

### III. Accesibilidad, permeabilidad y bordes urbanos como agentes modificadores de la movilidad urbana: caso de estudio Xalapa, México

DANIEL ROLANDO MARTÍ CAPITANACHI<sup>1</sup>

#### Resumen

Se aborda el análisis de la accesibilidad y la permeabilidad como rasgos urbanos derivados de la disposición del sistema vial local. La *accesibilidad* se entiende como la posibilidad de la población para alcanzar, de manera universal, los espacios, bienes, servicios y satisfactores ofrecidos en la ciudad. Por su parte, la *permeabilidad*, como una red formada por nodos y conectores que permite recorrer la ciudad, aproximando al sujeto a los bienes o servicios de su interés. Ambos rasgos inciden de manera directa sobre la movilidad, atendiendo a la ubicación y tipo de servicios que la ciudad ofrece y al modo de aproximarse a estos.

Metodológicamente se trabaja mediante la construcción de indicadores basados en las características de la red vial —número de intersecciones y longitud de la red—. A partir de la construcción de mapas basados en resultados, se observa el modo de incidencia sobre la movilidad local. Además, se aborda el tema de las barreras urbanas, como modificadores del comportamiento típico arrojado por los resultados de la permeabilidad, tomando como sitio para este análisis la porción sureste de la mancha urbana de la zona conurbada de Xalapa.

**Palabras clave:** *accesibilidad, permeabilidad urbana, movilidad, borde urbano.*

<sup>1</sup> Doctor en Arquitectura y Urbanismo. Profesor de tiempo completo de la Facultad de Arquitectura-Xalapa de la Universidad Veracruzana. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8610-9469>; correo electrónico: damarti@uv.mx

## Introducción

El crecimiento físico de la zona urbana de Xalapa en las últimas dos décadas ha traído consigo, de manera inevitable, que las distancias de recorrido sean mayores, generando que los viajes sean más largos y tardados. A ello se asocia que la distribución de equipamiento, comercio y servicios sea inequitativa en el territorio de la ciudad, concentrándose en puntos tradicionales, tales como el centro urbano y las plazas comerciales y de ocio ubicadas sobre vías principales, con acceso vehicular preferente.

La creciente movilidad generada por los centros convocantes de población, asociada a la estructura vial local y a una cultura asociada al uso del automóvil particular, ha llevado a la sociedad y a las autoridades locales a reconocer una crisis que, en algunos casos, señala la ausencia de planeación urbana o, al menos, su ineficacia y, en otros, a la necesidad de revertir el modelo actual de tránsito y transporte para dar paso a un estilo de vida cotidiana basado en la caminabilidad, la sustentabilidad y la recuperación del espacio público por el ser humano, para su disfrute, apropiación y significación.

Este capítulo estudia las condiciones de conectividad vial o permeabilidad urbana en la red vial de Xalapa, con la finalidad de comprender cómo la traza urbana puede actuar a favor o en contra de una movilidad eficiente, accesible y sustentable, que incida sobre una visión de ciudad más incluyente, segura y amable. Para esto, se analizará la traza urbana actual, a fin de evaluar su condición, cuantitativa y cualitativa, como soporte de los desplazamientos de bienes y personas y como medio para la toma de decisiones que impactan de manera favorable la conectividad interbarrial.

La aproximación metodológica se sustenta en la observación de la frecuencia de dos indicadores en el espacio urbano; por un lado, en el número de intersecciones viales existentes y, por otro, en la longitud del sistema vial. Aunque sería necesario, en este análisis no se incluye el estado de conservación de las vialidades ni el número de viajes o usuarios en cada una de estas, retos que se irán sumando conforme se avance en este campo de investigación.

La investigación se sitúa en el lapso 1999-2021, partiendo de las manchas urbanas delimitadas en ese periodo, contrastando los siguientes datos: extensión territorial de la mancha urbana delimitada, número de intersecciones viales y longitud de la red vial comprendida en esta.

Los resultados se graficaron por medio del uso de un sistema de información geográfica, a fin de establecer comparaciones, fijando rangos según la frecuencia que resultó en cada época y transformándolos en mapas de calor.

Se anticipa, a manera de resultados, que la concentración de intersecciones viales, asociada a una mayor porosidad o permeabilidad urbana, es desigual en el territorio de la ciudad, tanto en la parte central como en la periferia, destacando la presencia de áreas inconexas por motivo de la presencia de reservas naturales que implican largos recorridos. De igual forma, la longitud vial se ha incrementado de manera importante en el lapso estudiado debido a la incorporación de suelo al desarrollo urbano, sin que se perciba un planteamiento general de estructuración de vialidades y flujos a nivel local.

Finalmente, se hace mención de que a los resultados de permeabilidad, ya sea por conteo de intersecciones o longitud del sistema vial, habrá de agregarse una visión adicional conformada por las barreras urbanas, toda vez que la conectividad es ineficiente, cuando dos o más sitios con altos indicadores de porosidad, en realidad no se comunican por la presencia de barreras físicas inducidas (bardas, vías de alta velocidad, prohibición de acceso), incidiendo de manera negativa en la accesibilidad urbana local.

## **Antecedentes**

La ciudad de Xalapa, en lo particular, y la zona metropolitana, que se ha generado alrededor de ella por motivo de su rectoría económica, política y social sobre la región en que se ubica, han sido objeto de atención en las últimas décadas, sobre todo, por su difícil condición de movilidad.

Siendo una fundación originalmente indígena, con relocalización de poblados originarios a barrios inducidos, la ciudad de Xalapa ocupó un territorio de lomerío suave, situado entre crestas y valles, con alta presencia de agua, tanto en escurrimientos como en cuerpos permanentes. Du-

rante el virreinato, vivió un apogeo económico derivado de la realización de ferias y por motivo de su localización estratégica en la ruta Veracruz-Ciudad de México. Casi al finalizar el siglo XIX, fue dotada de infraestructura ferroviaria, de pasajeros y de carga, constituyendo una de las estaciones más importantes entre el puerto y el centro del país, aun bien entrado el siglo XX.

