







## Propuesta de análisis espacial a un sendero para movilidad activa Proposal for a spatial analysis of a path for active mobility

J. Lozano-Hernández <sup>a</sup>, H. Navarro-Gómez <sup>a</sup>, Y. Beltrán-Martínez <sup>a,\*</sup>, C. Elizalde-Domínguez <sup>a</sup>, R. Neria-Hernández <sup>b</sup>, H. González-Fuentes <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Área Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

<sup>b</sup> División de Arquitectura, Instituto Tecnológico Nacional de México, Campus Occidente. Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo, C.P. 42700

### Resumen

El presente trabajo propone una metodología de análisis espacial de la infraestructura para la movilidad activa, tomando como caso un sendero peatonal y ciclista perteneciente a la red de movilidad no motorizada de la ciudad de Pachuca, Hidalgo. Mediante el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y datos abiertos, se identifican las zonas de servicio que el derrotero del sendero cubre respecto a la población, así como su integración con la estructura vial, los usos de suelo y la presencia de equipamientos y comercios que actúan como puntos de atracción y generación de recorridos. Una vez determinado el grado de integración al contexto urbano, se plantean posibles adecuaciones y complementos para conformar una red de movilidad activa a escala barrial.

**Palabras Clave:** Movilidad activa, integración urbana, análisis espacial, sendero.

### Abstract

This study proposes a spatial analysis methodology for active mobility infrastructure, using a pedestrian and cycling path within the non-motorized mobility network of Pachuca, Hidalgo. Using Geographic Information System (GIS) tools and available open data, the research identifies the service areas covered by the path in relation to the population, as well as its integration with the road network, land use patterns, and the presence of facilities and commercial areas that act as attractors and trip generators. Once the degree of integration into the urban context is established, possible adjustments and complementary interventions are proposed to consolidate a neighborhood-scale active mobility network.

**Keywords:** Active mobility, urban integration, spatial analysis, path.

### 1. Introducción y antecedentes

Las ciudades mexicanas han experimentado un patrón expansivo de crecimiento territorial. Entre la última década del siglo pasado y las primeras dos del siglo XXI, la superficie de las manchas urbanas ha tenido un notable aumento pasando de 9,697 km<sup>2</sup> a 14,775 km<sup>2</sup>, con un incremento del 52.36% en tan solo 30 años, lo cual constituye más de 5 mil nuevos km<sup>2</sup> de superficie urbanizada, a un ritmo de crecimiento de 16,927 ha por año y 1,410 ha por mes (Sobrino, 2024). Cabe señalar que, durante ese mismo periodo, de 1990 a 2020, la población total de México aumentó de 81,249,645 a 126,014,024 habitantes, lo que constituye un incremento demográfico del 55%.

Este patrón de expansión urbana, también conocido por su termino en inglés *urban sprawl*, crea un tejido urbano fragmentado y disperso, con zonas habitacionales periféricas y discontinuas impulsando, entre otros fenómenos, el uso del vehículo automotor -público y privado- para realizar los traslados a las zonas de servicio y proveeduría (Tikoudis et al., 2018, págs. 122-124). A su vez, este incremento en el parque vehicular, identificado como una motorización tardía y suscitado por el desbordamiento urbano, ha tenido una notable repercusión en América Latina con amplias consecuencias sociales y territoriales, como lo son: la saturación de la infraestructura vial disponible, el incremento en tiempo de traslado y contaminación por emisiones (Covarrubias, 2013). Lo anterior, conforma un ciclo continuo en el que la motorización conduce a la expansión urbana que conlleva a

\*Autor para la correspondencia: yoans@uaeh.edu.mx

**Correo electrónico:** jairo\_lozano@uaeh.edu.mx (J. Lozano-Hernández), humberto\_navarro@uaeh.edu.mx (H. Navarro-Gómez), yoans@uaeh.edu.mx (Y. Beltrán-Martínez), profe\_6389@uaeh.edu.mx (C. Elizalde-Domínguez), rneria@itsoeh.edu.mx (R. Neria-Hernández), hmgonzalezf@itsoeh.edu.mx (H. González-Fuentes).

**Historial del manuscrito:** recibido el 06/08/2025, última versión-revisada recibida el 22/10/2025, aceptado el 23/10/2025, publicado el 05/12/2025. DOI: <https://doi.org/10.29057/icbi.v13iEspecial3.15638>



una mayor dependencia del automóvil, fomentando con esto la expansión urbana (Orellana, et al., 2022, pág. 1).

Frente a esta situación, las administraciones públicas de las ciudades han buscado alternativas que reduzcan los efectos nocivos de la expansión urbana y la acelerada motorización. Uno de estos esfuerzos se ha visto en la implementación de la denominada Movilidad Urbana Sustentable (MUS), la cual es entendida como “aquella capaz de satisfacer las necesidades de la sociedad de moverse libremente, acceder, comunicar, comercializar o establecer relaciones sin sacrificar otros valores humanos o ecológicos básicos actuales o del futuro” (Comisión Ambiental de la Megalopolis, 2018). A nivel internacional, el Banco Mundial hizo lo propio al impulsar una plataforma digital que promueve la movilidad sustentable. En este sitio, el organismo la define como la capacidad, tanto de individuos como comunidades, de transportarse para solventar sus necesidades, buscando garantizar que sea dentro de un sistema seguro, eficiente, asequible, inclusivo y respetuoso con el medio ambiente (World Bank, 2017).

Entendida la movilidad como el derecho humano fundamental para circular libremente (Organización de las Naciones Unidas, 1948), la incorporación de la sustentabilidad involucra, no solo los aspectos relativos a la propuesta de infraestructura y medios utilizados para el traslado con respeto al medio ambiente, sino también, a su relación intrínseca con el tejido urbano (existente y proyectado) y el equilibrio que debe establecer con el espacio público y privado para favorecer la creación de asentamientos seguros, incluyentes y accesibles con el fin de aumentar la calidad de vida de la población (Lozano & Beltrán, 2024). Con este enfoque, la movilidad urbana sustentable derivó en estrategias urbanas tales como los modelos relativos al Diseño Orientado al Transporte (DOT). Esta estrategia de planeación y diseño urbano tiene como objetivo integrar la movilidad y la morfología urbana (usos del suelo, traza urbana y densidades de ocupación) para generar inercias que consoliden comunidades compactas, diversas y orientadas a la gente. Se centra en la creación de entornos urbanos densos y con uso mixto que puedan aprovechar la cercanía de estaciones de transporte público y fomenten el uso de medios de movilidad activa, como la bicicleta o la caminata, con lo que se reduce la dependencia del automóvil y se mejora la calidad de vida de los habitantes (Suzuki et al., 2014, págs. 1-3).

De esta forma, si la movilidad urbana ha impulsado históricamente el intercambio mercancías y productos, favoreciendo el desarrollo de las zonas urbanas, la movilidad urbana no motorizada o movilidad activa, se constituye en una estrategia complementaria de movilidad urbana sustentable que busca no solo reducir el impacto ambiental, sino mejorar la calidad de vida urbana y garantizar la equidad en el acceso a la ciudad. Su implementación otorga beneficios adicionales como el fomento a una mayor cohesión social, la apropiación del espacio público, la mejora en la percepción de seguridad en los habitantes, así como a la salud pública (Lopez Bustos et al., 2023). En consecuencia, la movilidad no motorizada o movilidad activa se erige en un pilar esencial para la transición hacia ciudades más sostenibles.

### 1.1 Crecimiento y movilidad sustentable en la zona metropolitana de Pachuca

En cuanto al crecimiento demográfico de la Zona Metropolitana de Pachuca (ZMP), con base en el documento

oficial Delimitación de Zonas Metropolitanas de México (SEDATU, CONAPO, INEGI, 2018), para el año 1990, la ZMP tuvo 276 mil personas. Para el año 2020, considerando el crecimiento de los municipios que integraron la ZMP en dicho documento, se contabilizaron a más de 665 mil habitantes lo cual constituye un incremento demográfico de 389 mil personas, es decir, un aumento del 140.09%, un porcentaje muy superior al determinado para el mismo periodo a nivel nacional. En cuanto a la expansión urbana, el Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la ZMP (Gobierno del Estado de Hidalgo, 2024) menciona que, para el año 2000 la superficie urbana sumó 8,223.68 ha y para el año 2020 fue de 12,484.62 ha, lo que indica un crecimiento del 56.23%. Cabe señalar que, para el núcleo urbano conformado por los municipios de Pachuca y Mineral de la Reforma, en el periodo 2000-2014 ambos municipios pasaron de contar con 4,019.23 ha a 7,798.3 ha, es decir un incremento del 94.03% (Cano et al., 2017).

