

Artículo original

Evaluación de la infraestructura para la movilidad activa en Pachuca, México, con base en la morfología urbana

David Fernández-Rodríguez ^[1]  Jairo Lozano Hernández ^[1]  Christopher Contreras López ^[1]  Alejandro Gómez Montes de Oca ^[1] 

[1] Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). Pachuca, México.



Autor para correspondencia: fe439726@uaeh.edu.mx

Resumen

La planificación de infraestructura destinada para la movilidad activa tiende a priorizar la disponibilidad espacial desestimando otras variables del entorno construido, como la morfología urbana, lo que puede limitar su éxito. El objetivo de este trabajo es proponer una metodología integrada de análisis espacial que identifica la integración de un sendero peatonal y ciclista con su contexto urbano en la ciudad de Pachuca, Hidalgo, México. El método combina la Sintaxis Espacial (Space Syntax) para evaluar la conectividad, integración y elección que hay en la traza urbana y el mapeo morfológico de usos del suelo y densidades habitacionales para observar la correspondencia en el recorrido del sendero. Los resultados indican que el sendero posee una inserción adecuada, con una Conectividad global de 3.46 conexiones por calle o nodo mostrando niveles medios de elección (Choice) a escala local (800 m) y niveles medios y altos de Integración (Integration) a escala global de acuerdo con el análisis sintáctico espacial. Esto se corrobora en el análisis morfológico complementario de usos de suelo y densidades habitacionales con la identificación corredores comerciales y la actuación del sendero como una sutura urbana que conecta a las zonas de alta densidad habitacional. Se concluyó que la propuesta metodológica es una alternativa viable para la evaluación y la planificación de infraestructura para la movilidad activa desde un enfoque de análisis espacial que combina la relación espacial de oferta y demanda urbanas.

Palabras Clave: *movilidad activa; morfología urbana; Space Syntax, integración urbana.*

Article

Assessment of Active Mobility Infrastructure in Pachuca, Mexico, Based on Urban Morphology

Abstract

Active mobility infrastructure planning tends to prioritize spatial availability while disregarding other built-environment variables, such as urban morphology, which can limit its success. This study aims to propose an integrated spatial analysis methodology to identify how a pedestrian and bicycle path integrates with its urban context in Pachuca, Hidalgo, Mexico. The method combines Space Syntax—to evaluate connectivity, integration, and choice within the urban layout—with morphological mapping of land use and residential densities to observe how these align with the path's route. The results indicate that the path is appropriately inserted into the network, featuring a global Connectivity of 3.46 connections per street or node, exhibiting moderate levels of Choice at the local scale (800 m), and moderate to high levels of global Integration according to the space syntax analysis. This is corroborated by the complementary morphological analysis of land use and residential densities, which identifies commercial corridors and demonstrates the path's role as an urban suture connecting high-density residential areas. The study concludes that the proposed methodology offers a viable alternative for planning and evaluating active mobility infrastructure through a spatial analysis approach that combines the spatial relationship between urban supply and demand.

Keywords: *ctive mobility; urban morphology; Space Syntax; urban integration.*

Cita sugerida: Fernández-Rodríguez, D., Lozano Hernández, J., Contreras López, C., & Gómez Montes de Oca, A. (2026). Evaluación de la infraestructura para la movilidad activa en Pachuca, México, con base en la morfología urbana. *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*, 9(18), 65-79. <https://doi.org/10.56124/finibus.v9i18.006>

DOI : <https://doi.org/10.56124/finibus.v9i18.006>
Recibido: 30-05-2026 Revisado: 15-06-2026
Aceptado: 17-06-2026 Publicado: 01-07-2026

1. Introducción

Es frecuente que la introducción de infraestructura para la movilidad activa aproveche las condiciones del espacio disponible y derechos de vía para su implementación, omitiendo los flujos y demanda que solicita la población, así como, los contextos urbanos existentes (Wang et al., 2026; Lock & Pettit, 2022). Al respecto, la forma de la ciudad incide de manera directa en los sistemas internos que dan funcionamiento a una urbe (Batty, 2013). En el contexto de la movilidad activa, si bien la disponibilidad de infraestructura dedicada es un factor condicionante para su promoción y eficiencia, son igualmente decisivas tanto la configuración espacial, dada por la morfología urbana, como la escala humana (Gehl, 2014; Ruiz-Apilánez & Solís 2021). Derivado de esto, el estudio de la movilidad activa dentro de la ciudad se ve robustecido con la incorporación de la morfología como variable condicionante.

Con esto en mente, el presente trabajo es parte de un proyecto de investigación en desarrollo que se centra en el estudio de acciones y dotación de infraestructura para la movilidad activa dentro de la ciudad de Pachuca, Hidalgo, en México, y su integración con el entorno construido y las dinámicas de la población residente.

La zona metropolitana de Pachuca se encuentra en el Estado de Hidalgo, ubicado en el Valle de México, a unos 90 km al norte de la ciudad de México y con una población en 2020

de 665,929 habitantes (INEGI, 2020) (ver Fig. 1). Contó en 2025 con 44.61 km de senderos peatonales y ciclistas (ver Fig. 2).

Pese a esta importante extensión, la red se muestra fragmentada e inconexa (Lozano et al., 2025). Esto se explica por el camino que siguió su construcción: en un inicio, la red se proyectó como senderos verdes en aprovechamiento a la disponibilidad de la infraestructura en desuso, como la ferroviaria (H. Ayuntamiento Constitucional del municipio de Pachuca de Soto, 2011, pág. 293); posteriormente se sumaron nuevos tramos de menor longitud promovidos principalmente por los desarrollos habitacionales y algunas acciones aisladas promovidas por el ayuntamiento municipal. Este crecimiento sin un plan ordenador originó una red de senderos que adolece de una visión metropolitana y no asegura su integración a las dinámicas de la población ni a la estructura urbana heredada.

De esta forma, cada tramo presenta distintos comportamientos y niveles de integración, lo que limita el beneficio de esta infraestructura en la promoción de la movilidad activa.

Este panorama heterogéneo dificulta el conocimiento del nivel de éxito que tiene cada tramo de la red, así como su integración topológica con el entramado de calles y su relación con la configuración de usos del suelo y los movimientos cotidianos de la población.

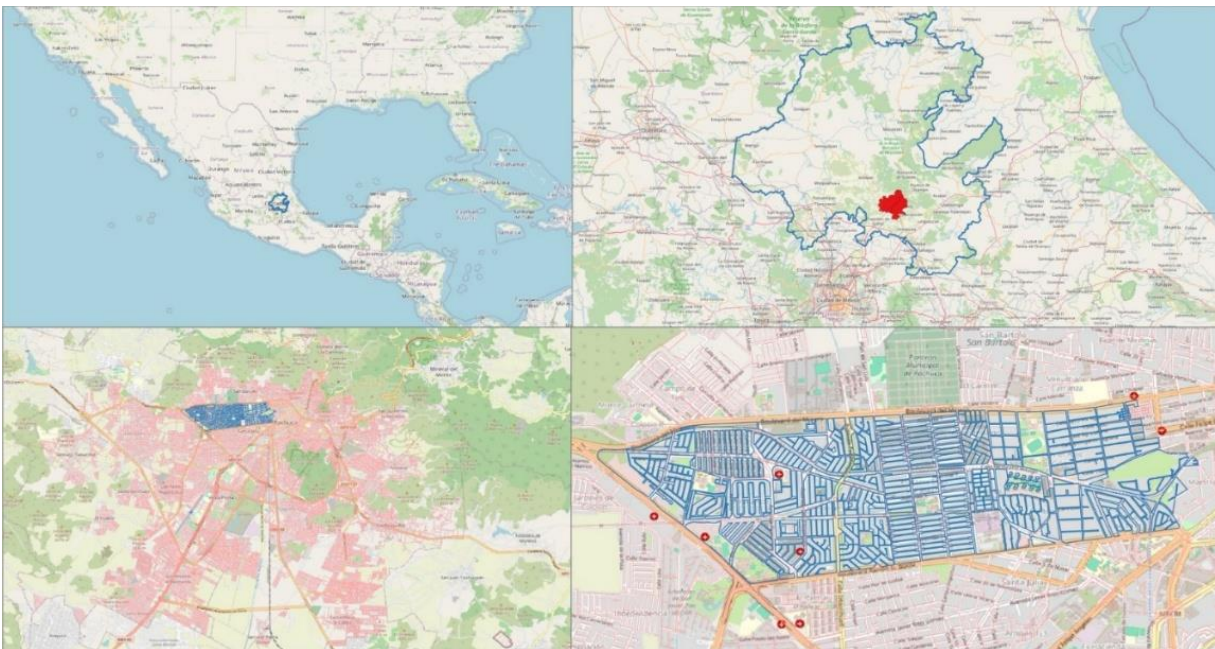


Figura 1. Localización del estudio.

