, F.J.V.T.; Adquisición de financiación; Investigación, J.B-L..; Metodología, F.J.V.T., K.S.C.; Administración de proyecto, J.B-L.; Recursos; Software, F.J.V.T., K.S.C.; Supervisión, K.S.C.; Validación, K.S.C.; Visualización, K.S.C ; Escritura – borrador original, F.J.V.T., K.S.C.; Escritura – revisión y edición, J.B-L., K.S.C..

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Association of State Highway and Transportation Officials [AASHTO]. (1999). Guide for the development of Bicycle Facilities. AASHTO.

Ahmed, T., Pridavani, A. Sitohang, I. F., Wets, G. & Janssens, D. (2025). Assessment methods for bicycle environment safety and comfort: A scoping review. *Sustainable Futures*, *9*, 100457. https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100457

Avila-Palencia, I., Sarmiento, O.L., Gouveia, N. Jáuregui, A., Mascolli, M. A., Slovic, A. D. & Rodríguez, D. A. (2023). Bicycle use in Latin American cities: changes over time by socio-economic position. *Frontiers in Sustainable Cities*, *5*, 1055351. https://doi.org/10.3389/frsc.2023.1055351

Bai, Y., Bai, Y., Wang, R., Yang, T., Song, X., & Bai, B. (2023). Exploring Associations between the Built Environment and Cycling Behaviour around Urban Greenways from a Human-Scale Perspective. *Land, 12*(3), 619. https://doi.org/10.3390/land12030619

Becker, W. (7 de julio de 2022). *Composite Indicator Development and Analysis in R with COINr.* https://bluefoxr.github.io/COINrDoc/

Beura, S. K., Chellapilla, H., Panda, M., & Bhuyan, P. K. (2021). Bicycle Comfort Level Rating (BCLR) model for urban street segments in mid-sized cities of India. *Journal of Transport & Health*, *20,* 100971. https://doi.org/10.1016/j.jth.2020.100971

Bialkova, S., Ettema, D., & Djist, M. (2022). How do design aspects influence the attractiveness of cycling streetscapes: Results of virtual reality experiments in the netherlands. *Transportation Research Part A: Policy and Practice, 162*, 315-331. https://doi.org/10.1016/j.tra.2022.06.002

Blancas Peral, F. J., Contreras Rubio, I., & Ramírez Hurtado, J. M. (2011). Construcción de indicadores sintéticos: una aproximación para maximizar la discriminación. *Anales de ASEPUMA*, (19), 0110. https://investiga.upo.es/documentos/5eb2892329995203e240fe76

Botma, H. (1995). Method to Determine Level of Service for Bicycle Paths and Pedestrian Bicycle Paths. *Transportation Research Record*, 1502, 38-44. https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1995/1502/1502-005.pdf

CAF. (2011). *Desarrollo urbano y movilidad en América Latina*. CAF - Banco de Desarrollo de América Latina . https://globaltrends.thedialogue.org/publication/desarrollo-urbano-y-movilidad-en-america-latina/

Castañon, U. N., Ribeiro, P. J. G., & Mendes, J. F. G. (2024). Evaluating urban bikeability: a comprehensive assessment of Póvoa de Varzim's network. *Sustainability, 16*(21), 9472. https://doi.org/10.3390/su16219472

Cervero, R., & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, *2*(3), 199-219. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1361-9209(97)00009-6

Copenhagenize Design Company. (2025). *The Global Ranking of Bicycle-Friendly Cities EIT Urban Mobility Edition.* Copenhagenize Index 2025. https://copenhagenizeindex.eu/

Davis, J. W. (1987). *Bicycle safety evaluation.* Auburn University; City of Chattanooga and Chattanooga-Hamilton County Regional Planning Commission.

Davis, J. W. (1995). Bicycle test route evaluation for urban road conditions. In B. K. Lall & D. L. Jones (Eds.), *Transportation Congress,* Civil Engineers—Key to the World Infrastructure (Vol. 2, pp.1063-1076). American Society of Civil Engineers [ASCE].

de la Paz Díaz Vázquez, M. S. (2017). La bicicleta en la movilidad cotidiana: experiencias de mujeres que habitan la Ciudad de México. *Revista Transporte y Territorio*, (16), 112-126. https://revistascientificas.filo.uba.ar/index.php/rtt/article/view/3605

Dekoster, J. y Schollaert, U. (2000). *En bici, hacia ciudades sin malos humos.* Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.