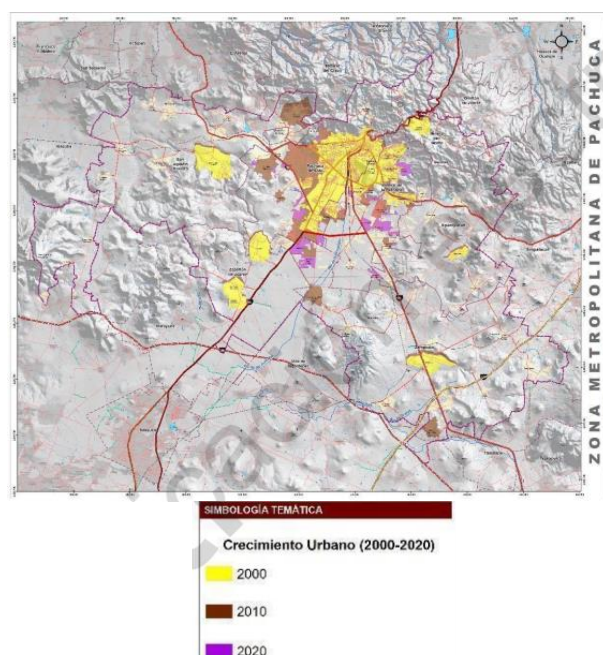


Figura 1: Crecimiento histórico de la mancha urbana de la ZMP.

Fuente: Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la ZMP, Gobierno del Estado de Hidalgo, 2024.

Los antecedentes de la planeación en materia de movilidad urbana en la Zona Metropolitana de Pachuca se encuentran vinculados a la elaboración de los Programas de Desarrollo Urbano, tanto municipales como de zona conurbada, elaborados durante las últimas décadas del siglo XX. Sin embargo, se puede indicar que los primeros planteamientos formales sobre movilidad urbana se encuentran en el Programa Municipal de Desarrollo Urbano (PMDU) de Pachuca del 2011, donde se estableció como objetivo la promoción y consolidación de un sistema integral de movilidad sustentable para la ZMP basado en un sistema integrado de transporte y en la creación de vías y senderos verdes rescatando los derechos de vía disponibles de otras infraestructuras (H. Ayuntamiento Constitucional del municipio de Pachuca de Soto, 2011, pág. 293).

Este instrumento declaró la necesidad de establecer, en el corto plazo, un plan sectorial de movilidad urbana que pudiera enlistar las políticas y acciones en la materia y lograr los objetivos planteados en el PMDU. El rescate y el



aprovechamiento de los derechos de vía, fueron la base para la creación de senderos que permitieran la inclusión andadores peatonales y ciclistas, así como, franjas de vegetación en zonas urbanas y periurbanas.

Pese a que en el periodo 2014-2016 se proyectaron y construyeron varios kilómetros de senderos identificados como “ciclovías”, la ZMP careció de un plan integral de movilidad urbana sustentable hasta el año 2022, cuando se impulsaron políticas orientadas a la intermodalidad y la reducción del uso del automóvil particular. Anterior a este instrumento y posterior a la construcción de la mayor parte de la infraestructura ciclista, se contó con el Plan Maestro de Movilidad de Senderos y Ciclovías del 2016 (H. Ayuntamiento del Municipio de Pachuca de Soto, 2019), la instalación de un sistema de préstamo de bicicletas (BiciCapital/Pachuca en Bici), la Ley y el Reglamento de Movilidad y Transporte del Estado de Hidalgo (H. Congreso del Estado de Hidalgo, 2018), la actualización del PMDU para 2022 y del Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la ZMP en 2024.

La llegada tardía de un marco normativo y programático, originó que la infraestructura para la movilidad activa respondió a la visión preliminar esbozada en el PMDU 2011, rescatando los derechos de vía disponibles de infraestructura ferroviaria y vehicular, por ejemplo, lo que constituyó que la red de senderos se desarrollara de manera fragmentada y sin un esquema metropolitano de conectividad, al no integrarse a la estructura urbana existente ni a la dinámica de la ciudad (Figura 2), lo cual ha limitado su impacto para establecer un sistema de movilidad sustentable que sea una alternativa a las necesidades de la población (Lozano & Beltrán, 2024).

## 1.2 Planteamiento del problema

A pesar de los esfuerzos por promover la movilidad no motorizada o movilidad activa en la ZMP, la infraestructura existente presenta una red de senderos peatonales y ciclistas notablemente fragmentada y no conectada, que responde a la disponibilidad de derecho de vía para su construcción, antes que a la estructura urbana y las necesidades de movilidad de la población, situación que limita su funcionalidad y potencial para fomentar el uso de la bicicleta y el caminar como medios de transporte eficientes y seguros. Ver Figura 2.

La red actual contempló una cobertura de alcance municipal y metropolitano, como alternativa a los desplazamientos en trayectos largos, habitualmente realizados en automóvil y transporte público, sin embargo, no se realizaron estudios previos para caracterizar el entorno inmediato sobre el que se apostarían estos senderos, por lo que no se consideró su integración funcional a una escala barrial.

Esta falta de integración e incorporación de la escala barrial al diseño de la red de senderos, puede traducirse en impedimentos funcionales para los usuarios, en incompatibilidades entre los recorridos deseados que los peatones trazan de forma habitual de acuerdo a sus necesidades -llamados también “líneas de deseo”- y los trayectos disponibles y en incongruencias entre los usos del suelo existentes y las condicionantes que traen consigo los senderos.

Mediante un enfoque inductivo, el presente trabajo busca orientar el estudio a un sendero en particular que se desarrolla en un área densamente poblada, recorriendo de oriente a poniente el Fraccionamiento Piracantos hasta la Colonia

Maestranza y la Preparatoria Número 1, con un trayecto de 4.4 km y que conecta con el sendero que recorre el viaducto del Río de las Avenidas hasta el Boulevard Colosio.

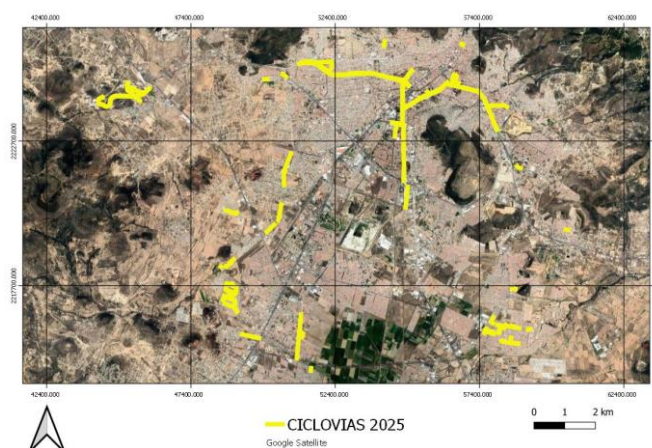


Figura 2: Red de senderos existentes en la ZMP para 2025  
Fuente: Elaboración propia con base en información del Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Pachuca de Soto