Fuente: Elaboración propia con base en información digital de INEGI.

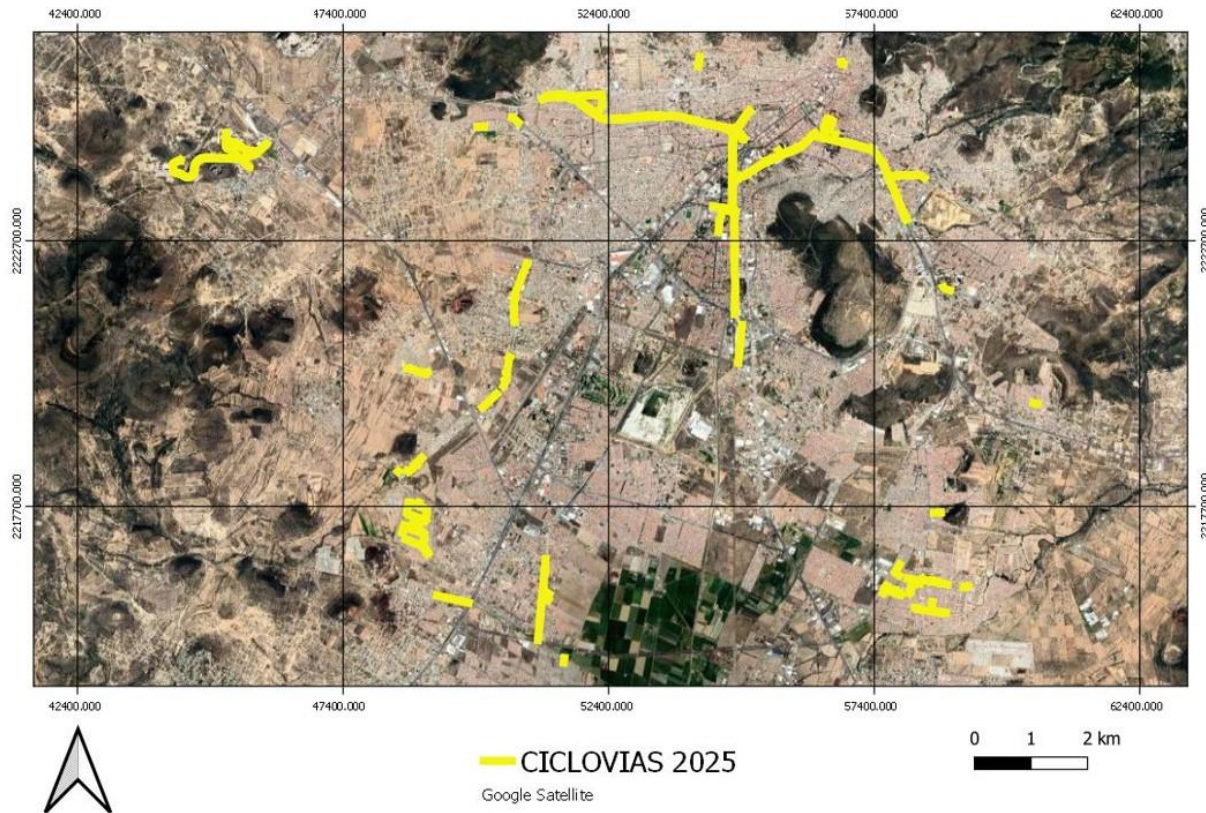


Figura 2. Ciclovías en la Zona Metropolitana de Pachuca, en 2025.

Fuente: Tomado de Lozano et al. 2025

El presente estudio es parte de un proyecto de investigación que se origina de la red de senderos peatonales y ciclistas de la ciudad de Pachuca. El proyecto de investigación busca abordar el problema persistente de desconexión y fragmentación desde un enfoque inductivo, estudiando los tramos de la red por separado para establecer metodologías de análisis que puedan ser replicables y logren explicar el nivel de integración y éxito en el uso de esta infraestructura. En etapas anteriores se han realizado aforos y encuestas de percepción y opinión de los usuarios, así como la detección de ciertos elementos atractores para la población (Beltrán Martínez & Lozano Hernández, 2024; Lozano Hernández et al., 2025).

En esta etapa se busca entender el funcionamiento de un sendero en específico a partir de su correspondencia con aspectos morfológicos del entorno construido como es la configuración topológica de la red vial y peatonal, así como los usos del suelo y las densidades habitacionales.

La principal ausencia en el diseño de redes para la movilidad activa reside en la falta de profundidad de los diagnósticos urbanos previos que toman a la infraestructura como un elemento aislado y no como otro componente más que suma a un complejo fenómeno urbano donde la estructura

subyacente del espacio físico condiciona y moldea los comportamientos de la población y con ello, sus desplazamientos (Lock & Pettit, 2022). Esta ausencia en el uso de metodologías que permitan profundizar y robustecer estos diagnósticos pone en riesgo los beneficios de las inversiones en el fomento de la movilidad activa.

Por lo anterior, es imperativo contar con herramientas metodológicas que permitan incorporar aspectos morfológicos y análisis topológicos. El presente estudio se justifica al buscar cubrir este vacío por medio de una propuesta metodológica integrada de análisis espacial y su aplicación a un estudio de caso particular. Para el análisis de la estructura topológica de la red de calles se propone el uso de la teoría de la Sintaxis Espacial (Space Syntax) a la cual se suma y contrapone un análisis de condiciones morfológicas de la configuración espacial de usos del suelo y las densidades habitacionales.

Las métricas obtenidas del análisis sintáctico espacial como la conectividad, la integración y la elección permiten modelar estadísticamente situaciones de accesibilidad y el potencial de flujo que ofrece la traza urbana para la movilidad activa. Al contrastar estas métricas con la configuración espacial de los usos del suelo, retomados

como oferta, y las densidades habitacionales, planteadas como demanda, es posible conocer la correspondencia entre la estructura espacial y la vitalidad socioeconómica de los corredores urbanos y evaluar la inserción del sendero peatonal y ciclista estudiado. Con esto se contribuye a demostrar como la movilidad activa no depende exclusivamente de la disponibilidad de infraestructura adaptada, sino de la interacción de los factores subyacentes de la estructura topológica de calles y el tejido urbano existente.

El objetivo es establecer un proceso metodológico que permita identificar la integración de un sendero peatonal y ciclista con su contexto urbano, mediante el uso mixto de las métricas de la configuración topológica de la red vial peatonal generadas de un análisis sintáctico espacial y la suma de los elementos atractores detectados por medio de un levantamiento de usos del suelo y la demanda existente caracterizada por las densidades habitacionales.

Como objetivo específico se busca la aplicación de la metodología de la Sintaxis Espacial (Space Syntax) en el área de estudio, con atención en el sendero analizado, para determinar las métricas de conectividad, integración y elección.

2. Revisión de la literatura

La morfología urbana es entendida como la suma de la traza urbana o red vial, los usos del suelo y las densidades habitacionales (Conzen, 1960; Oliveira, 2017; Solís Trapero et al. 2019). La traza urbana actúa como soporte topológico para los desplazamientos, lo cual, dependiendo de su configuración, restringe o visibiliza los movimientos de la población, determinando el grado de conectividad, integración y permeabilidad que ofrece la infraestructura destinada a los peatones y ciclistas en configuración determinada (Castro & Delgado, 2025). Cuando la configuración topológica del entramado de las calles es fragmentada o discontinua por diversos elementos, como los bordes urbanos (avenidas o carreteras de sección amplia) o los fraccionamientos cerrados, los movimientos de la población se restringen y disminuyen afectando de forma directa a quienes se desplazan por medios activos: peatones y ciclistas (Martí, 2024).

Estudios han demostrado que una traza urbana con amplia redundancia, como son los patrones ortogonales, en retícula o grids, fomenta la presencia de mayor movilidad activa por parte de la población junto con otras variables como el perfil socioeconómico, la densidad urbana y los usos del suelo (Ewing & Cervero, 2010). De igual forma, se ha encontrado que una alta proporción de intersecciones generan manzanas más cortas y posibilitan mejor los desplazamientos en medios no motorizados por la población, al mismo tiempo que obliga a una reducción en la velocidad de rodamiento de

los vehículos (Koohsari et al., 2016). Caso contrario, las trazas urbanas con patrones espaciales más jerarquizados, como las soluciones ramificadas o las calles cerradas (cul-de-sac), limitan la conectividad y reducen las alternativas para movilidad activa al generar mayores distancias de recorrido, más tiempo de viaje y una alta concentración de tráfico vehicular en avenidas colectoras (Barrington-Leigh et al., 2019; Nag et al., 2022).