La presencia del automóvil en la ciudad se recuerda desde los años veinte del siglo pasado y, desde entonces, el perfil de vías y medios de comunicación ha cambiado radicalmente en cien años; por una parte, la red ferroviaria dejó de ser una red pública para convertirse en concesionada y solo de carga, dejando de lado el transporte de personas hacia al puerto y el centro del país. Por otra parte, el aumento de vehículos, sobre todo de uso privado, creció a un ritmo tan veloz que, hacia la segunda década del siglo XXI (2014), se identificó a Xalapa como una ciudad requirente de atención emergente, dado el conflicto de movilidad reconocido no solo a nivel local, sino internacional. La Iniciativa Ciudades Emergentes y Sostenibles, promovida por el Banco Interamericano de Desarrollo y el gobierno local, determinó la necesidad de un programa de asistencia técnica para Xalapa, al igual que para otras ciudades medias de América Latina y el Caribe, que busca la priorización de proyectos para hacer el diseño de la ciudad a escala humana, alejándose de la planeación concebida, en favor del uso del automóvil.

Este cambio de visión implica dejar de considerar a la calle como un espacio público de mero tránsito, para considerarla como un posible espacio habitable, con presencia de actividades de convivencia, lúdicas, de reflexión, contemplativas o incluso de reivindicación de derechos humanos. Se le visualizó como un escenario apropiable por el transeúnte, seguro, con intensa y diversa actividad y, sobre todo, accesible e inclusivo.

Este y otros estudios posteriores muestran que los problemas de uso del espacio público local tienen sus causas físicas principales en dos cuestiones: 1) la estructura de la ciudad (traza, tamaño y orografía) y su forma de uso cotidiano y 2) la desigual presencia de espacio público en la traza de la ciudad.

La primera implica —como en muchas ciudades del mundo— la agregación de nuevas urbanizaciones a una estructura urbana primigenia, pensada en la ocupación de un territorio sin grandes obstáculos, que lo rebasó

y fue añadiendo, con distintos grados de eficacia, espacios aptos y no tan aptos al tejido urbano local. Asimismo, lo relativo al desequilibrio que se propicia por la desigual presencia del espacio público en la ciudad se relaciona con los atractores de viajes derivados de los servicios y beneficios que allí se ofrecen y que generan saturación de flujos en determinadas rutas y horas, que, cada vez, de manera creciente, llegan a colapsar la movilidad local.

Las causas sociales se relacionan con el aumento de la población y del parque vehicular, tanto público como privado. A este respecto, múltiples análisis se suman al señalamiento de que la calidad del servicio de transporte público local no es el adecuado ni por su distribución de rutas ni por el número de unidades en servicio. El problema es mayor si se abundara en cuestiones relacionadas con la antigüedad de las unidades en servicio y la estructuración jurídica y económica del servicio de transporte público local.

Los datos demográficos muestran un aumento poblacional constante en Xalapa, con proyecciones que indican un crecimiento continuo en los próximos años. El crecimiento físico de la ciudad no es proporcional a su aumento demográfico, sino que lo ha rebasado, casi duplicando la superficie urbana en 20 años. Este aumento de la población y de la superficie urbana plantea demandas crecientes sobre la infraestructura de transporte y movilidad urbana; los viajes laborales y académicos predominan en la región, destacando la necesidad de mejorar la conectividad entre municipios y zonas urbanas dispersas.

La falta de infraestructura de movilidad es evidente en la distribución desigual de modos de transporte y en la deficiencia logística en el transporte de mercancías. Las personas de menores ingresos, que viven en la periferia de la ciudad, tienen que invertir más tiempo y recursos para trasladarse a sus lugares de trabajo, debido a la menor cobertura del transporte público e infraestructura. La congestión vehicular, el estado del transporte público y la limitada cobertura del servicio son problemas destacados que afectan la movilidad y la calidad de vida en Xalapa (Peón y Villareal, 2023).

Estos retos de movilidad y accesibilidad en la ciudad de Xalapa reflejan los problemas comunes en entornos urbanos en crecimiento. Una nueva cultura urbana, la impostergable inversión en infraestructura vial adecuada, el fomento en el uso del transporte público y el desarrollo de opciones

sostenibles de movilidad son fundamentales para mejorar la calidad de vida en la región. Además, se deben realizar las modificaciones necesarias al marco jurídico actual para priorizar a la figura del peatón y de quienes usan vehículos unipersonales, preferentemente no contaminantes.

Por otra parte, es importante reconocer que el aumento de la infraestructura vial no garantiza una mejora automática en la accesibilidad, por lo que se deben considerar estrategias integrales que aborden, además de la infraestructura física de vialidades, cuestiones relacionadas con la organización del sistema de transporte público, las opciones de conversión a sistemas intermodal es, incluyendo la infraestructura ferroviaria, la creación de una red ciclista de mayor alcance y el mejoramiento de banquetas y pasos peatonales cómodos y seguros para promover la caminabilidad.

Así, el objetivo de este capítulo es evaluar de forma cuantitativa la infraestructura vial de la ciudad de Xalapa y, de manera cualitativa, la zona sureste de la zona conurbada, sobre el territorio de Emiliano Zapata, para identificar el grado de permeabilidad y accesibilidad presentes en la ciudad.

Eso se realizará atendiendo a dos propuestas metodológicas; por una parte, la que atiende a indicadores físicos de frecuencia (intersecciones viales y longitud vial) y por otra, la que se ocupa de ubicación de barreras y la de percepción de accesibilidad de los usuarios en función de estas.

## Conceptos clave

La accesibilidad es un principio fundamental en la planificación urbana contemporánea, que busca garantizar que todos los individuos, independientemente de sus habilidades físicas o cognitivas, puedan acceder y utilizar los espacios urbanos de manera efectiva y equitativa. Este enfoque implica la eliminación de barreras físicas y sociales que podrían obstaculizar la participación plena de las personas en la vida urbana. Desde el diseño de aceras accesibles hasta la implementación de tecnologías asistidas, la accesibilidad busca promover la inclusión social y garantizar que todos los ciudadanos puedan disfrutar de los servicios y oportunidades que ofrece la ciudad (Santos Pérez, *et al*, 2021; Bosque, 1992).

La conectividad es quizá el concepto más antiguo respecto de lo que hoy se conoce como permeabilidad. Su estudio es esencialmente cuantitativo y sirve para comprender la forma en que los diferentes elementos de la ciudad están interconectados y cómo influyen en la movilidad urbana. La conectividad vial se puede analizar mediante técnicas como la sintaxis espacial, que evalúa la configuración de las calles y su impacto en los movimientos y las interacciones en la ciudad.

