



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MÉXICO**



**FACULTAD DE GEOGRAFÍA**

**“Diagnóstico para disminuir la Congestión  
Vehicular en el Centro Histórico de la Ciudad  
de Toluca, utilizando la herramienta SIG”**

**PROYECTO TERMINAL**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:**

*Especialista en Cartografía Automatizada, Teledetección y Sistemas de  
Información Geográfica.*

**PRESENTA:**

*Lic. En Geog. Diana Laura Esquivel Arzate*

**ASESOR:**

*Dra. Raquel Hinojosa Reyes*

Toluca, Estado de México.

Julio, 2019

## INDICE

Introducción.....	8
Planteamiento del problema.....	10
Objetivo General:.....	11
Objetivos Específicos: .....	11
Justificación .....	11
Estructura del documento .....	12
Capitulo I. Marco Teórico .....	13
1.1 Referentes teóricos (Antecedentes) del objeto de estudio de Congestión vehicular .....	13
1.1.1 Enfoque Geográfico.....	14
1.1.2 Geografía Urbana.....	15
1.1.3 Geografía del Transporte .....	15
1.1.4 Movilidad Urbana .....	16
1.1.5 Sistemas de información Geográfica .....	18
1.2 Causas de la congestión vehicular .....	19
1.3 Tipología de rutas de transporte público .....	24
1.4 Oferta y demanda del transporte público.....	26
1.5 Usos de Suelo .....	27
1.6 Flujo peatonal en el centro tradicional .....	27
1.7 Crecimiento histórico .....	29
1.8 Ciudades peatonalizadas.....	31
Capítulo II. Marco Metodológico.....	32
Metodología:.....	33
2.1 Diagnóstico de Congestión Vehicular de la Ciudad de Toluca.....	34
2.1.1 Delimitación del Área de Estudio.....	36
2.2 Densidad de flujo vehicular.....	38
2.2.1 Índice de densidad de Kernel.....	38
2.2.2 Índice Bivariate Local Morán .....	39

2.2.3 Estandarización de Datos.....	42
Capítulo III. Descripción de análisis y resultados .....	44
3.1 <i>Factores físico-espaciales</i> .....	44
3.2 <i>Factores Sociales</i> .....	51
3.3 <i>Factores Socioeconómicos</i> .....	54
Propuesta .....	57
Conclusiones.....	58
Recomendaciones .....	59
Bibliografía .....	61

## ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Localización .....	44
Mapa 2.. Uso de suelo .....	45
Mapa 3. Rutas de Transporte.....	46
Mapa 4. Paradas de Autobús .....	47
Mapa 5. Flujos destino de la Población.....	48
Mapa 6. Semáforos .....	49
Mapa 7. Flujo vehicular.....	50
Mapa 8. Servicios Gubernamentales. ....	51
Mapa 9. Servicios de Salud. ....	52
Mapa 10. Servicios Educativos .....	53
Mapa 11. Densidad de población .....	54
Mapa 12. Densidad de Comercio .....	55
Mapa 13. Densidad de empleo .....	56
Mapa 14. Propuesta de Peatonalización .....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Movilidad Urbana .....	17
Figura 2. Tipos de movilidad.....	18
Figura 3. Intensidad de flujos peatonales. ....	28
Figura 4. Crecimiento poblacional .....	30
Figura 5. Evolución de la población en el valle de Toluca, 1900 -1910 .....	31
Figura 6. Centros Históricos .....	37
Figura 7. Densidad de Kernel .....	39
Figura 8. Diagrama de dispersión de Morán. ....	41

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variables explicativas .....	33
Cuadro 2. Índice Bivariate Local Moran's LISA .....	41
Cuadro 3. Normalización de datos .....	42
Cuadro 4. Resultado de indicadores por AGEB. ....	43