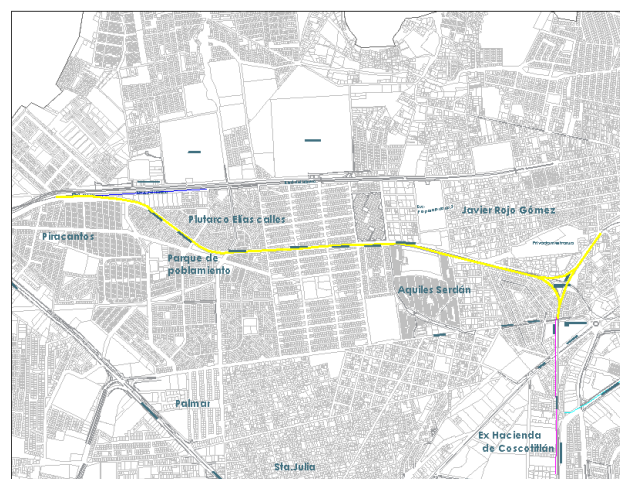


Figura 3: Zona de estudio: Sendero Piracantos-Maestranza-Preparatoria Núm. 1

Fuente: Elaboración propia con base en Plano Catastral de Pachuca 2024

## 1.3 Justificación

El presente estudio forma parte de un proyecto de investigación desarrollado en conjunto con la Secretaría de Obras Públicas, Desarrollo Urbano, Vivienda y Movilidad del Ayuntamiento de Pachuca de Soto, el cual ha pasado de una etapa de exploración en campo mediante la aplicación de mapas conductuales, entrevistas semiestructuradas y levantamientos de las condiciones físicas, al inicio de una exploración de gabinete por medio de análisis espacial. En su primera etapa, se han generado tres informes técnicos recibidos y dictaminados por la Secretaría los cuales abordan tres ramales de senderos de la red actual. Para este estudio, se ha propuesto un proceso de investigación breve y ágil que pueda ser replicable por las instancias públicas con insumos de datos abiertos y software libre, sin la necesidad de una capacitación más amplia en su uso y aplicación.

Como se mencionó, la red de senderos actual se fundamentó, principalmente, en el aprovechamiento de los derechos de vía disponibles y de anchos de secciones de vialidad factibles (longitudes transversales de la vialidad que

cuentan con una dimensión adecuada para apostar un sendero peatonal y ciclista), sin tomar en consideración el estudio del entorno inmediato, tanto social como construido.

Esta condición derivó en una red que muestra fragmentación y falta de conectividad, lo que limita su efectividad como alternativa real al transporte motorizado. De igual forma, al no contemplar la pre existencia del contexto urbano circundante, se pueden originar conflictos espaciales y sociales con la estructura urbana a escala barrial y con la población residente.

En este tenor, surge la necesidad de realizar el análisis espacial de un sendero que forma parte de la red de infraestructura para la movilidad activa dentro de la ciudad de Pachuca. El caso de estudio presentado busca conocer de forma puntual la relación que existe entre un tramo de la red de senderos y su contexto vecinal y barrial, de tal manera que se logren dilucidar las sinergias y las situaciones incongruentes en tejido urbano, planteando un esquema metodológico que pueda ser replicado en otros tramos de la red de senderos actual. Bajo este enfoque, el estudio no solo busca diagnosticar la situación actual, sino también formular propuestas que articulen el sendero con las colonias y la vida de los ciudadanos que son vecinos al sendero. De esta manera, se podría subsanar la desconexión existente y ofrecer un sistema de movilidad activa más funcional y seguro que encauce la transformación de la ciudad hacia un modelo más sostenible e incluyentes y garantizar que la inversión pública en infraestructura ciclista y peatonal se traduzca en beneficios reales para la comunidad

#### 1.4 Objetivos

El presente estudio tiene como objetivo identificar los aspectos del Sendero Piracantos-Maestranza-Preparatoria Núm. 1 de la ciudad de Pachuca, Hidalgo, mediante la aplicación de una metodología de análisis espacial que permita evaluar sus condiciones de inserción urbana, considerando su relación con la estructura vial, los usos del suelo y los elementos de equipamiento y comercio que influyen en la generación de recorridos. A través de esta propuesta, se busca documentar un procedimiento replicable que contribuya a la planeación y mejora de redes de movilidad no motorizada en contextos urbanos similares.

De manera particular, el estudio pretende a través de ello, identificar los puntos de ruptura y las barreras físicas que interrumpen la continuidad del sendero, así como la carencia de infraestructura complementaria que limita su uso. Además, determinar las zonas de atracción poblacional asociadas a equipamientos y comercios, analizando su correspondencia con el trazado del sendero peatonal y ciclista para permitir estrategias de intervención a escala barrial.

## 2 Marco teórico

### 2.1 Movilidad activa.

La movilidad activa es definida como aquella que utiliza la energía física de las personas para poder realizar los traslados deseados (Ríos Llamas & Hernández-Vázquez, 2022). Involucra los desplazamientos realizados caminando, corriendo, andando en bicicleta, monopatín, patinando, así como con el uso de sillas de ruedas, carriolas, triciclos y otros dispositivos que excluyan la motorización. Acontece en el

espacio público por antonomasia, que es la calle. Sin embargo, no siempre se cuenta con las condiciones de infraestructura adecuadas para garantizar la seguridad y confort de los usuarios que practican este tipo de movilidad.

Se constituye como una alternativa a la movilidad motorizada y una estrategia en la planeación urbana que fomenta ciudades compactas, la apropiación del espacio público, la equidad e inclusión socio espacial, el incremento a la percepción de seguridad, el desarrollo económico local, la salud pública y la sostenibilidad ambiental (Hermida et al., 2021).

Debido a su naturaleza, la movilidad activa se enfoca en recorridos con distancias más cortas frente a la movilidad urbana convencional (De la Lanza, 2019). Esta situación propicia que, de contarse con las condiciones físicas y de infraestructura a nivel vecinal y barrial, la movilidad activa sea más deseable y eficiente.

Lo anterior se comprueba con datos que proporcionó el estudio *Anatomía de la movilidad en México* (SEDATU; GIZ Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional, 2018), donde se menciona que, para el 2015, el 54.88% de las personas que asistieron a la escuela lo realizaron caminando, mientras que solo el 1.5% lo hizo en bicicleta; por otra parte, el 22.63% de las personas que asistieron al trabajo lo hicieron caminando y el 5.41% lo realizó en bicicleta. En general, cerca del 30% de las personas hacen sus traslados a pie.

## 3 Marco metodológico

### 3.1 Análisis espacial aplicado a la movilidad activa.

Como punto de partida del estudio, se planteó el uso de herramientas del análisis espacial para determinar el grado de correspondencia del sendero peatonal y ciclista a su entorno urbano inmediato, en consideración de puntos de oferta de servicios comerciales y de equipamiento y zonas de posible corte de circulación y nodos viales conflictivos.

El análisis espacial es un enfoque metodológico de estudio y aplicación de herramientas geográficas y estadísticas que permiten identificar patrones, relaciones y dinámicas espaciales entre los diferentes fenómenos sociales y físicos que ocurren en las ciudades (Anselin, 2010).

Aplicado a entornos urbanos, en específico a senderos e infraestructura para la movilidad activa, se basa en instrumentos que posibilitan el análisis de la localización, la conectividad y la accesibilidad de estas infraestructuras en relación con su contexto urbano. Este tipo análisis puede brindar la información geográfica necesaria para planificar y evaluar redes de movilidad no activa, ya que facilita la toma de decisiones orientadas a la integración, la eficiencia y la sostenibilidad del sistema urbano (Barón, 2022). El apoyo en Sistemas de Información Geográfica (SIG) es recurrente en estos estudios. Los principales enfoques y usos pueden agruparse en los siguientes:

- **Determinación de accesibilidad.** Prioriza la facilidad con que las personas logran acceder a sus destinos por medio de la infraestructura disponible. Es posible utilizar herramientas como las curvas isócronas, análisis de coberturas y fricción del espacio.
- **Conectividad y continuidad.** Se realiza por medio de un análisis sobre los posibles puntos de interrupción,

redundancia y escenarios que comprometan el flujo de peatones y ciclistas. Se pueden utilizar herramientas como *space syntax* y modelos de grafos.

- Seguridad y Confort. Estudios con este enfoque abordan las condiciones físico construidas que contribuyen o condicionan la percepción de seguridad y el confort de los transeúntes. Detección de carencia de alumbrado público, visibilidad y cruces peligrosos son ejemplos de los factores relevantes en este enfoque. Es habitual el uso de herramientas como el análisis multicriterio.
- Caracterización de la demanda y uso potencial. Estos estudios se enfocan en identificar los patrones de movilidad de la población y las zonas de atracción para establecer derroteros con mayor factibilidad de uso para la infraestructura de movilidad activa. Herramientas como las encuestas origen-destino, modelos de atracción espacial y densidad poblacional son recurrentes.
- Integración multimodal. Se abocan a estudiar la integración de senderos peatonales y ciclistas con otros modos de movilidad activa como el transporte público. Realizan un estudio espacial y funcional sobre la conectividad de este tipo de vías.