Los usos del suelo son otro de los elementos que constituyen a la morfología urbana. Representan las actividades que se realizan en el espacio, las cuales desencadenan el origen y destino de los movimientos, incluidos aquellos que son parte de la movilidad activa. Los usos del suelo determinan la dirección, la intensidad e incluso el horario y la frecuencia de los traslados, por lo que su distribución espacial se constituye como otro factor determinante para la movilidad urbana. Los patrones de distribución espacial que muestran una configuración de mezcla e integración de varios usos del suelo generan una mayor proximidad entre las zonas habitacionales, los equipamientos (incluidas las áreas verdes y las áreas abiertas) y las zonas comerciales y de servicios, con lo que se disminuye el promedio de las distancias en los traslados de la población.

Esto contribuye a que la movilidad activa sea una alternativa factible frente al uso de los vehículos para desplazamientos cotidianos (Cerin et al., 2018). Por el contrario, zonificaciones con un modelo espacial más segregado y con mayor especialización territorial propician recorridos más extensos, lo cual puede sobrepasar los umbrales de tolerancia para traslados no motorizados (1 a 2 km para peatones o 5 a 10 km para ciclistas), desincentivando la presencia de la movilidad activa como alternativa (Cerin et al., 2022).

Finalmente, está la densidad como otro elemento constituyente de la morfología urbana. Se entiende como densidad a la intensidad de uso en una localización espacial, lo cual concentra más actividad en un menor espacio. Siendo el uso habitacional (medida en viviendas por hectárea) el de mayor presencia en las áreas urbanas, la densidad habitacional es la que mayor impacto tiene en la determinación morfológica de las ciudades, seguida de la densidad de usos comerciales y de servicios.

A mayor densidad de uso, la ciudad se vuelve más compacta y se pueden reducir las longitudes de los traslados de la población. Sin embargo, la densidad por sí misma tiene una menor influencia en los movimientos que realiza la población por medio de la movilidad activa pero en conjunción con patrones de uso de suelo mixto, potencializa los traslados a pie y en medios no motorizados de los habitantes (Stevens, 2017). Para el caso de morfología urbana con densidades habitacionales menores, se propicia la dispersión y alargamiento de las manchas urbanas lo que puede contribuir a mayores longitudes en los recorridos y

desincentivar la movilidad activa (Sallis et al., 2016). Esto resulta cierto en ciudades con zonas de suburbios o con trazas fragmentadas que propician la expansión urbana.

Estos tres elementos, la traza urbana, los usos del suelo y las densidades habitacionales interactúan entre sí para configurar el espacio y tienen un impacto directo en la movilidad activa. Una traza urbana redundante y robusta puede tener un efecto parcial en la cantidad de traslados no motorizados cuando no existe una mezcla suficiente de los usos de suelo ni de sus densidades, de igual forma, una mezcla adecuada de usos del suelo puede verse limitada en favorecer a la movilidad activa cuando la traza urbana es más jerárquica y las densidades son menores. El escenario ideal para el fomento a la movilidad activa de forma cotidiana consistiría en patrones de trazas urbanas redundantes con una mezcla adecuada de usos del suelo y con densidades que propicien la aparición de corredores de servicios y comercios que resulten atractores para la población (Omer & Kaplan, 2017).

2.1. Uso de Space Syntax

La Sintaxis Espacial o Space Syntax es una teoría y un conjunto de métodos que fueron propuestos en origen en el trabajo de Bill Hillier et al. (1976). Su postulado principal se basa en el entendimiento de que el espacio construido no es solo un contenedor pasivo y unilateralmente resultante de las actividades sociales, antes bien, es un elemento activo y dialéctico con las acciones humanas, siendo producido por ellas, pero también con la capacidad de moldearlas y condicionar sus comportamientos.

La Sintaxis Espacial se fundamenta en un análisis topológico y en la teoría de grafos de las matemáticas discretas para determinar como el espacio construido puede condicionar el comportamiento y los patrones de la movilidad urbana mediante la estructura de relaciones espaciales del entorno construido (Yamu, van Nes, & Garau, 2021).

La Sintaxis Espacial parte de un enfoque centrado en las personas y su experiencia espacial con atención en lo que ven y como se mueven. Este enfoque es el punto diferenciador con respecto a los estudios habituales de ingeniería de tránsito, los cuales, al basarse en la teoría de grafos, interpretan a las calles como enlaces o aristas y a sus cruces como nodos (Porta et al., 2006), mientras que la Sintaxis Espacial toma como nodos a las líneas axiales y como enlaces a los cruces entre ellas. Esta inversión del enfoque en cómo se aborda e interpreta la configuración espacial permite que la Sintaxis Espacial corresponda mejor al proceso cognitivo en como un ser humano navega por el espacio urbano y como la configuración de éste determina los flujos de forma orgánica (Yamu, van Nes, & Garau, 2021).

Sus métricas principales son:

- *Profundidad (Depth)*. Se refiere al número de cambios y nodos que se deben transitar entre un nodo (calle) raíz y un nodo elegido. Cuando una calle o espacio es más superficial indica que es más accesible, mientras que cuando es más profunda, está más aislada.
- *Conectividad (Connectivity)*. Se refiere al número de conexiones directas que tiene un nodo raíz o calle elegida con otros nodos próximos. En una interpretación urbana, es el número de conexiones directas que tiene una calle con otras calles.
- *Integración (Integration)*. Es una medida que traduce el grado de accesibilidad de un nodo a todo el sistema con base en el número total de cambios de dirección o nodos que se deben de tomar para acceder a dicho nodo. Cuanto menor sea el número de cambios de dirección hacia una calle con respecto a las demás calles del sistema, mayor será su integración y su potencial como destino. Esta medida está relacionada con calles que tradicionalmente muestran altos flujos peatonales.
- *Elección (Choice)*. Es una medida que indica el potencial que tiene un nodo (calle) de estar en el camino más corto entre otro par de nodos. Una alta elección indica que una calle puede ser un corredor principal o vía primaria.

Desde su creación, la Sintaxis Espacial ha sido utilizada de forma constante en diferentes ámbitos y escalas. Sobre la movilidad activa se destacan los estudios que abordan el comportamiento peatonal contrastándolo con un análisis espacial de integración y elección proveniente de la Sintaxis Espacial para observar su relación (Fan et al., 2024; Yıldırım & Çelik, 2023).

También aquellos que utilizan esta metodología para evaluar si las rutas elegidas por los peatones se determinan por el camino más corto o por el que menores cambios de dirección presenta. De igual forma, la Sintaxis Espacial se ha aplicado a estudios exclusivos de movilidad ciclista para conocer la predisposición que tiene la población sobre ciertas rutas y su relación con las métricas que se obtienen de esta metodología y la suma de otros factores sociales y morfológicos (Soltani et al., 2022; Ryu et al., 2021). Su uso se ha incorporado a estudios de modelación y predicción del tráfico peatonal (Omer & Kaplan, 2017; Monokrousou & Giannopoulou, 2016).

Por otra parte, el uso de esta metodología ha aportado para investigaciones que ven a la movilidad activa como una fuente de beneficios para la salud de las personas, por lo que la configuración de calles puede afectar de forma indirecta a la salud de la población (Koohsari et al., 2019, 2023). Como aplicaciones latinoamericanas de la Sintaxis Espacial para la movilidad activa se encuentra el estudio realizado por Figueroa et al. (2018). Realizado sobre la ciudad de Santiago de Chile donde se utilizó esta metodología para medir los cambios de la integración global y la integración local

(peatonal) frente a la introducción de una red de autopistas urbanas y los barrios adyacentes.

En este contexto, la Sintaxis Espacial se constituye como una alternativa analítica para el estudio de la movilidad activa, al permitir entender y cuantificar la configuración del entorno construido a partir de la red vial y predecir los patrones de movimiento natural peatonal y ciclista. Sus aplicaciones se orientan al análisis y al diseño de la configuración urbana. Sin embargo, debe de enriquecerse con la suma de más aportaciones para superar el solo análisis topológico.

3. Metodología

El proceso propuesto se basa en las siguientes etapas: la construcción del modelo espacial, el levantamiento de la vocación del suelo, la zonificación por densidades habitacionales, la determinación de métricas de la sintaxis espacial y el empalme visual de las variables (ver Fig. 3).