## Resumen

La ciudad de Toluca ha registrado en los últimos años un crecimiento poblacional acelerado, haciendo cada vez más difícil la movilidad a su interior y con otras localidades, dificultando el desplazamiento de los habitantes al acceso de bienes y servicios para satisfacer sus necesidades o bien moverse diariamente de un lugar a otro. Todo ello se refleja, en una problemática poco atendida que genera diariamente caos vial en las horas pico en la zona de estudio. El objetivo que se persigue es identificar los principales factores físico-espaciales, sociales y socioeconómicos (establecimientos de servicios educativos, gubernamentales, salud, empleo, comercio, población, número de viajes por línea de autobús, origen-destino de personas que transitan en el Centro Histórico, rutas de transporte, paradas, red vial, semáforos, uso de suelo) que ocasionan el congestionamiento vehicular en la zona centro de la ciudad para generar una propuesta de descongestionamiento. A través del análisis exploratorio de datos espaciales, identificando la relación de las diferentes variables en la zona de estudio, utilizando el software Geoda, ArcGIS y Qgis. Se identifica que variables como servicios, y comercio, son muy significativas en la generación de congestionamiento, en el centro histórico de la Ciudad de Toluca. Finalmente se presenta la propuesta para abatir el congestionamiento vehicular considerando las variables conflictivas en el análisis de la investigación.

**Palabras clave:** Movilidad urbana, Congestión vehicular, Centro Histórico, SIG



## Introducción

El presente trabajo tiene como fin identificar los principales problemas que propician la congestión vehicular, que surge debido a que en la Ciudad de Toluca existe un continuo crecimiento poblacional, que ha traído consigo una creciente demanda de vivienda y servicios públicos y ha acelerado cada vez más el flujo vehicular, propiciando que los desplazamientos de personas sean largos y dificultosos, lo que implica que la movilidad se vuelva un caos vial. Por esta razón se ve en la necesidad de realizar una propuesta de solución que permita disminuir y mejorar la movilización de desplazamientos de un lugar a otro. Considerando la relación de factores físico-espaciales, sociales y socioeconómicos.

Actualmente el congestionamiento vehicular en la ciudad de Toluca es un problema en las principales vialidades provocando el aumento de flujo vial y dificultades en los sistemas de transporte. Debido a que la población tiende a realizar sus actividades diarias, como el traslado de su lugar de origen a su trabajo, escuela, servicios públicos y privados entre otros, causando un impacto negativo a la sociedad, trayendo consigo la congestión vehicular. Hoy en día, la habitan alrededor de dos millones de personas (INEGI-CONAPO-SEDESOL, 2012) y anualmente arriban a ella cientos de individuos con el propósito de desarrollar un proyecto de vida.

El Centro “Mario Molina” (2014) menciona que la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT) forma parte de la megalópolis del centro de México y es la quinta ciudad más grande del país con más de dos millones de habitantes y la mayor concentración urbana del Estado de México, situación que conlleva a una intensa dinámica económica y laboral con la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM). El corredor Toluca-ciudad de México presenta un flujo promedio de viajes diarios de 500 000 automóviles y 20 000 autobuses, (SCT, 2012).

Desde la última década, el crecimiento del número de vehículos públicos y privados prácticamente duplicó el crecimiento poblacional de la ZMT; esta situación ha derivado en problemas de congestión vial. En cuanto a destinos de viajes en la ZMT, destacan: Toluca, 70%; Metepec, 12%; Zinacantepec, 6%; San Mateo Atenco, 3%; y Lerma, 2%. La ZMT



cuenta con alrededor de dos millones de habitantes; de los cuales, el 76% utiliza el transporte público; de este porcentaje, el 65% son usuarios insatisfechos por el servicio de autobuses (mala calidad y deterioro de las unidades); asimismo, el emergente servicio de taxi colectivo, modo principal de transporte para 11% de los habitantes, ha provocado ineficiencias y, además, genera una competencia desleal contra el transporte público concesionado.

La red de transporte público en la ZMT se encuentra sobre ofertada en varios tramos; es decir, algunas líneas de transporte operan la misma ruta o circulan por vialidades que son idénticas a otras líneas; por lo tanto, es necesario reordenar todas las rutas para tener cobertura en toda la ciudad. La red vial por la que circulan los vehículos de transporte público no es la adecuada para su funcionamiento. De las 222 rutas de transporte público que transitan en el Valle de Toluca, el 48% transita sólo por 18% de los 622 kilómetros de la red primaria, y 82% de las rutas tienen como destino el centro de Toluca (Centro “Mario Molina”, 2014).

Cabe mencionar que se considera a la ciudad de Toluca como policéntrica, de los casi un millón de viajes intra e intermunicipales que se realizan diariamente en la ZMT, 70% tienen su destino en la capital del Estado de México. Esta situación señala la necesidad de fortalecer los servicios y empleos en zonas de la ciudad para reducir el número de viajes hacia el centro urbano.