Una alta conectividad vial puede mejorar la accesibilidad al permitir trayectos más directos y eficientes entre diferentes puntos de la ciudad, mientras que una baja conectividad puede crear barreras físicas y dificultar los desplazamientos (Ramirez Uribe, et al, 2023).

La permeabilidad, por otro lado, se refiere a la capacidad de un entorno urbano para permitir el flujo fluido de personas, vehículos e ideas. En un entorno urbano permeable, las barreras físicas y sociales son mínimas, lo que facilita los desplazamientos y las interacciones entre los diversos elementos de la ciudad.

Murray (1999, citado en Gómez, 2020) alude a la permeabilidad cuando explica: *“un lugar se puede medir a través de su capacidad de ser penetrado, o de que a través del él o dentro de él se pueda circular de un sitio a otro”*.

La permeabilidad no solo se relaciona con la accesibilidad física, sino con la accesibilidad cognitiva y sensorial, asegurando que todos los individuos puedan navegar y participar plenamente en el espacio urbano (Argueta, 2017).

Respecto de la permeabilidad urbana como atributo de un espacio vital, se dice que tal rasgo depende del número de alternativas que ofrece para ir de un punto a otro (Bentley, 1999).

Un emplazamiento con una trama de manzanas pequeñas ofrece más alternativas de recorrido que otro con manzanas de gran tamaño. Por lo tanto, una trama con manzanas pequeñas ofrece mayor permeabilidad física. Asimismo, incrementa la permeabilidad visual advirtiendo a los usuarios sobre las posibilidades de recorrido. (Bentley, 1999)

El concepto de permeabilidad también está ligado a otros como la absorción, la porosidad y la diversidad. Un espacio permeable sería aquel

que es enriquecido por otras actividades y donde es posible circular fácilmente a través de él, también puede ser considerado como un filtro urbano que puede conectar lo privado con lo público.

En conjunto, la accesibilidad y la permeabilidad son conceptos interrelacionados que inciden sobre una movilidad urbana inclusiva y eficiente. Es posible, mediante la observación, identificar los rasgos de la estructura vial de un asentamiento y, desde su concepción como red, identificar sus partes, nodos y conectores, así como calcular su longitud. También, mediante la opinión de las personas, conocer su percepción y experiencia, a fin de esclarecer la eficacia y facilidad de uso de dicho sistema vial, además de las sensaciones que se propician en materia de seguridad, inclusión y apropiación.

En la revisión de conceptos, el último que es necesario mencionar es el relativo a bordes o barreras. Kevin Lynch hace referencia a estos como “los límites o barreras físicas que separan una parte de la ciudad de otra” (Lynch, 2015).

Los bordes urbanos establecen limitantes a la continuidad del sistema vial, interrumpiendo flujos o bloqueando recorridos. Aun cuando el sitio en análisis manifestara adecuados niveles de permeabilidad y accesibilidad, es posible que los recorridos y la proximidad pudieran ser afectados cuando existieran bordes urbanos. En ocasiones, aunque el número de intersecciones permitiera considerar que un espacio urbano es lo suficientemente poroso o penetrable, la presencia de barreras impide transitar de un nodo a otro, toda vez que la conexión está rota o bloqueada.

La presencia de bardas urbanas, vías de alta velocidad, accidentes naturales como ríos y lagos, parques de grandes dimensiones, vías de ferrocarril, ductos u otras infraestructuras presentes en el espacio urbano generan interrupciones en el entramado vial que dificultan la movilidad al alargar los recorridos por lo infranqueable que son.

## Metodología

Con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDATU-2021, Espacios públicos en los asentamientos humanos se procede a hacer un análisis cuan-



titativo del espacio urbano del municipio de Xalapa para conocer las características de su sistema vial, atendiendo a dos indicadores:

1. Número de intersecciones por kilómetro cuadrado
2. Longitud del sistema por kilómetro cuadrado.

La norma señalada define a las vías de comunicación como el espacio público que, por su diseño y características constructivas, proporciona una función de conexión y traslado en el espacio.

Así, se desprende que, desde la visión oficial, el sistema vial conecta, es decir, permite el recorrido entre orígenes y destinos y, además, permite la traslación de bienes y personas, es decir, les da acceso.

Respecto del sistema vial, la misma norma señala:

El porcentaje de espacio público de un asentamiento humano debe ser como mínimo el 20 % del espacio total del asentamiento o mancha urbana (sin contar vías urbanas), con un total de 80 a 120 intersecciones viales por kilómetro cuadrado.

A propósito de verificar el cumplimiento de dicho indicador, se realizó un análisis del número de intersecciones que existen en el sistema vial de la zona urbana de Xalapa, con la finalidad de atender al supuesto que indica en la misma NOM, que por cada kilómetro cuadrado debe existir un total de 80 a 120 intersecciones para tener un espacio público sostenible. Dicho análisis se realizó con base en la cartografía oficial y mediante el uso de un sistema de información geográfica (SIG).

La relevancia del análisis de redes de comunicación utilizando estos sistemas es subrayada por Bosque (1997, citado en Loyola Gómez, C., y Albornoz Del Valle, E., 2009). Bajo esta perspectiva, una red se define como un “sistema interconectado de elementos lineales que configuran una estructura espacial a través de la cual pueden fluir diversos tipos de elementos”.

Por otro lado, y tomando como base a Comas y Ruíz (2003), Ramírez describe una red como un “sistema interconectado de líneas por las cuales se desplazan diversos elementos como personas, bienes, recursos u otros, que se enlazan con nodos ubicados en las intersecciones de segmentos”.

Así, los sistemas viales pueden ser correctamente analizados bajo la perspectiva de conectores y nodos que enlazan puntos de origen y destino y que permiten el traslado de personas, que, mediante recorridos, alcanzan aquello que les es necesario.

Es posible abundar señalando que dichos recorridos podrían ser a voluntad o forzosos, dependiendo de lo que se busca y el motivo que origina el viaje.

Para esta investigación, el análisis se llevó a cabo en el año 2023, tomando como referencia los años 1999 y 2021 y el espacio geográfico del municipio de Xalapa, aunque el conteo de intersecciones y longitudes viales solo se realizó en el área urbana.

El conjunto de los datos proviene de dos fuentes de información: 1) la carta topográfica INEGI, E14B27, escala 1: 50 000, de 1999 y 2) el SCINCE 2020 (información recuperada de INEGI) que fue actualizado el año 2021.