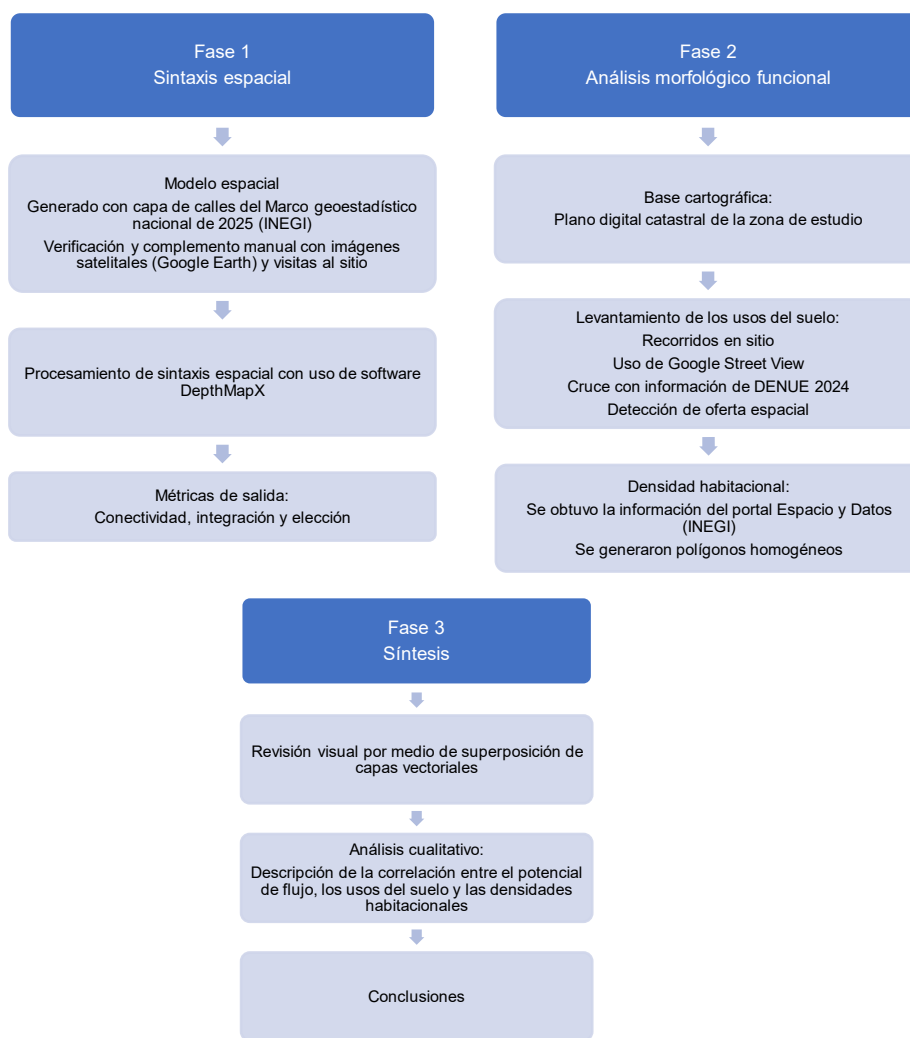


Figura 3. Diagrama de flujo del proceso propuesto.

Fuente: Elaboración propia.

3.1. Sitio de estudio

El polígono analizado corresponde a la parte norponiente de la ciudad de Pachuca, conformado por una serie de colonias y fraccionamientos de distintos niveles socioeconómicos (ver Fig. 4).

Cuenta con una superficie de 372.47 ha y una población para 2020 de 31,317 habitantes y 11,386 viviendas (INEGI, 2020), lo que resulta en una densidad poblacional promedio de 84.08 habitantes por hectáreas y una densidad habitacional de 30.57 viviendas por hectárea. Está

delimitado al norte por el bulevar Minero, al poniente por el bulevar Colosio, al sur por el bulevar Bonfil y la avenida Del Palmar y al oriente por la colonia Morelos. El entorno urbano está consolidado (ver Fig. 5).

En su interior se encuentra el sendero peatonal y ciclista analizado, que es parte de la red de senderos y ciclovías de

la ciudad de Pachuca. Cuenta con una longitud de 4.4 km en un recorrido de oriente a norponiente, donde se interrumpe en el bulevar Minero. Su trazado corresponde al aprovechamiento del derecho de vía del ferrocarril que transitaba por esta zona con dirección a la antigua estación del tren.



Figura 4. Localización del polígono de estudio.

Fuente: Elaboración propia con base en información digital de INEGI

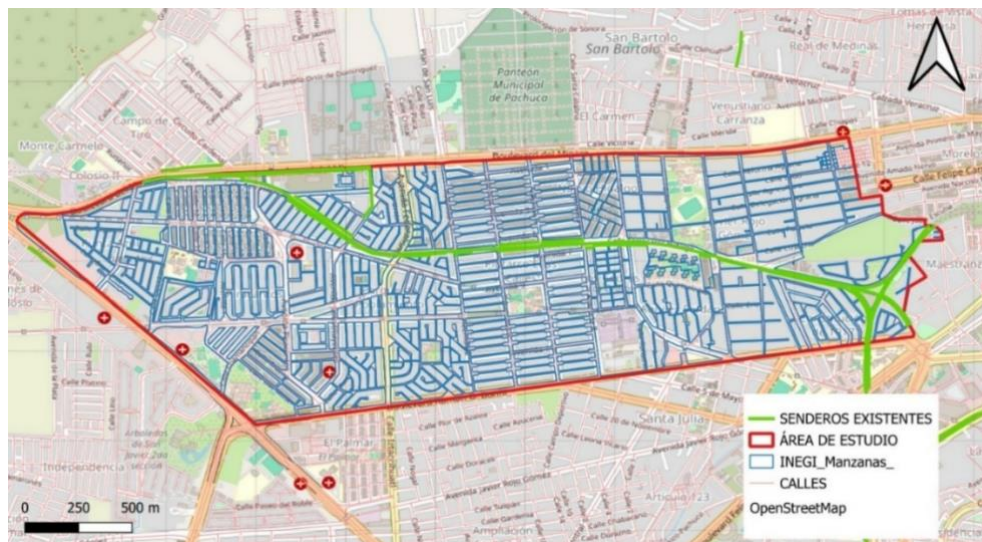


Figura 5. Área de estudio.

Fuente: Elaboración propia con base en información digital de INEGI.

3.2. Modelo espacial

Como base, se utilizó la cartografía del Marco Geoestadístico Nacional (MGN) de INEGI de 2025 (INEGI, 2025) disponible en el sitio <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/> seleccionando como Área Geográfica al municipio de Pachuca de Soto en el Estado de Hidalgo y eligiendo la capa de vialidades la cual fue descargada en formato shp. Con uso de software QGIS versión 3.44.3 se exportó el modelo a formato dxf. Mediante el uso de del programa Autocad 2026 (versión para educadores) se recortó el área de estudio deseada con un

buffer adicional de 400m con motivo de no sesgar los resultados de la sintaxis espacial al cortar de forma abrupta la traza urbana. Cabe señalar que en esta etapa se utilizó un sistema de coordenadas UTM compatible con el proceso de edición en Autocad 2026. Posteriormente, el modelo se editó con uso para la revisión manual de vialidades conforme a visitas a sitio y el uso de Google Street View. Con base en imagen satelital, se construyó de forma manual el trazo completo del sendero analizado debido a que la capa de vialidades del MGN no muestra este tipo de infraestructura ya que se limita únicamente a identificar calles vehiculares.

Cabe señalar que el sendero, en su tramo central y norponiente, tiene un recorrido compartido con vialidades de 2.89 km y un tramo al suroriente de 1.51 km que esta segregado. De igual forma, se incluyeron solamente los pasos peatonales existentes (puentes peatonales, cruces semaforizados y pasos peatonales) que conectan a la zona de estudio con su entorno circundante, con motivo de conocer solo la configuración espacial posible desde la movilidad activa.

3.3. Procesamiento Sintáctico Espacial

Una vez obtenido el modelo digital en formato dxf, se realizó el análisis espacial por medio del software libre DepthMapx versión 0.8.0 (Koutsolampros et al., 2020). A partir de la construcción de un mapa axial se generó un mapa de segmentos con el cual fue posible realizar un análisis de segmentos angular calculando los indicadores de integración, que señala el potencial de un eje como destino al describir la accesibilidad de un nodo (calle) con respecto a toda la red; elección (choice), que indica la probabilidad de flujo de paso a través de una vía en el recorrido más directo entre los nodos del sistema; y conectividad, que mide el número de conexiones directas o enlaces que tiene un nodo.

Todas las medidas se obtuvieron de forma global con radios $R=n$, es decir, considerando a todo el sistema, sin embargo, la integración y la elección también fueron obtenidas de forma local con radios $R=800$, considerando una caminata de 10 a 15 minutos y $R=1200$ para incluir movimientos ciclistas y de movilidad no motorizada.