Para evaluar la inserción barrial del sendero, es posible considerar los siguientes indicadores: (i) Accesibilidad peatonal por isócronas de 5 y 10 minutos; (ii) Conectividad y continuidad (longitudes de tramo continuo, número de cruces/interrupciones y barreras físicas); (iii) Proximidad a equipamientos clave (educación, salud, comercio de barrio y recreación) dentro de radios caminables; (iv) Condiciones físico-construictivas relevantes para seguridad y confort (iluminación, visibilidad, cruces seguros), y (v) Estructura urbana (orientación de manzanas y pendientes). Para el presente estudio se han acotado las variables a considerar adoptando un enfoque de accesibilidad y uso potencial.

### 3.2 Variables e indicadores operativos

En este trabajo, los principales enfoques y usos se agrupan en los siguientes ejes:

- Determinación de accesibilidad. Se estimó la accesibilidad peatonal a partir de isócronas (5–10 min), coberturas (200–400 m) y áreas servidas hacia equipamientos y comercio de proximidad. El rango de 400 m se basa en la recomendación de espaciamento entre paradas de transporte local para peatones de acuerdo a varios lineamientos internacionales (Mayor of London, 2006; BCDCOG Council of Governments, 2021). Este espaciamento busca atender las necesidades de personas con regularidad motriz, como aquellas que presentan algún impedimento. Adicional, se propone un rango de 200 m con motivo de verificar cercanía de servicios y equipamiento a la vía.
- Conectividad y continuidad. Se evaluó la red identificando puntos de interrupción que afectan el flujo peatonal-ciclista mediante la identificación de cruces vehiculares y reporte de accidentes vehiculares.

- Caracterización de la demanda y uso potencial. Se analizaron zonas de atracción (equipamientos y comercio). Con ello se priorizaron derroteros con mayor probabilidad de uso y enlaces a nodos.

## 4 Aplicación

El sendero analizado se encuentra en la zona norponiente de la ciudad. Cuenta con un recorrido de 4.4 km, desde el Boulevard Minero hasta la Colonia Maestranza y la Preparatoria Núm 1, con un trayecto de 4.4 km. Se construyó aprovechando los derechos de vía de la ruta del ferrocarril hacia el nororiente de México. Se localiza en una zona urbana consolidada sobre la que se encuentran unidades habitacionales fundadas desde principios del siglo XX, como la Colonia Maestranza, hasta fechas más recientes, como el Fraccionamiento Punta Poniente de 2015. De igual forma se encuentran ejemplos de unidades habitacionales promovidas por el gobierno estatal durante las décadas de los años 70 y 80 bajo esquemas de urbanización progresiva (Col. Plutarco Elías, Calles y Parque de Poblamiento) y de urbanización inmediata mixta, con vivienda multifamiliar y unifamiliar (Col. Aquiles Serdán, El Palmar). A partir de las décadas de los 90 y los 2000, se registran desarrollos habitacionales de promoción inmobiliaria privada en formatos de interés social (Fracc. Piracantos) y de interés medio (Fracc. Punta Azul).

### 4.1 Delimitación del área de estudio

Con base en el recorrido del trazo del sendero se ha propuesto delimitar una zona de estudio por medio de la metodología aportada por Kevin Lynch (Lynch, 1960), que parte de las limitantes y bordos urbanos reconocibles para generar un distrito más homogéneo que se utiliza como área de estudio.

En este sentido, el sendero se encuentra en medio de dos vialidades primarias que funcionan como bordes urbanos, a una distancia que varía entre los 400 m y los 700 m. Dichas vialidades son, al norte, el Boulevard Minero y al sur, Boulevard Ramón G Bonfil continuidad a la Av. Del Palmar y Av. Constituyentes. Al poniente se encuentra otro borde urbano constituido por la vialidad Boulevard Colosio. Finalmente, al oriente el sendero termina en las calles Carlos Castelán y Vicente Suárez y en la Av. Constituyentes. Cabe señalar que la Unidad Habitacional Privadas de Maestranza funciona como un borde urbano debido a su morfología en formato de clúster que impide la conexión de más vialidades con el sendero, razón por la que se limitó el lado oriente también con la calle Tierra y Libertad. Ver Figura 4.

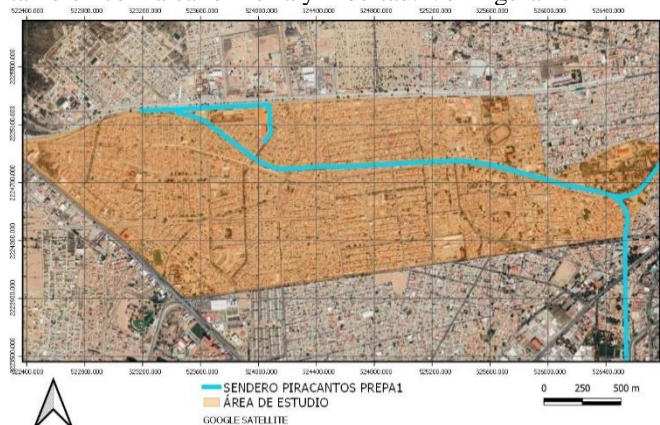




Figura 4: Área de estudio

Fuente: Elaboración propia con base en información digital de INEGI

El área de estudio cuenta con una superficie de 3.724 km<sup>2</sup> y una población total 31,317 habitantes para el año 2020, junto con 11,386 viviendas. La densidad promedio es de 84.09 habitantes por hectárea y 30.57 viviendas por hectárea (datos obtenidos por medio del Figura Digital de INEGI). Esta densidad responde a la existencia de equipamientos de amplia superficie como la Preparatoria Núm. 3, la Subestación eléctrica de Santa Julia, la Unidad deportiva de Piracantos y escuelas de nivel medio y básico, junto con otros equipamientos.

El área de estudio cuenta con usos mixtos del suelo, conformando corredores comerciales, zonas de servicio y zonas habitacionales de diferentes densidades, lo que acrecienta su consolidación urbana.

#### 4.2 Distancias y zona de influencia del sendero

Se emplean radios de 200 m y 400 m como aproximaciones de 5–10 minutos de accesibilidad peatonal en entornos urbanos, en concordancia con lineamientos y literatura de diseño de calles, transporte público y accesibilidad peatonal. Se adopta 200m para grupos vulnerables (niñas y niños, personas mayores y personas con discapacidad) y 400 m para la población general, reconociendo que pueden darse ajustes por pendientes, configuración de intersecciones y barreras físicas.

Con el uso de paquetería SIG se han trazado dos zonas de cobertura que se manejan como área de influencia del sendero. El primero es de 200 m y, de acuerdo a la traza urbana y la orientación de manzanas, corresponde a 1 a 4 cuerdas de alejamiento del sendero, mientras que el segundo, de 400 m correspondería a 5 a 10 cuerdas de distancia. Ver Figura 5.

Las distancias de ambas zonas se consideran apropiadas y seguras para recorridos peatonales de uso cotidiano (400 m para población general y 200 m para grupos vulnerables). No obstante, la influencia efectiva del sendero se modula por variables urbanas: los bordes viales (por ejemplo, bulevares y avenidas primarias) pueden interrumpir la permeabilidad y reducir el acceso pese a la cercanía.

Un caso ilustrativo es el bulevar Minero, al norponiente del área de estudio, donde la traza actúa como barrera, limitando la accesibilidad de la población situada al norte del corredor. De forma análoga, las pendientes imponen restricciones adicionales, acotando la extensión real del área servida por el sendero.