Verificada y adecuada la información a las zonas urbanas, se procedió a la identificación o el número de intersecciones mediante el SIG. Posteriormente, mediante el cruce de las intersecciones identificadas con una malla con cuadrantes de un kilómetro cuadrado se determinó el número de intersecciones en cada cuadrante, generando, de esta manera, un mapa de índice de intersecciones (intersección/km<sup>2</sup>), obteniendo valores máximos y mínimos que sirvieron para construir un rango de valores asociados a la permeabilidad para, de esta manera, visualizar su impacto en los distintos cuadrantes en los que fue dividido el mapa de la zona urbana de Xalapa.

En un segundo esfuerzo, se utilizó la metodología de densidad horizontal, similar a la aplicada en materia hidráulica para el curso del agua en función de la frecuencia y capacidad de los canales. En planificación urbana, la densidad vial se refiere a la cantidad de carreteras, calles e intersecciones en una determinada área urbana. Una alta densidad vial significa que hay muchas carreteras e intersecciones, lo que mejora la conectividad y la movilidad en la ciudad, similar a cómo una alta densidad de drenaje permite que el agua fluya eficazmente.

La relación entre la densidad de drenaje y la densidad vial radica en su influencia en la permeabilidad de un área. En ambas situaciones, una mayor densidad significa una mayor capacidad de evacuar (ya sea agua de lluvia o tráfico vehicular) y, por lo tanto, una mayor permeabilidad en el

sentido de que el flujo (ya sea de agua o de tráfico) es más eficiente y menos propenso a la congestión.

Por otro lado, en un área con baja densidad de drenaje (menos canales) o baja densidad vial (menos carreteras e intersecciones), el flujo de agua o tráfico puede acumularse más fácilmente, lo que aumenta el riesgo de problemas como inundaciones (en el caso del drenaje) o congestión vehicular (en el caso de las carreteras).

La densidad vial es un indicador que relaciona la longitud del sistema vial expresado en kilómetros respecto del área o superficie que la contiene. Este índice se calcula mediante la siguiente expresión matemática:

$$DH = longitud (m)/ha$$

Su elaboración es similar a la determinación del número de intersecciones mencionado anteriormente. El resultado final de ambos procedimientos arrojó dos mapas, uno por cada fecha y por cada indicador, es decir, un total de cuatro.

## Resultados preliminares

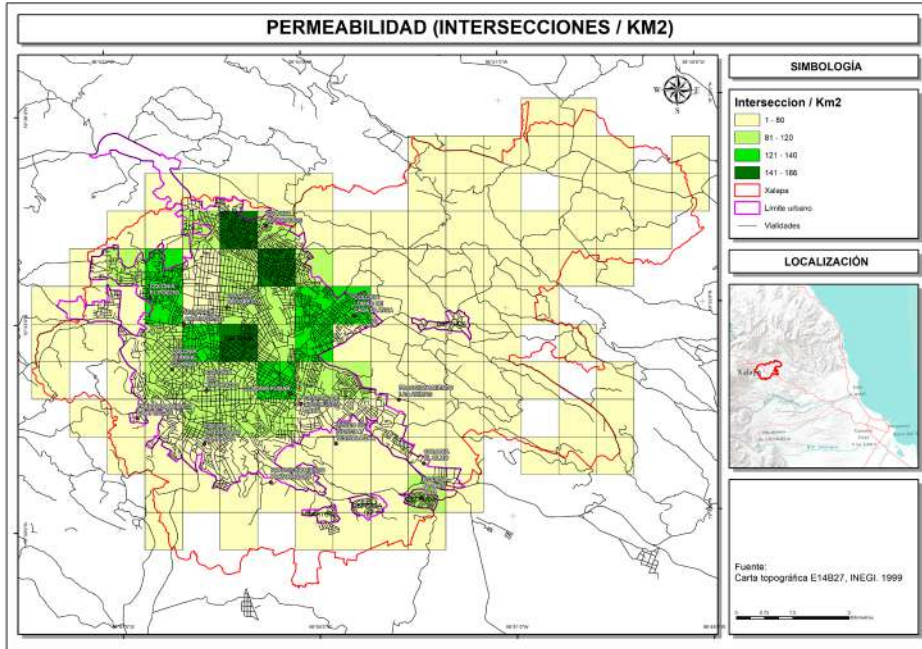
### Densidad de intersecciones

Tabla 1. *Análisis estadístico, 1999*

	<i>Intersecciones</i>	<i>Cuadrantes (km<sup>2</sup>)</i>
Máximo	166	1
Mínimo	1	13
Moda	3	16
Promedio	35	por cuadrante
NOM_001	80-120 intersecciones	19

Fuente: elaboración propia.

Figura 1. Permeabilidad en el año 1999 (por intersecciones)



Fuente: Mapa elaborado por el autor.

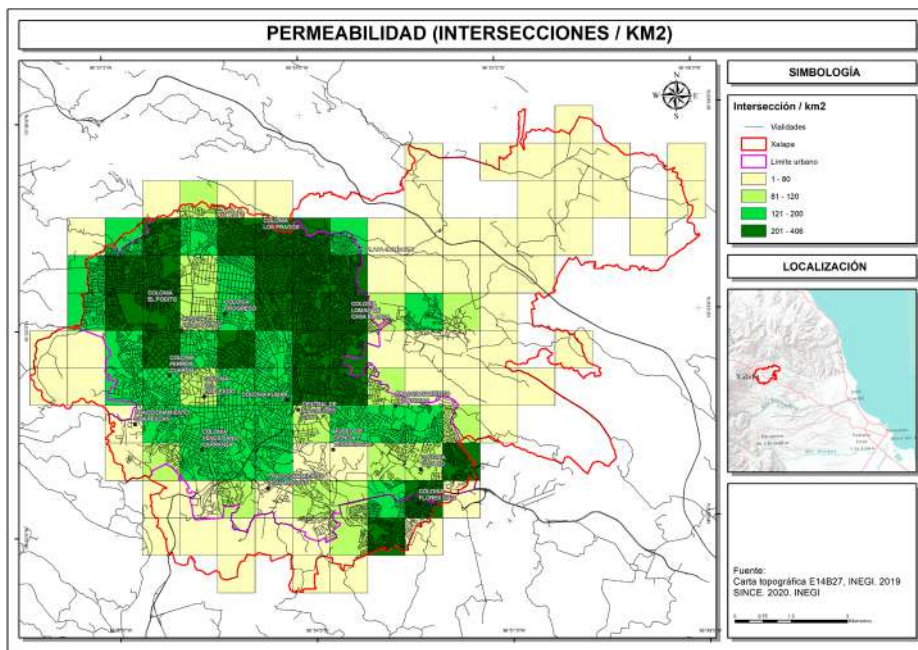
Tabla 2. Análisis estadístico, 2021

	<i>Intersecciones</i>	<i>Cuadrantes (km²)</i>
<b>Máximo</b>	406	1
<b>Mínimo</b>	1	12
<b>Moda</b>	1	12
<b>Promedio</b>	102	por cuadrante
<b>NOM_001</b>	80-120 intersecciones	16

Fuente: elaboración propia.