3.4. Usos del suelo y entorno urbano

Con base en cartografía catastral disponible del municipio de Pachuca de Soto de 2020, se obtuvo un mapa de manzanas y lotes del área de estudio en archivo dwg. Por medio de un levantamiento realizado en sitio y con uso complementario de Google Street View se identificaron los usos de suelo a nivel lote, clasificándolos en usos habitacionales, usos habitacionales mixtos (que incluye vivienda con comercio y servicios), usos de equipamientos públicos (donde no se incluyen parques y jardines), equipamientos de parques y jardines, usos comerciales, usos industriales, baldíos y áreas verdes (camellones e islas en el centro de la vialidad).

El levantamiento se realizó durante el mes de enero y febrero de 2026. El levantamiento también tomó en consideración la información obtenida del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) proveniente de los Censos Económicos 2024 (INEGI, 2024).

Con esta información se realizaron los análisis de los puntos de atracción e interés de la población, considerando estratégicamente solo los usos comerciales, los usos habitacionales mixtos, el equipamiento (incluidos parques y jardines) y los usos mixtos como puntos de oferta. Este modelo fue exportado a QGIS para efectuar el análisis

cualitativo de correspondencia entre los puntos de atracción y la configuración de la traza urbana.

3.5. Densidades habitacionales

Con base en el portal en línea para consulta Espacio y Datos (INEGI, 2026) se obtuvo la información de la capa de manzanas de la zona de estudio en formato shp, la cual corresponde a información derivada del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI). Con uso de QGIS se generaron los campos de superficie por manzana y su densidad en viviendas totales entre la superficie en hectáreas. Se generó un mapa temático con 7 segmentos de densidad desde 0 a 18,8 viviendas por hectárea hasta más de 90 viviendas por hectárea. Logrando identificar algún patrón y zonas homogéneas de densidad habitacional.

3.6. Síntesis

Con la información obtenida se realizó la superposición o empalme de los modelos de análisis sintáctico espacial, usos del suelo y densidades para encontrar correspondencia entre los puntos atractores (oferta), las zonas habitacionales con mayor densidad habitacional (demanda) y la disposición estructural de la red caminable. De forma particular se determinó el papel que juega el sendero peatonal y ciclista analizado y su papel como conexión física entre la oferta y la demanda de servicios y comercio.

4. Resultados

En cuanto a conectividad global, se tiene un promedio de 3.46 conexiones por calle o nodo. Para el área de estudio, las calles ubicadas en la primera sección de la Colonia Plutarco Elías Calles son las que muestran una mayor conectividad, seguidas de algunas calles en Parque de poblamiento. Es de resaltar que el trazo del sendero analizado muestra mayor conectividad en su parte central y norponiente que en su parte oriente (ver Fig. 6).

En cuanto a la elección global, el análisis muestra que las vialidades circundantes al área de estudio son las que mostrarían mayor posibilidad de flujo de tránsito en las diferentes zonas, lo que corrobora su uso como bulevares urbanos. Sin embargo, es de resaltar que las que muestran mayor elección al interior del polígono son la Avenida 2 y Avenida 4 de la Colonia Plutarco Elías Calles, junto con la Calle Emiliano Zapata, las cuales discurren de norte a sur. En este punto el análisis sintáctico espacial se corrobora con la presencia de una concentración importante de comercios y servicio en estas vías, además que se intuye su constante uso vehicular (ver Fig. 7). Con referencia a la integración global, la métrica de mayor importancia, la configuración de la red vial muestra correspondencia con los hallazgos: las calles de mayor integración global, aparte de los bulevares que bordean la zona de estudios, son, nuevamente la Av. 2 y la Av. 6 de la colonia Plutarco Elías Calles. Con menor grado se encuentra la Av. Insurgentes y la parte sur de la Av.

Federalismo, en las colonias Parque de Poblamiento y Piracantos, y la calle Emiliano Zapata en la colonia Aquiles Serdán. Es apropiado resaltar el papel que tiene el trazado del sendero en este indicador: en su parte central y oriente

muestra una alta integración en la red, disminuyendo en la parte norponiente, donde se muestra con una integración media (ver Fig. 8).

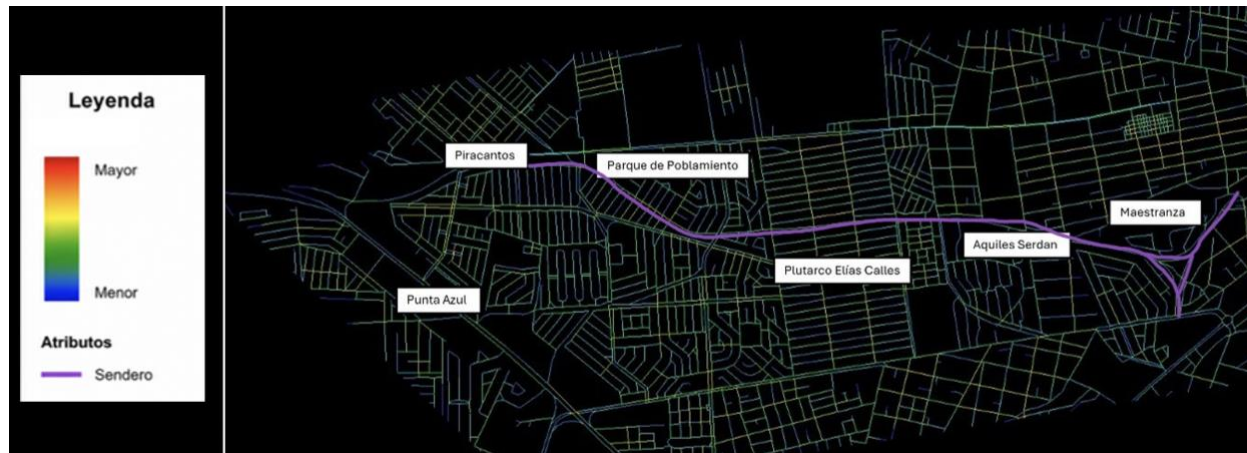


Figura 6. Conectividad global del Área de estudio.

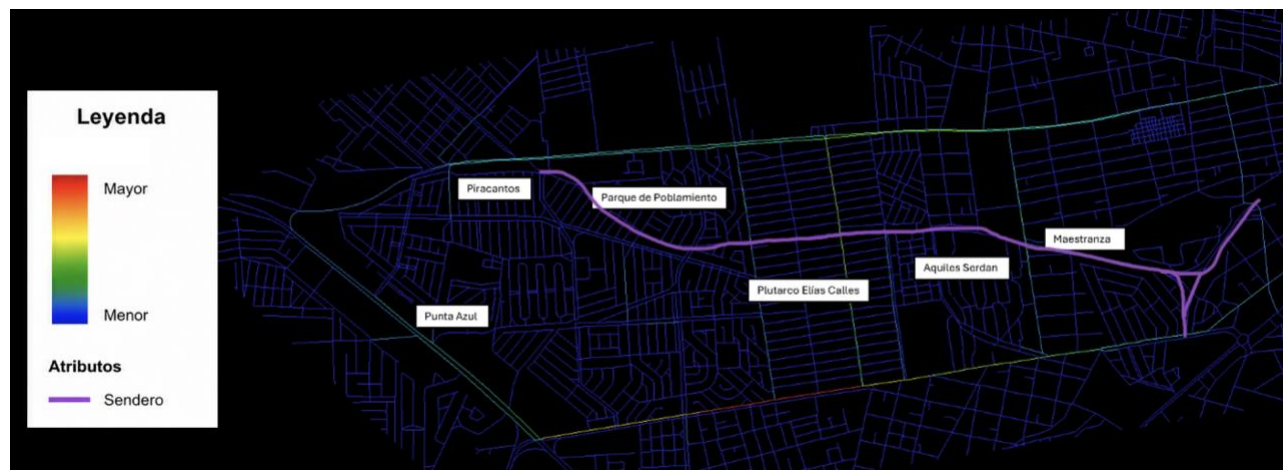


Figura 7. Elección global del Área de estudio.