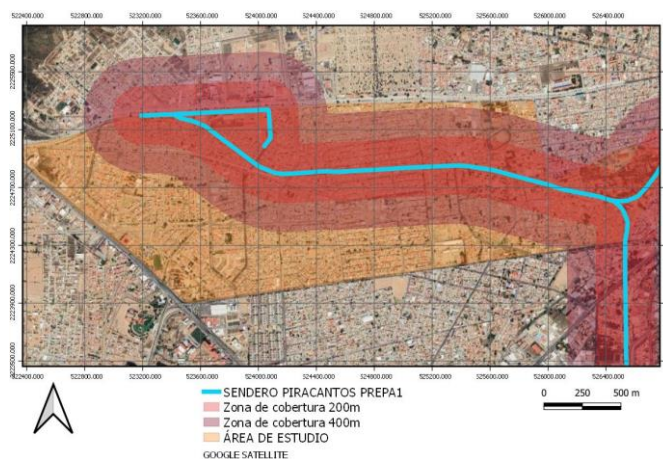


Figura 5: Área de influencia del sendero con zonas de cobertura de 200 m y 400 m

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo

#### 4.3 Conectividad y continuidad

Como fue descrito, la red de senderos para la movilidad activa en la ZMP presenta una fragmentación y desconexión notoria.

Para el caso de estudio, se realizó un análisis al interior del sendero, en donde se encontró la presencia de 12 cortes por intersecciones viales, relativamente distribuidos a lo largo del derrotero del sendero. Ver Figura 6.

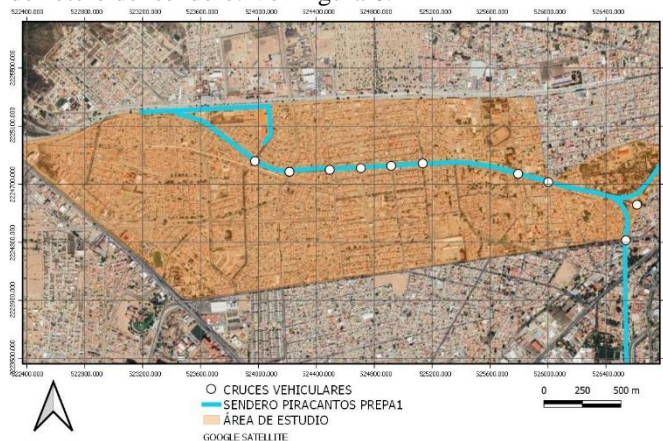


Figura 6: Cruces vehiculares en el sendero Piracantos-Maestranza-Preparatoria Núm. 1

Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo

Los segmentos del sendero con recorridos más largos sin interrupción corresponden al extremo norponiente del recorrido con 0.61 km y a dos segmentos al oriente, uno con 0.62 km y el segundo al extremo oriente con 1.51 km, siendo el segmento continuo más largo del trayecto. Es apropiado señalar que este último segmento corresponde a la derivación de las vías del Tren que se comunican hacia el norte del país y hacia la Ciudad de México, por lo que es mayor el desarrollo y amplitud del derecho de vía, situación que contribuye a contar con una mayor conectividad del sendero.

Las zonas con mayor interrupción y cruces viales del sendero se localizan en la parte central del recorrido, sobre el Fracc. Plutarco Elías Calles donde, en promedio, se tienen segmentos continuos solo de 200 m, es decir, una manzana de profundidad.

Otro aspecto que condiciona la conectividad y continuidad son los cruces vehiculares con mayor propensión a accidentes



vehiculares. De acuerdo con información de INEGI para 2023 se presenta el reporte geoespacial de los accidentes vehiculares, resaltando que sobre el sendero únicamente se identifica el cruce vehicular en la Av. Federalismo en los límites entre la colonia Parque de Poblamiento y el Fracc. Piracantos. Ver Figura 7.

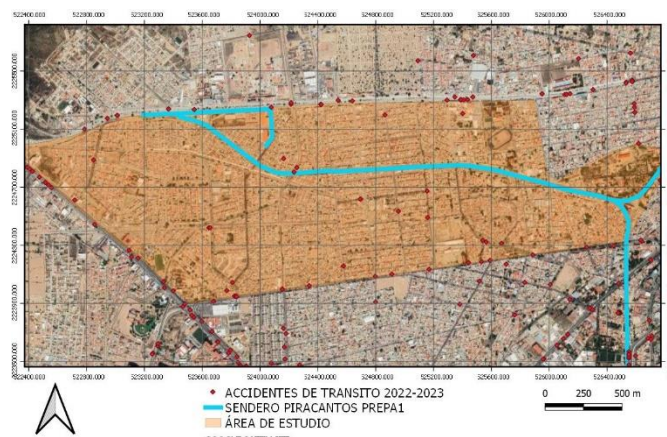


Figura 7: Accidentes vehiculares 2022-2023 cercanos al sendero.  
Fuente: Elaboración propia con base en información digital de INEGI

#### 4.4 Elementos de servicio y zonas de atracción

El área de estudio cuenta con diversos equipamientos y servicios que se constituyen como zonas a tractoras de viajes para la población. La relación de distancia entre estos elementos con respecto a el derrotero del sendero, condiciona los movimientos de la población y el uso del mismo. Ver Figura 8.

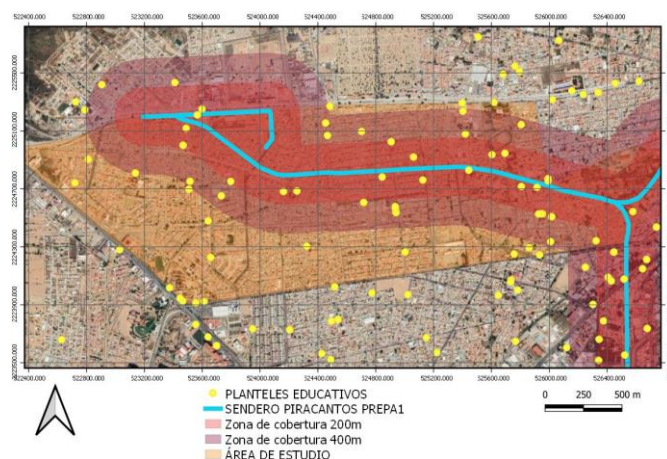


Figura 8: Escuelas de todos los niveles y cercanía al sendero  
Fuente: Elaboración propia con base en información digital de INEGI, DENUE 2025

En primer lugar, se mapearon todos aquellos centros educativos, públicos y privados, pertenecientes a todos los niveles y formatos reconocidos en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2025 (DENUE 2025) (INEGI, 2025) en la zona de estudio y se observó su cercanía a distancias de 200 m y 400 m del sendero. Se cuenta con 45 planteles en el área de estudio, de los cuales 11 se encuentran fuera del área de influencia del sendero, destacando las escuelas primarias Leonardo Domínguez Pérez y Nezahualcoyotl, junto con el jardín de niños Beatriz Ordoñez

Acuña y la escuela secundaria Técnica Núm. 40, todos ellos ubicados en la zona sur poniente en el área de estudio.

En general, se observa una distribución cercana al sendero analizado, con recorridos menores a los 400 m, razón por la que se intuye que esta infraestructura funciona como opción de movilidad para recorridos a este tipo de equipamiento.

En cuanto áreas verdes, se han identificado a 42 polígonos, sin incluir camellones e isletas de pequeñas dimensiones. Se observa un patrón de distribución cercano al recorrido del sendero, con la exclusión de la zona sur poniente donde destacan la Unidad Deportiva de Piracantos y un parque al costado norte de la Secundaria Técnica Núm. 40. Ver Figura 9.

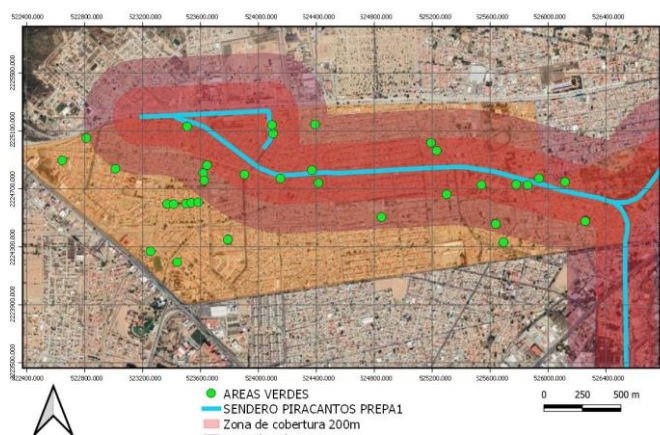


Figura 9: Áreas verdes y jardines y su cercanía al sendero  
Fuente: Elaboración propia con base en trabajo de campo.