En 1999, se observa en la tabla y en el mapa, el estado ideal solicitado por la norma oficial de un índice de 80 a 120 intersecciones solo está presente en 19 cuadrantes, mientras que el promedio en la ciudad era de 35, con picos máximo y mínimo de 166 y una intersección por kilómetro cuadrado.

Figura 2. Permeabilidad en el año 2021 (por intersecciones)



Fuente: Mapa elaborado por el autor.

Hacia 2021, el estado ideal previsto por la norma se cumplió en 16 cuadrantes, estando el promedio en 102 intersecciones por kilómetro cuadrado. Los picos máximo y mínimo corresponden ahora a 406 y a una intersección por kilómetro cuadrado.

Como bien anticipó Bentley, la mayor cantidad de intersecciones aparece en las zonas con manzanas pequeñas, que, ciertamente, además, son las más densas en materia de población y que, en el caso de Xalapa, se corresponden con colonias populares y fraccionamientos de interés social construidos hacia la zona oriental de la ciudad, en espacios que en su tiempo fueron señalados como reservas territoriales por los programas de desarrollo urbano entonces aplicables.

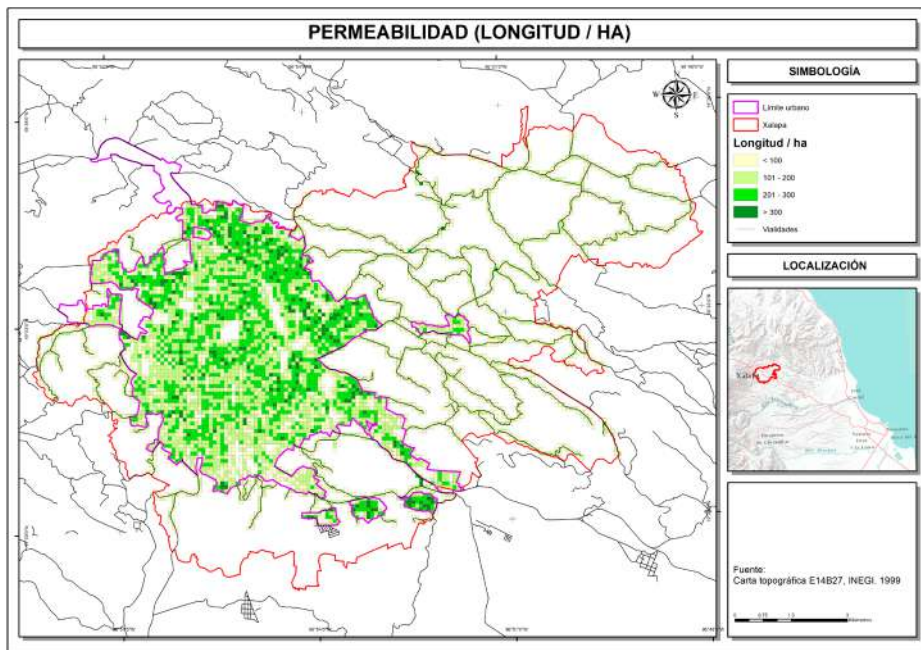
## Densidad Vial

Tabla 3. *Densidad vial 1999*

<i>Long (m) / Ha</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Superficie (km<sup>2</sup>)</i>
>100	18 330 000.00	18.33
101-200	23 370 000.00	23.37
201-300	12 420 000.00	12.42
>300	2 220 000.00	2.22
		56.34

Fuente: elaboración propia.

Figura 3. *Permeabilidad en 1999 (densidad vial)*



Fuente: Mapa elaborado por el autor.

En 1999, los rangos, según la frecuencia de resultados, establecieron cuatro categorías, tal como se observa en la tabla, siendo la más frecuente la correspondiente al rango de 101 a 200 metros lineales por hectárea.

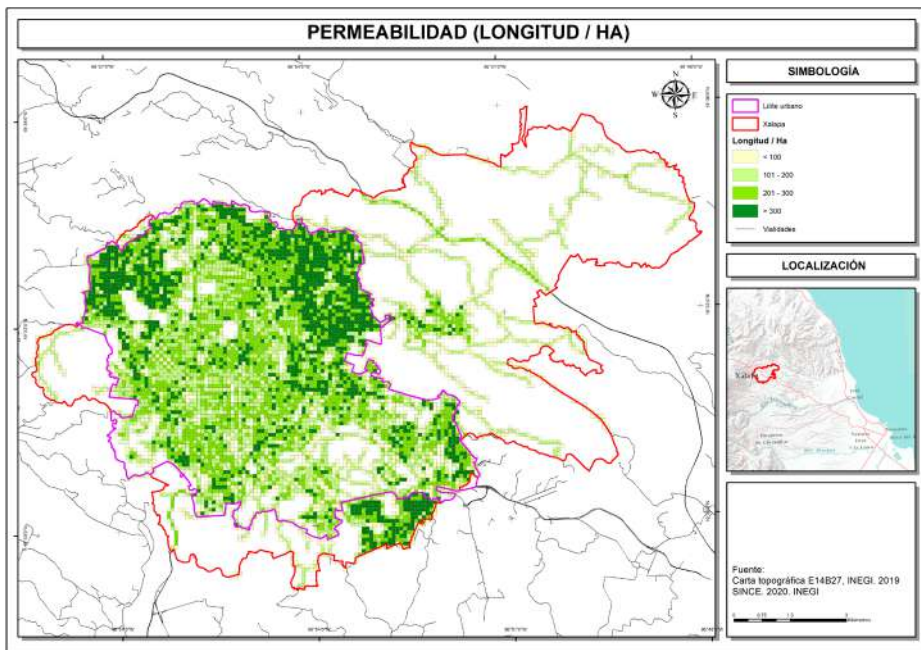
Por su distribución en la mancha urbana, se corresponde con los asentamientos humanos de tipo popular y de interés social, situados preferentemente al oriente de la ciudad.