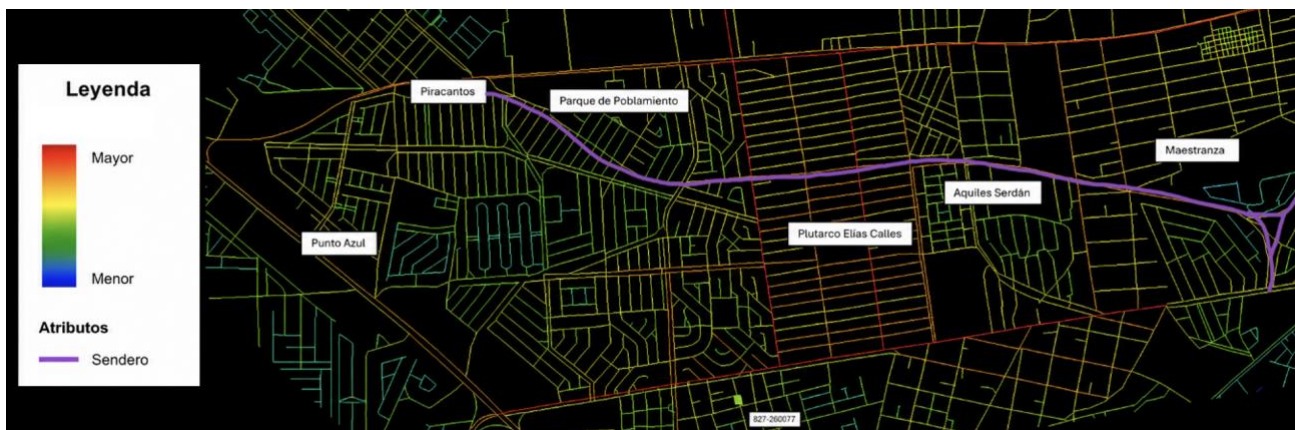


Figura 8. Integración global en el Área de estudio.

El comportamiento de elección con radios $N=800$ y $N=1200$ se muestra similar entre sí, detectando, además de las vialidades con alta elección global, nuevas vialidades que resultarían de tránsito en recorridos peatonales y ciclistas. Dentro de estas nuevas vialidades resaltan las calles Avenida Solidaridad, Avenida Insurgentes y Paseo Toltecas, todas ellas en dirección oriente-poniente. Con dirección norte sur, se identifican Av. Piracantos, Av. Constituyentes y Av. Federalismo, junto con la Av. 2 y Avenida 6 y ahora Av. 8 y Montañistas en la Colonia Plutarco Elías Calles. Con respecto al sendero, para los radios analizados con perspectiva de recorridos peatonales y ciclistas, la elección es moderada en el extremos norponiente pero muestra mayor relevancia en la parte central.

Con referencia al análisis con $R=800$ se muestra una integración alta de las calles al sur de la colonia Parque de Poblamiento, siendo Av. Federalismo y Av. Insurgentes las que mayor integración tienen. El sendero aún continúa teniendo una integración alta a moderada en la parte central de su recorrido.

En recorridos de 1.2 km, propios del uso de la bicicleta o micromovilidad, el escenario cambia un poco, mostrando una menor integración promedio y con menos calles que tengan una alta integración. Sin embargo, el sendero conserva una integración media en su parte central, entre las colonias Plutarco Elías Calles y Aquiles Serdán, extendiéndose este patrón hacia la colonia Maestranza y Constitución.

Los usos del suelo muestran la presencia de corredores de usos mixtos y de equipamiento. Corroborando el nivel de integración espacial de las Avenidas 2 y 6 de la Colonia Plutarco Elías Calles, se encuentran franjas de varias cabeceras de manzanas con usos mixtos (habitacional y comercio/servicios). De igual forma, Av. Solidaridad en su tramo sobre Parque de Poblamiento y Piracantos tiene la presencia de usos mixtos y comerciales que dan abasto a la población. Cabe resaltar la Av. Federalismo, la cual cuenta con un nivel de medio y alto de integración tanto global como en radios peatonales y ciclistas en su tramo sur, lo cual se corresponde con una mayor concentración de comercio y usos mixtos, cambiando justo a donde cruza con el sendero analizado en la Calle Ferrocarril Hidalgo.

Por el lado opuesto, la Av. Piracantos no muestra una concentración importante de usos comerciales y mixtos, pese a su extensión y a ser considerada una vialidad importante para el fraccionamiento del mismo nombre, lo que también tiene relación al nivel de integración espacial medio y bajo a escala peatonal y ciclistas. Finalmente, es clara la presencia de usos comerciales de mayor magnitud en los bulevares que rodean al área de estudio, lo que se empalma de forma directa con los indicadores de conectividad e integración, en escalas globales como peatonales y ciclistas (ver Fig. 9).

El patrón de distribución espacial del equipamiento no guarda una relación directa con el análisis sintáctico espacial realizado. El equipamiento y las áreas verdes se distribuyen de forma más aleatoria repartida en el área de estudio, aunque existe la coincidencia de algunos equipamientos sobre la Av. Solidaridad como el Centro de salud, la Unidad especializada para la prevención y atención de la violencia familiar y sexual, jardines vecinales y el Club del Adulto Mayor.

Con referencia a las densidades, el promedio es de 30.57 viviendas por hectárea, con dos núcleos que muestran una densidad cercana o superior a las 90 viviendas por hectárea: El fraccionamiento Piracantos y la Unidad Habitacional Aquiles Serdán.

Cabe señalar que la única zona multifamiliar detectada es La Aquiles donde existen edificios de departamentos de 4 niveles. La mayor concentración de manzanas con poca densidad (además de las manzanas dedicadas a otros usos) se encuentra en el extremo oriente y el extremo poniente del área de estudio (ver Fig. 10).

5. Conclusiones.

Pese a que el sendero peatonal y ciclista fue creado por la disponibilidad del derecho de vía de las líneas férreas existentes, el presente estudio demuestra que su eficiencia como infraestructura para la movilidad activa no depende exclusivamente del trazado geométrico, sino también de su integración morfológica con la traza urbana, los usos del suelo y las densidades habitacionales.

5.1. Interpretación

Correspondencia con la sintaxis espacial

El análisis sintáctico espacial realizado revela que el sendero cuenta con una inserción adecuada en la red general. Para el caso de las métricas de elección (Choice), obtenidas por Space Syntax, al escalar el análisis a radios peatonales (800m) y ciclistas (1200m) varios tramos del sendero muestran, gratificadamente, un nivel medio, lo que se interpreta en la literatura como potencial ruta de paso entre los nodos o calles del sistema, en especial en su parte poniente y su parte central, lo que apoya su vocación como una alternativa para la movilidad activa. Cabe señalar que, a nivel global, el sendero solo muestra un nivel medio bajo de elección en su parte sur y nivel bajo en el resto de su derrotero. Lo anterior se puede interpretar como que el tramo central y el tramo norte no tienen una repercusión importante para la ciudad, pero el tramo sur sí muestra una mayor relevancia, lo que coincide con la conexión existente a otras ciclovías y a la red de transporte público a nivel ciudad.



Figura 9. Usos del suelo y valores de integración global.

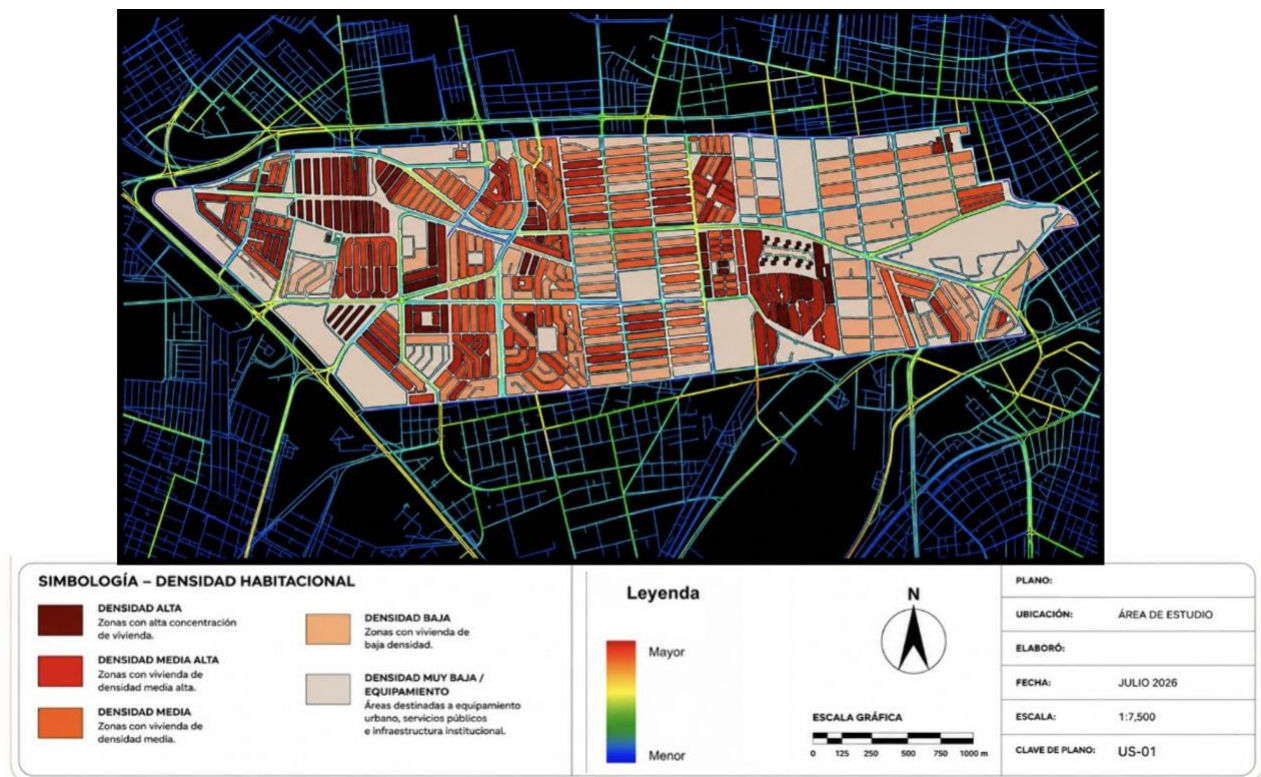


Figura 10. Densidades habitacionales y valores de integración global.