Con referencia a los servicios de salud, tanto públicos y privados, desde consultorios y farmacias hasta unidades de medicina familiar y clínicas, de acuerdo al DENUE 2025, se contabilizan 91 unidades en la zona de estudio. Al igual que en el equipamiento para educación, las unidades destinadas a salud se encuentran dentro del área de influencia del sendero con excepción de 17 unidades que se encuentran en la zona sur poniente del área de estudios, destacando la Delegación Estatal del IMSS, el Laboratorio Estatal de Salud Pública y la Unidad de especialidades Médicas para la Detección y Diagnóstico del Cáncer de Mama (UNEME DEDICAM), todo ellos del sector público, así como Laboratorios Coahuila, perteneciente al sector privado. Ver Figura 10.

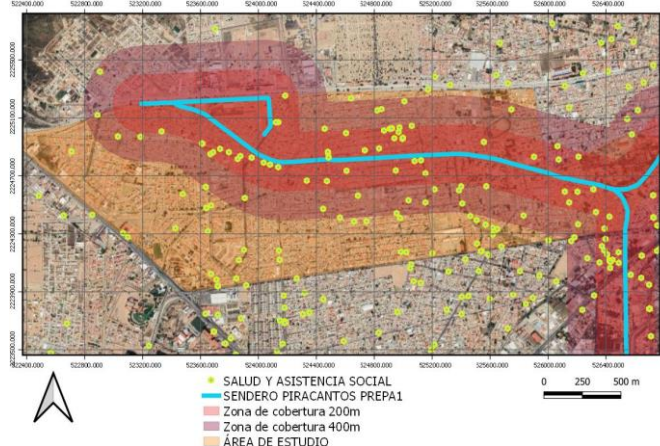


Figura 10: Servicios de salud, públicos y privados y su cercanía al sendero



Fuente: Elaboración propia con base en información digital de INEGI, DENUE 2025

De igual forma, al sur del área de estudio se localizan 5 unidades constituidas por consultorios particulares.

El patrón de distribución de unidades pertenecientes a este rubro coincide con el desarrollo del sendero y su recorrido, por lo que nuevamente se intuye que esta infraestructura se constituye en una opción para la movilidad activa de la población.

Sobre los equipamientos de recreación y cultura, públicos y privados, sin incluir áreas verdes y parques y jardines, la zona de estudio cuenta con 25 unidades que aglomeran casas de cultura, gimnasios, salones de usos múltiples. La distribución de nueva cuenta es cercana al derrotero del sendero, por lo que se confirma la alternativa como infraestructura que se oferta. Ver Figura 11.

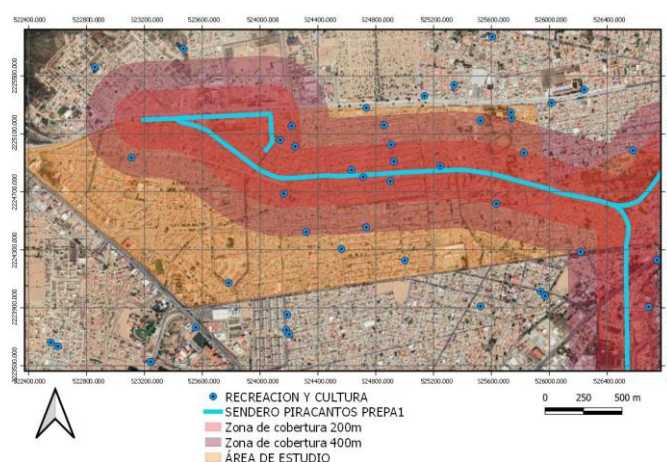


Figura 11: Servicios de recreación y cultura y su cercanía al sendero  
Fuente: Elaboración propia con base en información digital de INEGI, DENUE 2025

Finalmente, uno de los puntos de mayor atracción poblacional son las unidades de comercio. De acuerdo al DENUE 2025 se cuentan en la zona con 766 comercios al por menor y 50 comercios al por mayor. El patrón de distribución espacial corresponde a la estructura vial existente, generando corredores comerciales locales. Las vialidades con mayor presencia de unidades comerciales son Av. 6 y Av. 2 de la colonia Plutarco Elías Calles; Av. Piracantos en Fracc. Piracantos; Av. Federalismo en Parque de Poblamiento; y la calle Paseo Toltecas en la colonia Aquiles Serdán. Ver Figura 12.

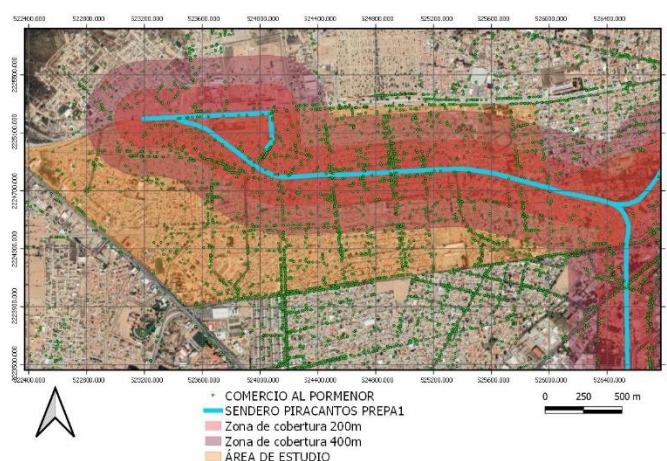


Figura 12: Unidades económicas y comercio al por menor y su cercanía al sendero

Fuente: Elaboración propia con base en información digital de INEGI, DENUE 2025

Existe la coincidencia de que todas ellas corren en sentido norte-sur de forma transversal al sendero, lo que posibilita que esta infraestructura sea un medio de conexión entre ellas, sin embargo, la zona de influencia de hasta 400m no logra cubrir el extremo sur de estos corredores comerciales en el segmento que va desde Av. Insurgentes/Andador 4 hasta el bulevar G. Bonfil.

## 5 Hallazgos y conclusiones

### 5.1 Con referencia al sendero.

De acuerdo al análisis realizado, el sendero muestra una integración adecuada al tejido urbano existente.

El área de estudio está limitada por los bordes urbanos que constituyen las vialidades primarias en la periferia, creando un polígono trapezoidal con medidas aproximadas de 1,150 m en su sección norte-sur y 3,750 m en su sección este-oeste.

Al estar desarrollado en el sentido norponiente-suroriente, el sendero logra recorrer la mayor parte de la longitud del área de estudio. De igual forma, su ubicación se encuentra cercana al punto medio del área de estudio, por lo que su zona de influencia es más equitativa para ambos segmentos. Por último, el patrón de la traza urbana orienta manzanas, en su mayoría rectangulares, menores a 200 m de profundidad, en sentido norte-sur, perpendiculares al recorrido del sendero, lo que permite una comunicación continua de forma peatonal, más no vehicular, debido que no todas las vías cruzan el sendero. Solo se registra un patrón inverso en la traza de las manzanas en la colonia Plutarco Elías Calles, donde se orientan en paralelo con el sendero, de este a oeste, situación que origina la presencia de más cruces vehiculares.

Pese a que el sendero se encuentra en una posición central con respecto al área de estudio, la zona de cobertura de 200 m para grupos vulnerables y 400 m para la población en general, no logra la cobertura total de la superficie, dejando fuera la zona sur poniente en el acceso al fraccionamiento Piracantos y en la zona sur central, sobre el bulevar G. Bonfil. Ver Figura 13.