Tabla 4. *Densidad vial 2021*

<i>Long (m) / Ha</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Superficie (km<sup>2</sup>)</i>
<b>&gt;100</b>	15 120 000.00	15.12
<b>101-200</b>	20 360 000.00	20.36
<b>201-300</b>	20 330 000.00	20.33
<b>&gt;300</b>	14 020 000.00	14.02
		69.83

Fuente: elaboración propia.

Figura 4. *Permeabilidad en 2021 (densidad vial)*



Fuente: Mapa elaborado por el autor.

Hacia 2021 y conservando los mismos rangos, se observa una distribución distinta que incluye el norte y el noroeste de la ciudad de Xalapa, así como la porción sureste de esta, justo en el límite con el municipio de Emiliano Zapata.

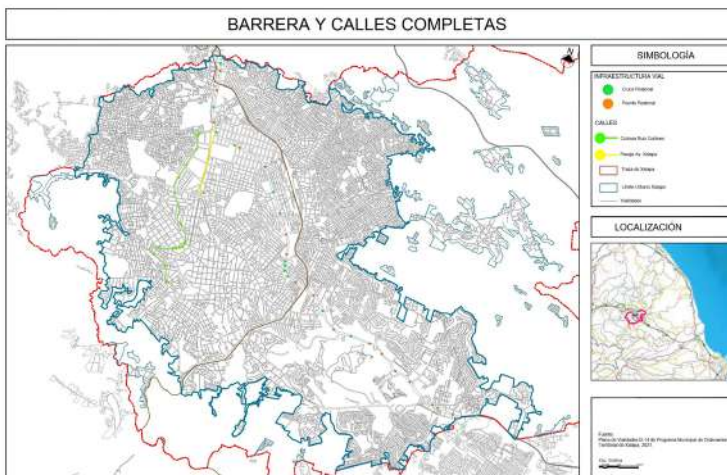
La mayor longitud del sistema vial nuevamente se corresponde con asentamientos humanos populares y de interés social, pudiéndose concluir anticipadamente que, en cuestión de sistemas horizontales, el mejor flujo vial aparece en las trazas con manzanas pequeñas, que involucran mayor cantidad de superficie y longitud vial.

## Barreras

Se analizaron dos tipos de barreras:

1. Barrera vial representada por la vialidad interregional Lázaro Cárdenas y
2. Barrera física (bardas) en los fraccionamientos y colonias ubicados al sur de Xalapa, sobre el territorio del municipio de Emiliano Zapata.

Figura 5. Barreras viales: avenida Lázaro Cárdenas



Fuente: Mapa elaborado por el autor con apoyo de la investigación realizada por maestra Maritza Figueroa Ortega.



En Xalapa, se ha identificado a la avenida Lázaro Cárdenas (antigua carretera federal, libre) como la barrera más larga que obstaculiza la movilidad tanto para peatones como para vehículos, dividiendo en dos partes a la mancha urbana de la ciudad; supera incluso el tendido de la vía del ferrocarril, que, siguiendo similar trayecto, mantiene mayores posibilidades de cruce.

En 2023, de un total de 103 intersecciones en esta avenida, solo siete permitían el acceso para cruzarla, mientras que las 96 intersecciones restantes no posibilitan el paso debido a la existencia de barreras físicas (camellones), cambios de sentidos viales, cambios de nivel del territorio, falta de pasos para peatones y alta velocidad, entre otras causas.

La avenida se conforma por dos cuerpos de 2 carriles —en algunos tramos 3 y en otros hasta 4 carriles de circulación—, en doble sentido. A su paso se conforma un corredor comercial y de servicios al que solo es posible acceder en el sentido de cada una de las circulaciones, dado que, a nivel vehicular, son escasos los puntos de retorno. Desde la perspectiva del peatón, la falta de banquetas en algunos tramos, la ausencia de pasos a nivel y las altas velocidades desarrolladas impiden el cruce seguro de un extremo a otro.

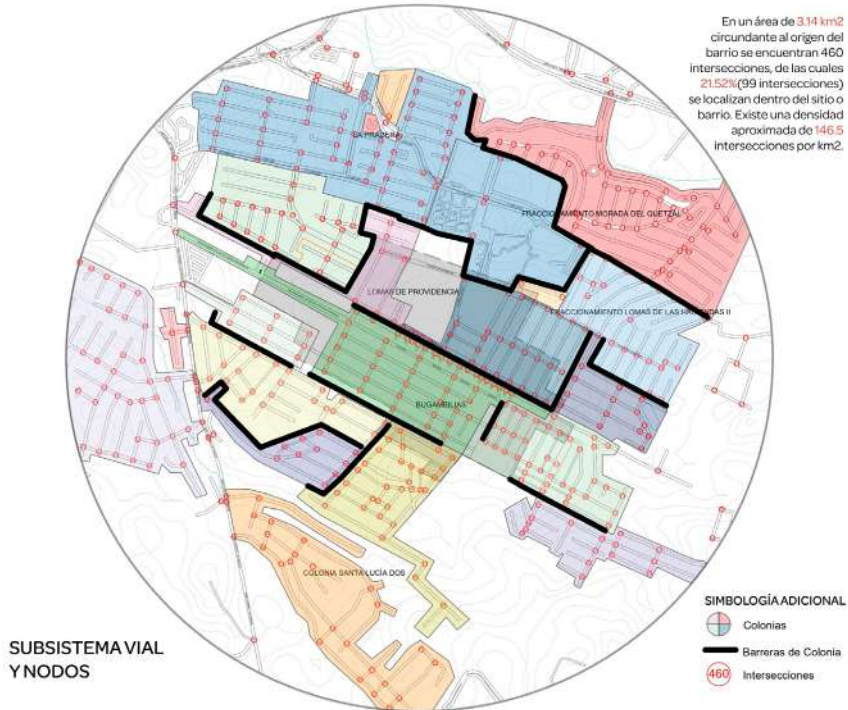
No obstante, si se revisa el mismo sitio desde la perspectiva de los indicadores de permeabilidad, ya sea por número de intersecciones o por longitud vial, se corroborará que se trata de espacios permeables, que cumplen o se aproximan a lo que normativamente se espera de un espacio urbano adecuado para el recorrido de las personas, lo que pone en evidencia que dicho indicador es una medida que no puede interpretarse en solitario, sino que requiere de herramientas adicionales para poder caracterizar a un sitio.