Emery, J., Crump, C., & Bors, P. (2003). Reliability and Validity of Two Instruments Designed to Assess the Walking and Bicycling Suitability of Sidewalks and Roads. *American Journal of Health Promotion*, *18*(1), 38-46. https://doi.org/10.4278/0890-1171-18.1.38

Epperson, B. (1994). Evaluating suitability of roadways for bicycle use: Toward a cycling level-of-service standard. *Transportation Research Record*, 1438, 9-16.

Ewing, R., & Cervero, R. (2010). Travel and the Built Environment: A Meta-Analysis. *Journal of the American Planning Association*, *76*(3), 265-294. https://doi.org/https://doi.org/10.1080/01944361003766766

Filippi, F. (2022). A paradigm shift for a transition to sustainable urban transport. *Sustainability, 14*(5), 2853. https://doi.org/10.3390/su14052853

Grigore, E., Garrick, N., Fuhrer, R., Kay, I., & Axhausen, K. W. (2019). Bikeability in Basel. *Transportation Research Record*, *2673*(6), 1-11. https://doi.org/https://doi.org/10.1177/0361198119839982

Gutiérrez Hernández, J., Soria Anguiano, V. J., & Dorado Pineda, M. L. (2016). *Estudio estadístico de campo del autotransporte nacional: Análisis estadístico de la información recopilada para automóviles, en las estaciones instaladas en 2014*. Sanfandila: Instituto Mexicano del Transporte. https://imt.mx/archivos/Publicaciones/DocumentoTecnico/dt78.pdf

Harkey, D. L., Reinfurt, D. W., & Sorton, A. (1998). *The Bicycle Compatibility Index: A Level of Service Concept, Implementation Manual.* U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration. https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/14487

Henao, A., & Apparicio, P. (2022). Dangerous Overtaking of Cyclists in Montréal. *Safety, 8*(1), 16. https://doi.org/10.3390/safety8010016

Huang, Z., Guo, X., Zhang, C., & Zhang, H. (2018). Modeling the Effects of Bus Stops on Bicycle Traffic Flow by Cellular Automata. *Journal of Advanced Transportation*, *2018*(1), 5876104. https://doi.org/10.1155/2018/5876104

Ilie, A., Oprea, C., Costescu, D., Rosca, E., Dinu, O., & Ghionea, F. (2016). The use of the bicycle compatibility index in identifying gaps and deficiencies in bicycle

networks. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering,* 161, 012097. https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012097

Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. https://gaia.inegi.org.mx/scince2020/

Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. (28 de mayo de 2025). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas.* https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx

Jensen, S. U. (2007). Pedestrian and bicycle level of service on roadway segments. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, *2031*(1), 43-51. https://doi.org/10.3141/2031-06

Kelemen, A., Szabó, Z. K., Bozóli, S., Szádoczki, Z. & Hartvig, Á. D. (2024). A sensitivity analysis of composite indicators: Min/Max thresholds. *Environmental and Sustainability Indicators,* 23, 100453. https://doi.org/10.1016/j.indic.2024.100453

Lowry, M. B., Callister, D., Greshman, M., & Moore, B. (2012). Assessment of Communitywide Bikeability with Bicycle Level of Service. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2314*(1), 41-48. https://doi.org/https://doi.org/10.3141/2314-06

Lozares Colina, C., & López Roldán, P. (1991). El análisis de componentes principales: aplicación al análisis de datos secundarios. *Revista de Sociología*, *37*, 31-63. https://doi.org/https://doi.org/10.5565/rev/papers/v37n0.1595

Moreno, A. T., Cai, Y., Linares-Ramírez, S., Washburn, S. S., Al-Kaisay, A., Barrios, J., & Schroeder, B. (2025). Evaluating quality of service for bicyclist on rural highways: insights form a comprehensive user surey and mixed-logit analysis. *Transportation, 53*, 3795-3831. https://doi.org/10.1007/s11116-025-10620-x

Nava, E., Ramírez, J., & Graizbord, B. (2014). *Potencial de desarrollo de las ciudades de México.* Consejo Nacional de Población [CONAPO]. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99580/Potencial_de_desarrollo_de_las_ciudades_de_Mexico.pdf

Okon, I. E., & Moreno, C. A. (2019). Bicycle Level of Service Model for the Cycloruta, Bogota, Colombia. *Romanian Journal of Transport Infrastructure*, *8*(1), 1-33. https://doi.org/https://doi.org/10.2478/rjti-2019-0001

Olgun, R. (2020). Sustainable Bicycle Path Planning for Medium-Sized Cities by Using GIS-Based Multicriteria Decision-Making Analysis: A Case Study From Turkey. *Turkish Journal of Science and Technology, 15*(1), 19-28. https://search.trdizin.gov.tr/en/yayin/detay/1273837/sustainable-bicycle-path-planning-for-medium-sized-cities-by-using-gis-based-multicriteria-decision-making-analysis-a-case-study-from-turkey