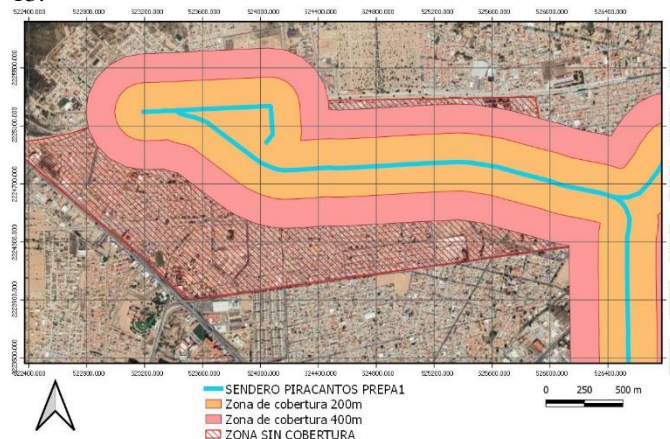


Figura 13: Área sin cobertura.

Fuente: Elaboración propia con base en información digital de INEGI



Para el caso de la primera zona con falta de cobertura, se contabiliza una superficie de 73.28 ha, con un total de 11,386 viviendas y 31,317 habitantes, lo que se traduce en una densidad urbana de 155 viv/ha, una de las más altas registradas en el área de estudio. Esta zona cuenta con elementos de equipamiento de alcance superior a los 400 m como son las escuelas primarias, la escuela secundaria y el parque urbano existente, sin embargo, su localización resulta alejada del sendero y poco accesible a la población vecina, pese a ser necesarias.

La segunda área sin cobertura está en la parte sur central. Es contigua a la primera área sin cobertura, sin embargo, se decidió separar debido a que presenta otras características urbanas.

Es un área más pequeña, con 1,749 habitantes y 629 viviendas en una superficie de 30 hectáreas lo que da una densidad de solo 58.3 viv/ha.

Cuenta con pocos servicios urbanos de equipamiento y pocas unidades comerciales. Dentro de ella se localiza la subestación eléctrica de Santa Julia. Su distancia máxima a la zona de influencia del sendero es de 250 m.

En resumen, el sendero muestra buena conectividad con la estructura urbana del área de estudio lo que lo posiciona como una opción factible para la movilidad activa de la población vecina y es comprobado por el continuo uso que hacen los habitantes (Lozano & Beltrán, 2024).

Sin embargo, se han identificado dos áreas sin cobertura sobre las que se recomiendan estudios posteriores para generar dos posibles ramales complementarios al sendero apostadas en vialidades que, por sección y por usos del suelo, tengan la factibilidad para recibir esta infraestructura. Las calles Río Amajac y su continuidad con calle Chamancipari son la alternativa más viable para la creación de un sendero que cruce de forma perpendicular la infraestructura existente. Como complemento, la Av. Insurgentes y el Andador 4 son la opción para un trazado paralelo al sendero analizado. Con ambas propuestas se cubriría el 92% del área de estudio. Ver Figura 14.

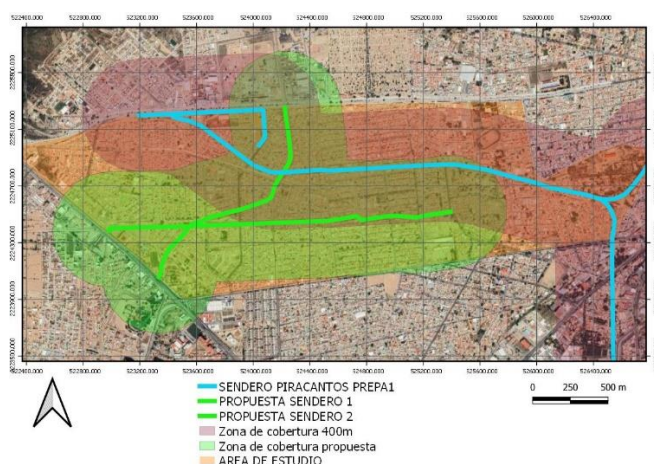


Figura 14: Propuesta de implementación de infraestructura para la movilidad activa en calles Río Amajac y calle Chamancipari con zonas de cobertura de servicio de 200 m y 400 m

Fuente: Elaboración propia con base en información digital de INEGI

Por otra parte, la traza urbana muestra una perpendicularidad de las vialidades locales con respecto al derrotero del sendero, lo que favorece la conexión. Tomando en consideración los corredores comerciales identificados y las secciones de vialidad disponibles, Av. 2 y Av. 6 son dos

vialidades donde se podría fortalecer la infraestructura para la movilidad activa.

Con el objetivo de lograr la cobertura completa dentro del área de estudio y considerando el patrón de distribución de las áreas verdes en el área de estudio, Av. Insurgentes es la vialidad adecuada para generar un segundo sendero complementario al estudiado, logrando con ello la oferta completa para la movilidad activa en el área de estudio.

En este sentido, podemos inferir que existe un uso constante y diverso del sendero analizado, con una participación destacada de personas que utilizan el espacio principalmente para caminar, seguido de trasladarse y, finalmente, para algunas actividades recreativas. Se identifica que el espacio cumple una doble función: en primer término, sirve como vía de conexión cotidiana hacia equipamientos y zonas comerciales cercanas; en segundo término, como un entorno de actividades físicas y encuentro. Si bien el objetivo inicial fue, esencialmente, la trayectoria y el transporte en bicicleta, el resultado ha derivado en un espacio mayormente lúdico y de movilidad peatonal. De esta forma, los motivos de uso más frecuentes están relacionados con el traslado hacia la escuela o el trabajo, lo que confirma el potencial del sendero como una infraestructura de movilidad activa, además de posicionarse como equipamiento para el bienestar de la población urbana.

## 5.2 Con referencia a la metodología

La investigación demostró que un enfoque de análisis espacial sustentado en SIG y datos abiertos permitió caracterizar la inserción barrial del sendero mediante zonas de influencia (200/400 m) y clústeres de atracción, generando un diagnóstico con acciones en plazos breves, lo cual se considera la valía de la propuesta.

La fortaleza metodológica radicó en la economía de insumos y en su posibilidad de replica y escalabilidad en otros contextos urbanos y para instancias públicas con capacidades técnicas y presupuestales acotadas; ello facilitó priorizar intervenciones de bajo costo (ramales, cruces seguros, señalización) con base en evidencia espacial comparable.

Este esquema no sustituye los levantamientos presenciales. Para robustecer su alcance se recomendó complementarlo con encuestas origen-destino rápidas, entrevistas a la población para conocer necesidades sentidas, auditorías de seguridad peatonal y ciclista (puntos de conflicto, nivel de estrés), conteos y aforos en sitio y capas temáticas adicionales (paradas y derroteros de transporte público, iluminación, arbolado/sombra, estacionamientos, comercio en vía pública y clasificación funcional de equipamientos). Con ello, la metodología evoluciona de un tamiz inicial eficiente a una base integral para diseño y priorización de la red de movilidad activa a escala barrial

Adicional a esto, las herramientas de análisis espacial pueden complementar este trabajo al estudiar la morfología urbana por medio de la sintaxis del espacio determinando indicadores de centralidad, conectividad, elección e integración.

Finalmente, el presente trabajo se suma a otros estudios sobre movilidad que han utilizado a la ZMP como su objeto de estudio. Vite y Guerrero (2025) realizan un análisis de las condiciones de seguridad en recorridos peatonales que se suscitan en el Blvd. Colosio donde, al igual que en el presente estudio, se retoman situaciones de accesibilidad, en ese caso,

con referencia a la infraestructura para el peatón, situación que puede complementar el estudio presentado. Por otra parte, Lozano y Beltrán (2024) realizan una exploración sobre el uso de habitual del espacio público y recaban opiniones y sentires de los usuarios de un sendero peatonal y ciclista, lo cual puede complementar la información y generar un mejor entendimiento de esta infraestructura. López et al, (2023) realizan, tanto encuestas como análisis físico de las condiciones generales de las ciclovías en el municipio de Pachuca, sin embargo, en su estudio no se abordan las condiciones del contexto urbano existente, situación que se retomó en este trabajo.

## 6 Recomendaciones

Aunque la metodología propuesta se basó en la economía de insumos y recursos para ofrecer un análisis espacial ágil de infraestructura para movilidad activa, conviene complementarla con trabajo de campo y capas cartográficas adicionales. La información generada también puede procesarse con clústeres, sintaxis espacial y métricas de grafos para profundizar la lectura de localización, conectividad y accesibilidad.