En cuanto a la accesibilidad, se señala que se trata de un espacio no incluyente, pues no dispone de apoyo para personas con capacidades limitadas de tipo motriz, sensorial o cognitivo. Tratándose de medios de transporte, no incluye la posibilidad de recorrido seguro para vehículos unipersonales ni carriles especiales para transporte público de pasajeros. Entonces, además de una vía de preferencia vehicular y de alta velocidad, se convierte en un verdadero borde urbano que segrega el espacio de la ciudad e impide la libre circulación en esta.

En 2024 se realizó un trabajo de investigación sobre los desarrollos habitacionales ubicados al sureste de Xalapa, en el territorio del municipio de Emiliano Zapata. En su conjunto corresponden a la zona de crecimiento planificado de la zona conurbada y para su urbanización se han seguido las reglas emanadas de leyes y reglamentos, habiéndose obtenido las licencias municipales correspondientes.

Al aplicar la misma metodología de intersecciones viales se obtuvo una densidad de 146.5 intersecciones por kilómetro cuadrado, es decir, arriba de la normada como ideal.

Figura 6. Barreras físicas, bardas, interfraccionamientos y colonias



Fuente: figura elaborada con apoyo de Luz N. Santiago Pérez, Mauro J. González Gutiérrez y Rodrigo V. Molina Romero.

Se trata de una zona ocupada con asentamientos de tipo interés social y medio, por lo que el tamaño de las manzanas fluctúa entre 30 y 40 metros de ancho y entre 90 y 110 metros de largo. La traza es mayoritariamente de

parrilla, por lo que la comunicación entre colonias vecinas debería ser fácil y rápida; sin embargo, a fin de lograr privacidad entre cada uno de los fraccionamientos participantes y para distinguir una urbanización de otra, existen entre estas bardas que impiden el acceso libre, que, en el mejor de los casos, se concede vía permiso o simplemente no se concede.

Nuevamente, es el caso de que un espacio que normativamente cumple con la regla de permeabilidad deseada para un entorno vital carece de esa característica por motivo de la presencia de bordes.

## Atractores

Figura 7. Barreras físicas y atractores urbanos. Zonas verdes



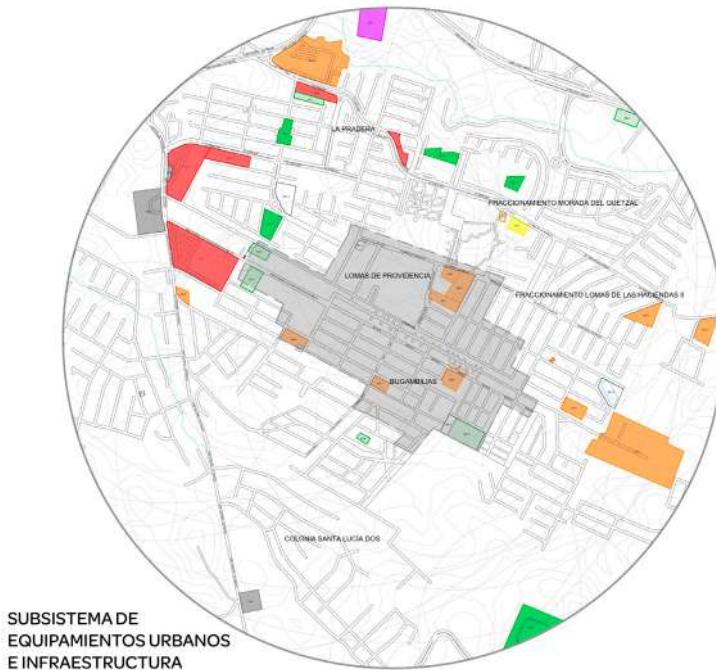
Fuente: figura elaborada con apoyo de Luz N. Santiago Pérez, Mauro J. González Gutiérrez y Rodrigo V. Molina Romero.

Si se analizan los atractores urbanos presentes en el lugar, áreas verdes y equipamiento, se notará que, aunque se hayan cumplido por parte de cada urbanización con las dotaciones reglamentarias, la proximidad de estas es

relativa para cada uno de los desarrollos habitacionales allí situados, toda vez que las barreras actúan como si se tratase de un laberinto cuya ruta segura no es compartida entre un desarrollo y otro, careciendo de continuidad el posible recorrido a seguir en el caso de desear aproximarse al espacio público existente.

La misma observación de carencia de continuidad se puede realizar respecto de los servicios de transporte público de pasajeros, recolección de basura e incluso de acceso a vehículos de atención de emergencias, toda vez que se trata de un territorio que debería ser permeable y, sin embargo, se encuentra totalmente segregado.

Figura 8. Barreras físicas, bardas y atractores urbanos. Equipamiento



Fuente: figura elaborada con apoyo de Luz N. Santiago Pérez, Mauro J. González Gutiérrez y Rodrigo V. Molina Romero.

Así, con base en esos dos ejemplos, se puede señalar que la presencia de barreras urbanas modifica el grado de permeabilidad urbana y ésta, a su vez, la posibilidad de construir un sistema de movilidad accesible y eficaz.

Conocer sobre estos temas permite tomar conciencia sobre los rasgos de la estructura urbana que debieran considerarse al momento de planear un sistema urbano orientado a la eficiencia y la inclusión y, quizá, modificar las normativas que permiten la creación de barreras o bordes urbanos.

## Discusión

El estudio de las ciudades por medio de indicadores permite una aproximación objetiva al conocimiento de sus rasgos y características; no obstante, deben considerarse solo una base de entendimiento, toda vez que su consideración individualizada puede llevar a conclusiones que, siendo anticipadas o parciales, podrían ser, además, erróneas.

Si se ha dicho en repetidas ocasiones que la ciudad es un producto cultural complejo, manufactura de múltiples creadores —y destructores—, debe entenderse, entonces, que su estudio debiera estar basado en las leyes de la complejidad, de lo emergente. Las investigaciones que se realicen serán, en consecuencia, aproximaciones sucesivas al conocimiento del estado de la ciudad, con descubrimientos que serán válidos solo en tanto las circunstancias que los originaron no se modifiquen.