ONU-Habitat. (20 de junio de 2017). *Tendencias del desarrollo urbano en México.* https://onuhabitat.org.mx/index.php/tendencias-del-desarrollo-urbano-en-mexico

ONU-Habitat. (2018). *La bicicleta como medio de transporte: Estrategia 2019-2030 para Bucaramanga y su Área Metropolitana.* ONU-Habitat Países Andinos. https://www.amb.gov.co/wp-content/uploads/Estrategia-de-la-Bicicleta-para-el-AMB-Publicada.pdf

Quintero-Barbosa, B. S., & Chávez-González, M. E. (2023). La regulación de la movilidad ciclista en la Zona Metropolitana Colima-Villa de Álvarez. *Revista Legado de Arquitectura y Diseño*, *18*(34), 187-196. https://doi.org/10.36677/legado.v18i34.20929

Rivera-Sánchez, C. M., Rosas-Ferrusca, F. J., Jiménez-Sánchez, P. L., & Calderón-Maya, J. R. (2022). Caracterización de la Movilidad Urbana en la Ecozona de la Ciudad de Toluca. *Quivera Revista de Estudios Territoriales*, *24*(2), 69-109. https://doi.org/10.36677/qret.v24i2.16945

Saghapour, T., Moridpour, S., & Thompson, R. G. (2017). Measuring cycling accessibility in metropolitan areas. International *Journal of Sustainable Transportation*, *11*(5), 381-394. https://doi.org/10.1080/15568318.2016.1262927

Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano [SEDATU]. (2018). *Manual de calles. Diseño vial para ciudades mexicanas*. Banco Internacional de Desarrollo. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/509173/Manual_de_calles_2019.pdf

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano [SEDATU]. (2024). *Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEDATU-2023, Estructura y diseño para vías urbanas. Especificaciones y aplicación.* Diario Oficial de la Federación [DOF]. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/944945/NOM-004-SEDATU-2023__Estructura_y_disen_o_para_vi_as_urbanas._Especificaciones_y_aplicacio_n.pdf

Sorton, A., & Walsh, T. (1994). Bicycle stress level as a tool to evaluate urban and suburban bicycle compatibility. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1438, 17-24. https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1994/1438/1438-003.pdf

Soto Canales, K. (2024). Desafíos para gestionar accesibilidad y equidad en el sistema movilidad urbana. Análisis en tres escalas geográficas de un subcentro educativo de Monterrey. *Cuaderno del Centro de Estudios en Diseño y Comunicación,* (228), 153-165. https://doi.org/10.18682/cdc.vi228.11328

Talaat, I. Y., & Othman, S. R. (2023). Prevalence of Billboards and its influence on urban quality of life- Based on Billboards installed on 90th North St, New Cairo. *Journal of Engineering Sciences*, 51(1). https://doi.org/10.21608/jesaun.2022.156237.1162

Transportation Research Board [TRB]. (2010). *HCM 2010: highway capacity manual.* Transportation Research Board. https://www.jpautoceste.ba/wp-content/uploads/2022/05/Highway-Capacity-Manual-2010-PDFDrive-.pdf

Turner, S. M., Shafer, C. S., & Stewart, W. P. (1997). *Bicycle suitability criteria for state roadways in Texas* (Report No. TX-97/3988-S; Research Report 3988-S). Texas Transportation Institute.. https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/33867

Valenzuela, A. L. E. M., Lopes, A. A. dos S., Araujo, P. A. B. de, Justina, M. D. D., Arins, G. C. B., & Rech, C. R. (2022). Geospatial indicators of bikeability index as cyclefriendly city design: a systematic review. *Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde*, *27*, 1-12. https://doi.org/10.12820/rbafs.27e0255

Werner, C., Van der Meer, L., Kaziyeva, D., Stutz, P., Wendel, R., & Loidl, M. (2024). Bikeability of road segments: An open, adjustable and extendible model. *Journal of Cycling and Micromobility Research*, *2*, 100040. https://doi.org/10.1016/j.jcmr.2024.100040

Ye, Y., Zhong, C., & Suel, E. (2024). Unpacking the perceived cycling safety of road environment using street view imagery and cycle accident data. *Accident Analysis and Prevention*, *205*, 107677. https://doi.org/10.1016/j.aap.2024.107677

Zhao, Y., Lin, Q., Ke, S., & Yu, Y. (2020). Impact of land use on bicycle usage: A big data-based spatial approach to inform transport planning. *Journal of Transport and Land Use, 13*(1), 299-316. https://doi.org/10.5198/jtlu.2020.1499