La integración global obtenida del sendero muestra gráficamente niveles medios y altos lo que se interpreta como una media y alta accesibilidad desde cualquier punto del sistema analizado, corroborando lo encontrado en los indicadores de elección a nivel, transformándolo en un posible destino a esta escala. Sin embargo, la Integración se vuelve más moderada a escalas peatonales y ciclistas, aun garantizando que sea un espacio adecuado por su permeabilidad para desplazamientos cortos propios de la movilidad activa

Correspondencia con la dinámica oferta demanda

La disposición y configuración de los usos del suelo corresponden a los hallazgos estadísticos obtenidos con las métricas de integración, elección y conectividad, en especial los usos mixtos y comerciales, lo que se puede interpretar como que la distribución topológica de la red urbana condiciona el emplazamiento de las actividades económicas. En cuanto al derrotero del sendero, pese a que su trazado no persiguió una integración urbana, es beneficiado al encontrarse adyacente a las vías que, ligadas a la estructura de la red, crearon inercialmente corredores de comercio, usos mixtos y de equipamiento, los cuales se constituyen como puntos atractores (oferta) para la población.

Esto se traduce en una vitalidad y uso constante del sendero. Cabe señalar que existe una zona, en el extremo oriente del sendero, que muestra la menor Integración por radios peatonales y ciclistas, de acuerdo con el modelo sintáctico espacial, sin embargo, en esta misma zona se encuentran dos equipamientos educativos de nivel medio y medio superior que generan una gran atracción poblacional, siendo el único punto en que la correspondencia entre la estructura topología de la red y los usos del suelo no tiene una clara relación.

Por otra parte, la demanda se ha caracterizado por medio de las zonas habitacionales y su densidad en viviendas por hectárea. Los hallazgos demuestran que su distribución espacial muestra una lógica en relación con los indicadores estadísticos de la sintaxis espacial. Las zonas de mayor densidad habitacional se encuentran en los extremos norponiente del recorrido y en la zona central y oriente, lo que hace que el sendero desempeñe la función de una sutura urbana al conectar transversalmente estas zonas de alta densidad y encontrar en su recorrido medio los espacios de oferta o puntos atractores (zonas de comercio, usos mixtos y equipamientos), lo cual contribuye a optimizar la accesibilidad a servicios para la población.

Sin embargo, existen áreas de densidad media y alta que se localizan lejanas al sendero (zona sur) y que a su vez cuentan con corredores propios de servicios y comercio, lo que se interpreta como una prueba más de la relación entre la estructura topológica de la red y la distribución espacial de

usos del suelo, pese a la ausencia de infraestructura para la movilidad activa. Esto abre la oportunidad para generar posibles ramificaciones del sendero que podrían contribuir a aumentar la movilidad activa y mejorar la accesibilidad de la población. Cabe señalar que la densidad habitacional responde de una manera menos directa a las medidas de Integración del modelo de sintaxis espacial (tanto a escala global como a radios locales), y corresponde más a lo encontrado para elección en radios peatonales y ciclistas. La zona central y la zona sur son las que más integración muestran, aunque su densidad de vivienda es media. Esto se interpreta como que los habitantes de las zonas con mayor densidad tienen una menor accesibilidad a la red y a los servicios, derivado de la lógica de crecimiento inmobiliario que pocas veces toma en cuenta la configuración topológica preexistente a la cual se inserta.

5.2. Beneficios metodológicos

El estudio demuestra la valía de los análisis espaciales en la evaluación y diseño de infraestructura para la movilidad activa. Se robustecen los hallazgos al adicionar variables como el análisis sintético espacial de la red topológica junto con aspectos como los usos del suelo y las densidades habitacionales.

En este caso, el solo análisis de la sintaxis espacial puede demostrar la integración del sendero a la red general, sin embargo, no podría explicar las razones por las que se da un determinado flujo sobre el mismo. Esto es más evidente en la parte oriente donde el sendero muestra poca integración, tanto global como local, lo cual no explicaría el flujo existente, sin embargo, al considerar la existencia de equipamiento educativo de nivel medio y medio superior, se logra explicar. Por otra parte, realizar solo un análisis de usos de suelo y densidades, habría ignorado como la estructura topológica explica su patrón de distribución y visibiliza sus atributos.

5.3. Aporte

El presente trabajo forma parte de un proyecto de investigación sobre la movilidad activa en la ciudad de Pachuca y su red de senderos peatonales y ciclistas. En etapas previas se ha caracterizado y mapeado el uso de estos senderos por parte de los usuarios. En esta etapa se ejecutó un análisis topológico y morfológico para explicar la pertinencia en el trazado de un sendero en específico y su relación con el contexto urbano con lo que se obtuvieron métricas del análisis sintáctico espacial de la red de calles a lo que se sumó un análisis de la distribución espacial de los usos del suelo y las densidades habitacionales para observar su triple relación. Sin embargo, una limitación es que el análisis actual es únicamente descriptivo con base en la superposición espacial de las variables enumeradas (métricas de la sintaxis espacial, usos del suelo y densidades habitacionales).

Para esta etapa no se profundiza en la búsqueda de esquemas más rigurosos de observación como un estudio estadístico de correlación multivariada o un Análisis Jerárquico de Decisión con motivo de ponderar la relación e influencia relativa de las variables morfológicas en las métricas de la red topológica.

Al respecto, estudios recientes incorporan el uso de estas herramientas estadísticas y de la evaluación multicriterio para robustecer las conclusiones sobre la correlación de las variables y aumentar la capacidad predictiva de flujos de movilidad activa y motorizada (Castro & Delgado, 2025; Yamu et al., 2021). Derivado de esto, en una siguiente etapa se explorará cuál de estas herramientas responde mejor para calibrar el impacto de las variables morfológicas de usos de suelo y densidades habitacionales en los patrones de movimientos peatonales y ciclistas, siempre en consideración de la infraestructura instalada, haciendo operativa una comparación con más senderos de la red la ciudad de Pachuca.