Respecto de los resultados obtenidos en materia de permeabilidad y bordes y su respectiva incidencia en la accesibilidad urbana se puede señalar:

- La mayor densidad de intersecciones viales y de longitud vial se asocia de manera genérica a una mayor permeabilidad del espacio urbano.
- La mayor densidad por intersecciones y por longitud de la red que caracteriza a una zona urbana de alta permeabilidad puede ser ineficiente si los flujos de tránsito son interrumpidos por bordes.
- Los bordes urbanos limitan de forma negativa la accesibilidad urbana, entendida como la asequibilidad igualitaria de los bienes y servicios urbanos.
- La condición de proximidad urbana podría impactarse de manera negativa por la discontinuidad en el sistema vial y la interrupción de flujos.

En el caso de la ciudad de Xalapa y del municipio de Emiliano Zapata, el análisis de la densidad vial arroja que, aún cuando existen espacios que cumplen o superan lo establecido por la norma en materia de permeabilidad, su condición no asegura un escenario propicio para una movilidad eficaz y segura.

## Conclusiones

En el análisis de la infraestructura vial y la movilidad urbana en la ciudad de Xalapa, se destacaron varios aspectos clave. Se examinaron dos enfoques metodológicos para evaluar la permeabilidad urbana: la distribución de intersecciones y la densidad vial. Estos métodos proporcionaron una visión integral de la red vial y su capacidad para facilitar el movimiento de personas y bienes en la ciudad, sin embargo, también se identificaron desafíos persistentes, como la concentración desigual de intersecciones en áreas específicas y la falta de cumplimiento de normativas para la densidad de intersecciones. Adicionalmente, se identificaron barreras que dificultan la accesibilidad de peatones y vehículos, así como la ubicación de vialidades con parecido al concepto de vías completas para observar su interacción.

Se puede afirmar que, a pesar de los avances en la infraestructura vial, todavía existen desafíos significativos en cuanto a accesibilidad y seguridad vial en Xalapa; sin embargo, se identificaron oportunidades para mejorar la situación, como la implementación efectiva de políticas y programas de transporte y la adopción de enfoques más holísticos hacia el diseño urbano. Estos hallazgos apuntan a la necesidad de un cambio de paradigma en la planificación urbana, priorizando la movilidad sostenible y la equidad en el acceso a los recursos de transporte.

La relevancia del tema va más allá de Xalapa y tiene implicaciones significativas para el desarrollo sostenible de las ciudades en todo el mundo. Mejorar la infraestructura vial y promover una movilidad más sostenible no solo puede beneficiar a los residentes locales en términos de calidad de vida y acceso a oportunidades, sino que también puede tener un impacto positivo en la economía y en el medio ambiente. La experiencia de Xalapa

ofrece lecciones valiosas que pueden aplicarse en otras ciudades que enfrentan desafíos similares en términos de movilidad urbana.

Para futuras investigaciones o aplicaciones prácticas, se sugieren varias direcciones prometedoras; por ejemplo, estudios adicionales que podrían enfocarse en el impacto a largo plazo de la implementación de políticas específicas de movilidad urbana en Xalapa, así como en la efectividad de diferentes estrategias para abordar los desafíos identificados.

Los cambios en la densidad de intersecciones y en la densidad vial tienen un impacto directo en la permeabilidad y la movilidad de una región urbana; un aumento en estas densidades puede mejorar la accesibilidad y la conectividad, pero debe ir acompañado de una planificación urbana efectiva para garantizar un desarrollo coordinado y sostenible de la infraestructura vial.

## Referencias

- Argueta Mayorga, J. L. (2017). La permeabilidad y movilidad peatonal en los fraccionamientos cerrados de interés social. Villas de la Hacienda, Municipio Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México. *Revista Transporte y Territorio*, (17),145-171. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=333053372008>
- Bentley, I., Alcock, A., Murrain, P., McGlynn, S. y Smith, G. (1999). *Entornos vitales. Hacia un diseño urbano y arquitectónico más humano*. Gustavo Gili.
- Delgadillo Macías, J. (2015). *Por una geografía humanista, Ángel Bassols Batalla*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gómez-Rodríguez, P. A. (2020). *La permeabilidad desde la continuidad del espacio público*. [trabajo de grado]. Facultad de Diseño, Universidad Católica de Colombia Programa de Arquitectura. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10983/25130>
- Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo. *Mejores Calles Para México*. Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo.
- Lynch, Kevin. (2015). *La imagen de la ciudad*. Gustavo Gili Editorial, S. A. G
- Loyola Gómez, C., y Albornoz Del Valle, E. (2009). Flujo, movilidad y niveles de accesibilidad en el centro de Chillan año 2007. *Propuesta de mejoramiento mediante sig. Urbano*, 12(19), 17-27.
- NOM-001-SEDATU-2021, Norma Oficial Mexicana, Espacio públicos en los asentamientos humanos. *Diario Oficial de la Federación*. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5643417&fecha=22/02/2022#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5643417&fecha=22/02/2022#gsc.tab=0)

- NORMA Oficial Mexicana NOM-034-SCT2/SEDATU-2022, Señalización y dispositivos viales para calles y carreteras. Publicado en el Diario Oficial el 19 de septiembre de 2023. POTZMX (2022). Programa de Ordenamiento Territorial de la zona metropolitana de Xalapa, Veracruz. (2022). SEDATU. [http://www.veracruz.gob.mx/desarrollosocial/wp-content/uploads/sites/12/2022/02/PRESENTACION%20N\\_ZMX\\_FEB-FINAL.pdf](http://www.veracruz.gob.mx/desarrollosocial/wp-content/uploads/sites/12/2022/02/PRESENTACION%20N_ZMX_FEB-FINAL.pdf)
- Ramirez Uribe, G., Garcia Arvizu, J. F., Ojeda de la Cruz, A., Quintana Pacheco, J., y Miranda Pasos, I. (2023). Análisis de la conectividad urbana de la ciudad de Hermosillo, Sonora. *EPISTEMUS*, 16(33), 16-25. <https://doi.org/10.36790/epistemus.v16i33.247>
- Santos Pérez, O., Sangroni Laguardia, N., Alba Cruz, R., Pérez Castañeira, J. A., y Peña Mijenes, C. (2021). Análisis integral de accesibilidad y movilidad en centros históricos cubanos. Métodos de diagnóstico y procesamiento de información. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 15(2),1-14. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193968640001>