En coherencia con lo anterior, y para traducir los hallazgos en decisiones operativas, se recomienda:

- Validar en campo con auditorías de seguridad y niveles de estrés.
- Incorporar criterios de equidad (edad, género, discapacidad) y entornos escolares.
- Contrastar horas pico/valle y condiciones nocturnas/lluvia.
- Construir escenarios de intervención y priorización multicriterio (impacto, población servida, costo, factibilidad, tiempo).
- Fortalecer la integración multimodal (200m y 400m efectivos a paradas, tiempos de transferencia); garantizar accesibilidad universal (ancho útil, pendientes, rampas, señalización táctil).
- Integrar variables ambientales (sombra, drenaje, permeabilidad).
- Establecer monitoreo ex post con indicadores clave de desempeño (KPI, por sus siglas en inglés), por ejemplo, cobertura  $\leq 200/400$  m, cruces intervenidos, conteos y aforos.
- Promover participación social (mapeo participativo, O-D rápidas).
- Alinear con POT/PIMUS/Manual de Calles y mecanismos de financiamiento.

## Referencias

- Anselin, L. (2010). Thirty years of spatial econometrics. *Papers in Regional Science*, 89(1), 1-24. doi:doi:10.1111/j.1435-5957.2010.00279.x
- Barón, N. (2022). Identification of cycle lane priorities based on observed and potential cyclist trips using GIS, the case of the Metropolitan Area of Mendoza, Argentina. *Urban, Planning and Transport Research*, 10(1), 412-432. doi:https://doi.org/10.1080/21650020.2022.2097122
- BCDCOG Council of Governments. (2021). *Transit and Bus Stop. Design Guidelines*. Berkeley: BCDCOG.
- Cámara de diputados del H. Congreso de la Unión. (2022). *Ley General de Movilidad y Seguridad Vial*. México: Gobierno de México.
- Cano, L., Rodríguez, R., Valdéz, J., Acevedo, O., & Rosa, B. (2017). Detección del crecimiento urbano en el estado de Hidalgo mediante imágenes Landsat. *Investigaciones geográficas UNAM*(92), 1-10. doi:https://doi.org/10.14350/ig.52339
- Comisión Ambiental de la Megalópolis. (2018, septiembre 24). *www.gob.mx*. Retrieved julio 11, 2025, from <https://www.gob.mx/comisionambiental/articulos/que-es-la-movilidad-sustentable?idiom>
- Covarrubias, V. (2013). Motorización tardía y ciudades dispersas en América Latina: definiendo sus contornos; hipotetizando su futuro. *Cuadernos de Vivienda y Urbanismo*, 6(11), 13-43. doi:https://doi.org/10.11144/Javeriana.cvu6-11.mtcd
- De la Lanza, I. (2019, junio 4). *World Resources Institute*. Retrieved julio 11, 2024, from <https://es.wri.org/insights/tres-recomendaciones-para-mejorar-la-movilidad-activa-de-las-ciudades-mexicanas>
- Gobierno del Estado de Hidalgo. (2024). *Programa de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial de la Zona Metropolitana de Pachuca*. Pachuca de Soto: Periódico Oficial del Estado de Hidalgo.
- H. Ayuntamiento Constitucional del municipio de Pachuca de Soto. (2011). *Programa Municipal de Desarrollo Urbano del municipio de Pachuca de Soto*. Pachuca: Periódico Oficial del Estado de Hidalgo.
- H. Ayuntamiento del Municipio de Pachuca de Soto. (2019). *Plan Maestro de Movilidad Sustentable de senderos y ciclorutas*. Pachuca de Soto.
- H. Congreso del Estado de Hidalgo. (2018). *Ley de Movilidad y Transporte del Estado de Hidalgo*.
- Hermida, C., Naranjo, G., Peña, J., Quezada, A., & Orellana, D. (2021). Avances en el conocimiento de la relación entre la movilidad activa a la escuela y el entorno urbano. (U. d. Chile, Ed.) *Revista de Urbanismo*(45), 182-198. doi: https://doi.org/10.5354/0717-5051.2021.58168.
- INEGI. (2025). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2025*. Aguascalientes: INEGI. Retrieved from <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/1103>
- Lopez, L., Gracia, M., & Cortés, H. (2023). Evaluación y rehabilitación de ciclovías en el marco de la movilidad sustentable y segura. *Revista De Estudios Regionales Nueva Época*, 1(1), 7-38. doi:https://doi.org/10.59307/erne1.19
- Lozano, J. & Beltrán, Y. (2024). Movilidad no motorizada en la ciudad de Pachuca: metodología para el análisis de senderos peatonales y ciclistas. In U. A. Hidalgo, *Desafíos y retos de la movilidad sustentable en el mundo contemporáneo* (pp. 65-84). Pachuca de Soto: UAEH.
- Lynch, K. (1960). *The Image of the City* (1a ed.). Boston: Gustavo Gili. Retrieved from <https://taller1smcr.wordpress.com/wp-content/uploads/2015/06/kevin-lynch-la-imagen-de-la-ciudad.pdf>
- Mayor of London. (2006). *Accessible bus stop, design guidance*. Londres: Transport for London.
- Orellana, D., Hermida, C., & Hermida, M.-A. (2022). ¿Cerca o lejos? Discursos y subjetividad en las relaciones entre el lugar de residencia y la movilidad. *EURE, Revista De Estudios Urbano Regionales*, 48(144), 1-24. doi:doi: 10.7764/eure.48.144.15
- Orellana, D., Hermida, C., & Osorio, P. (2017). Comprendiendo los patrones de movilidad de ciclistas y peatones. Una síntesis de literatura. *Revista Transporte y Territorio*, 167-183.
- Organización de las Naciones Unidas. (1948). *La Declaración Universal de los Derechos Humanos*. Retrieved from <https://www.un.org/es/about-us/universal-declaration-of-human-rights>
- Ríos, C. & Hernández-Vázquez, C. (2022). Caminar, pedalear, conducir: Determinantes urbanos de la movilidad activa. (U. d. Cuenca, Ed.) *Estoa. Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo*, 11(22). doi:https://doi.org/10.18537/est.v011.n022.a012
- SEDATU CONAPO e INEGI. (2024). *Metrópolis de México 2020*. Gobierno de México.
- SEDATU, CONAPO, INEGI. (2018). *Delimitación de zonas metropolitanas de México*. México: SEDATU.
- SEDATU; GIZ Sociedad Alemana para la Cooperación Internacional. (2018). *Anatomía de la movilidad en México*. Ciudad de México: SEDATU. Retrieved 16 junio, 2025, from [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/411314/Anatom\\_a\\_de\\_la\\_movilidad\\_en\\_M\\_xico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/411314/Anatom_a_de_la_movilidad_en_M_xico.pdf)
- Sobrino, J. (2024). Dinámica demográfica, forma urbana y densidad de población en ciudades de México, 1990-2020: ¿urbanización compacta o dispersa? *Estudios Demográficos y Urbanos*, 39(2), 1-31. doi:https://doi.org/10.24201/edu.v39i2.2190
- Suzuki, H., Cervero, R., & Iuchi, K. (2014). *Transformando las ciudades con el transporte público. Integración del transporte público y el uso del suelo para un desarrollo urbano sostenible*. Bogotá: International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank. Retrieved from



- <https://documents1.worldbank.org/curated/en/895051468329469373/pdf/Informe-principal.pdf>
- Tikoudis, I., Oueslati, W. & Dimitropoulos, A. (2018). Causes and consequences of urban sprawl. In OECD, *Rethinking Urban Sprawl. Moving Towards Sustainable Cities*. (pp. 122-124). Paris: OECD Publishing. doi:<http://dx.doi.org/10.1787/9789264189881-en>
- Vite, J. (2025). Derecho a la ciudad y movilidad segura: análisis de la infraestructura peatonal en el Boulevard Luis Donaldo Colosio. *MADGU. Mundo, Arquitectura, Diseño Gráfico Y Urbanismo*, 8(14), 6-23. doi:<https://doi.org/10.36800/madgu.v8i14.123>
- World Bank. (2017). *Sustainable mobility for all*. Retrieved julio 8, 2025, from <https://sum4all.org/>