Referencias

- Barrington-Leigh, C., Millard-Ball, A. (2019). A global assessment of street-network sprawl. *PLOS One*, 14(11), e0223078. Recuperado de: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223078>
- Batty, M. (2013). *The New Science of Cities*. The MIT Press. ISBN electronic: 9780262318235. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9399.001.0001>
- Beltrán Martínez, Y. S., y Lozano Hernández, J. A. (2024). Movilidad no motorizada en la ciudad de Pachuca: metodología para el análisis de senderos peatonales y ciclistas. En *Desafíos y retos de la movilidad sustentable en el mundo contemporáneo* (pp. 65-84). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <https://doi.org/10.29057/books.166>
- Castro Sánchez, L. E., Delgado Ramos, G. C. (2025). Sustainable mobility indicators based on micro-scale urban form: The case of Monterrey City, Mexico. *Frontiers in Sustainable Cities*, 7, 1605835. Recuperado de: <https://doi.org/10.3389/frsc.2025.1605835>
- Cerin, E., Conway, T. L., Adams, M. A., Barnett, A., Cain, K. L., Owen, N., Christiansen, C. G., van Dyck, D., Mitáš, J., Sarmiento, O. L., & Sallis, J. F. (2018). Objectively-assessed neighbourhood destination accessibility and physical activity in adults from 10 countries: An analysis of moderators and perceptions as mediators. *Social Science & Medicine*, 211, 283–286. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2018.06.034>
- Cerin, E., Sallis, J. F., Salvo, D., Hinckson, E., Conway, T. L., Owen, N., ... & Giles-Corti, B. (2022). Determining thresholds for spatial urban design and transport features to create healthy and sustainable cities: findings from the IPEN Adult study. *The Lancet Global Health*, 10(6), e895-e906. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(22\)00068-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(22)00068-7)
- Conzen, M.R.G. (1960). *Alnwick, Northumberland: A study in town-plan analysis*. Institute of British Geographers Publication, 27 (George Philip, London).
- 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/10.1080/01944361003766766>
- Fan, M., Hedayati Marzbali, M., Abdullah, A., & Maghsoodi Tilaki, M. J. (2024). Using a Space Syntax Approach to Enhance Pedestrians' Accessibility and Safety in the Historic City of George Town, Penang. *Urban Science*, 8(1), 6. <https://doi.org/10.3390/urbansci8010006>
- Figueroa, C., Greene, M., y Mora, R. (2018). Efectos de las autopistas urbanas en sus entornos inmediatos: un análisis desde la sintaxis espacial. *Revista 180*, 42, 14-25. [http://dx.doi.org/10.32995/rev180.Num-42.\(2018\).art-578](http://dx.doi.org/10.32995/rev180.Num-42.(2018).art-578)
- Gehl, J. (2014). *Ciudades para la gente* (1.ª ed.). Ediciones Infinito.
- 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.
- Hillier, B., Leaman, A., Stansall, P., & Bedford, M. (1976). Space Syntax. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 3(2), 147-185. <https://doi.org/10.1068/b030147>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, INEGI. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. [En línea]. INEGI. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2024). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE): Censos Económicos 2024 [Conjunto de datos]. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2025). Marco Geoestadístico [Conjunto de datos espaciales]. Consultado el 20 de diciembre de 2025 en <https://www.inegi.org.mx/temas/mg/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI]. (2026). Portal Espacio y Datos de INEGI [Plataforma interactiva]. <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/espaciodydatos/>
- Koohsari, M. J., Oka, K., Nakaya, T., & McCormack, G. R. (2023). Urban form metrics for promoting walking: Street layouts and destinations. *Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine*, 100(5), 1024–1031. <https://doi.org/10.1007/s11524-023-00775-2>
- Koohsari, M. J., Oka, K., Owen, N., & Sugiyama, T. (2019). Natural movement: A space syntax theory linking urban form and function with walking for transport. *Health & Place*, 58(102072), 102072. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2019.01.002>
- Koohsari, M. J., Sugiyama, T., Mavoa, S., Villanueva, K., Badland, H., Giles-Corti, B., & Owen, N. (2016). Street network measures and adults' walking for transport: Application of space syntax. *Health & Place*, 38, 89–95. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2015.12.009>
- Koutsolampros, P., Varoudis, T., & Sailer, K. (2020). depthmapX (Versión 0.8.0) [Software de computadora]. Space Syntax Laboratory, UCL. <https://github.com/SpaceGroupUCL/depthmapX/>
- Lock, O., & Pettit, C. (2022). Developing Participatory Analytics Techniques to Inform the Prioritization of Cycling

- Infrastructure. ISPRS International Journal of Geo-Information, 11(2), 78. <https://doi.org/10.3390/ijgi11020078>
- Lozano Hernández, J. A., Navarro Gómez, H. I., Beltrán Martínez, Y., Elizalde Domínguez, C., Neria Hernández, R., & González Fuentes, H. M. (2025). Propuesta de análisis espacial a un sendero para movilidad activa. *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 13(Especial3), 101–111. <https://doi.org/10.29057/icbi.v13iEspecial3.15638>
- Martí, D. R. (2024). Accesibilidad, permeabilidad y bordes urbanos como agentes modificadores de la movilidad urbana: Caso de estudio Xalapa, México, en Martí, D. R. & Velazquez, A., (Eds.), *Rasgos y métodos urbanos. Una mirada académica a la Zona Metropolitana de Xalapa* (pp. 79-102), Comunicación Científica, <https://doi.org/10.52501/cc.247>
- Monokrousou, K., & Giannopoulou, M. (2016). Interpreting and predicting pedestrian movement in public space through space syntax analysis. *Procedia, Social and Behavioral Sciences*, 223, 509–514. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.312>
- Nag, D., Sen, J., Goswami, A. K. (2022). Measuring connectivity of pedestrian street networks in the built environment for walking: A space-syntax approach. *Transportation in Developing Economies*, 8(2), 34. Recuperado de: <https://doi.org/10.1007/s40890-022-00170-7>
- Oliveira, V. M. (2017). Morfología urbana: Diferentes abordagens. *Revista de Morfologia Urbana*, 4(2), 65–84. <https://doi.org/10.47235/rmu.v4i2.7>
- Omer, I., & Kaplan, N. (2017). Using space syntax and agent-based approaches for modeling pedestrian volume at the urban scale. *Computers, Environment and Urban Systems*, 64, 57–67. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.01.007>
- Porta, S., Crucitti, P., & Latora, V. (2006). The network analysis of urban streets: A primal approach. *Environment and Planning. B, Planning & Design*, 33(5), 705–725. <https://doi.org/10.1068/b32045>
- Ruiz-Apilánez, B., Solís, E. (2021). A pie o en bici. Perspectivas y experiencias en torno a la movilidad activa. Cuenca, España: Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.
- Ryu, S., Chen, A., Su, J., Liu, X., & Yu, J. (2021). Considering Space Syntax in Bicycle Traffic Assignment with One or More User Classes. *Sustainability*, 13(19), 11078. <https://doi.org/10.3390/su131911078>
- Sallis, J. F., Bull, F., Guthold, R., Heath, G. W., Inoue, S., Kelly, P., Oyeyemi, A. L., Perez, L. G., Richards, J., & Hallal, P. C. (2016). Progress in physical activity over the Olympic quadrennium. *The Lancet*, 388(10051), 1325–1336. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30581-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30581-5)
- Soltani, A., Allan, A., Javadpoor, M., & Lella, J. (2022). Space Syntax in Analysing Bicycle Commuting Routes in Inner Metropolitan Adelaide. *Sustainability*, 14(6), 3485. <https://doi.org/10.3390/su14063485>
- Solís Trapero, E., Ruiz Apilánez, B., García Camacha Gutiérrez, I., Ureña Francés, J. M., & Mohino Sanz, I. (2019). El enfoque morfogenético y cuantitativo aplicado al estudio de las formas urbanas y la diversidad funcional: el caso de Toledo. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 82, 1–45. <http://dx.doi.org/10.21138/bage.2753>
- Stevens, M. R. (2017). Does Compact Development Make People Drive Less? *Journal of the American Planning Association*, 83 (1), 7–18. <https://doi.org/10.1080/01944363.2016.1240044>
- Wang, Z., Hu, H., Mahfouz, H., Fonseca-Zamora, J. P., Lucas-Smith, M., Carlino, D., Calder, A., Hu, C., Davis, M., Talbot, J., & Lovelace, R. (2026). Corenet: A flexible framework for generating and prioritising core cycle network designs. *Journal of Transport Geography*, 131(104549), 104549. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2026.104549>
- Yamu, C., van Nes, A., & Garau, C. (2021). Bill Hillier's legacy: Space syntax—A synopsis of basic concepts, measures, and empirical application. *Sustainability*, 13(6), 3394. <https://doi.org/10.3390/su13063394>
- Yıldırım, Ö. C., & Çelik, E. (2023). Understanding pedestrian behavior and spatial relations: A pedestrianized area in Besiktas, Istanbul. *Frontiers of Architectural Research*, 12(1), 67–84. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2022.06.009>

Contribución de los autores (CRediT)

Fernández-Rodríguez, D.: Conceptualización, Metodología, Análisis formal de datos, Validación, Redacción – borrador original. **Lozano Hernández, J.:** Conceptualización, Análisis formal de datos, Redacción – borrador original, Redacción – revisión y edición, Supervisión. **Contreras López, C.:** Metodología, Investigación, Curación de contenidos y datos. **Gómez Montes de Oca, A.:** Validación, Investigación, Redacción – revisión y edición.

Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los hallazgos de este estudio están disponibles a solicitud razonable al autor de correspondencia.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.

Declaración sobre el uso de IA generativa y tecnologías asistidas por IA

El manuscrito no incluye una declaración específica respecto al uso de herramientas de inteligencia artificial durante su proceso de redacción. La autoría, así como la responsabilidad total del contenido, recaen exclusivamente en los autores.

Nota del Editor

Descargo de responsabilidad: Los datos, declaraciones, opiniones contenidas en el documento son responsabilidad únicamente de los autores y no de la *Revista Científica FINIBUS – Ingeniería, Industria y Arquitectura*. La Revista y sus editores renuncian a toda responsabilidad por daño a persona o propiedad resultante de los métodos, instrucciones, producto o idea mencionado en el contenido.



Derechos de autor 2026.

Esta obra está bajo una licencia:
Internacional Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual
.4.0

Revista Científica *FINIBUS* - ISSN: 2737-6451.