Sin embargo, la falta de un sistema estructurado de transporte público y la nula construcción de grandes obras viales, han incentivado la motorización de la ciudad, provocando que el crecimiento del número de vehículos duplicara el crecimiento poblacional de la Zona Metropolitana de Toluca (ZMT); situación que derivó problemas de congestión vehicular y contaminantes que deterioran la calidad del aire.

Aunado a ello, la causa fundamental de la congestión es la fricción o interferencia entre los vehículos en el flujo de tránsito. Hasta un cierto nivel de tránsito, los vehículos pueden circular a una velocidad relativamente libre, determinada por los límites de velocidad, la frecuencia de las intersecciones, y otras condicionantes. Sin embargo, a volúmenes mayores, cada vehículo adicional estorba el desplazamiento de los demás, es decir,



comienza el fenómeno de la congestión. Entonces, una posible definición objetiva sería: “la congestión es la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás” (Thomson y Bull, 2001).

### Planteamiento del problema

El sistema de transporte urbano a través de la historia ha sido un aporte fundamental para el desarrollo económico, pero en los últimos tiempos el deterioro del transporte público está generando caos en muchas ciudades del mundo. Ian Thomson (2002:109) sostiene: “Como consecuencia del crecimiento económico las grandes ciudades han aumentado la demanda por transporte, ocasionando mayor congestión, demoras, accidentes y mayor contaminación”.

La ciudad de Toluca ha registrado en los últimos años un crecimiento poblacional acelerado, haciendo cada vez más difícil la movilidad a su interior y con otras localidades, dificultando el desplazamiento de los habitantes al acceso de bienes y servicios para satisfacer sus necesidades.

El sistema de transporte público de la ciudad no es el mejor: hay sobre oferta de este, es de mala calidad, no es seguro, no es eficiente. Lo que ha incentivado el uso del transporte privado o rentado. lo cual genera el congestionamiento vial que se hace presente en la ciudad, la mayor parte del tiempo. Haciendo que el acceso a las zonas habitacionales, comercio y servicios, aunado a la mala infraestructura que existe, entorpezca la movilidad.

El planteamiento del problema se concreta de la siguiente pregunta de investigación:

**¿Qué relación existe entre los factores Físico-espaciales, Sociales y Socioeconómicos que provocan con mayor magnitud el conflicto vehicular en el Centro Histórico de la Ciudad de Toluca?**





## Objetivo General:

Identificar los principales factores que influyen en el congestionamiento vehicular en el Centro Histórico de la Ciudad de Toluca, (infraestructura y la relación con uso de suelo) a través de la integración de datos espaciales, para dar una propuesta de solución.

## Objetivos Específicos:

- ✚ Construcción de la base de datos de los factores que propician la congestión vehicular (rutas de transporte público, paradas, flujos de población, servicios, comercio y empleo), para promover alternativas de solución.
- ✚ Realizar el diagnóstico del comportamiento espacial de los factores que se considera influyen en el congestionamiento vial (rutas de transporte público, paradas, flujos de población, servicios, comercio y empleo), utilizando la herramienta SIG.
- ✚ Dar una propuesta de solución de acuerdo con el comportamiento espacial de los factores considerados en la Ciudad de Toluca, a partir de experiencias exitosas, implementadas en otras ciudades.

## Justificación

El interés de dicha investigación surge a raíz de que, en la Ciudad de Toluca, en las últimas décadas se ha concentrado un alto flujo vial, lo que se traduce en una demanda de viviendas y servicios públicos, dificultando el desplazamiento de personas al acceso de bienes y servicios haciendo que los traslados sean más largos, lo que implica pérdida de tiempo, problemas al medio ambiente como la mala calidad del aire y a la salud de la población.

Derivado de ello, se realizó una propuesta metodológica, bajo el enfoque geográfico que permita identificar los factores que ocasionan la congestión vehicular que sea de utilidad para que exista un mejor funcionamiento en la red vial.



Para desarrollar la investigación, se considera como área de estudio el Centro Histórico de la Ciudad de Toluca la relación de factores que inciden en la congestión vial que permitan a futuro tener una mejora en la accesibilidad de rutas evitando el caos vehicular. Para ello se realizará una propuesta metodológica bajo el enfoque geográfico aplicando los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

### Estructura del documento

El documento se encuentra estructurado en tres capítulos:

En el capítulo I, titulado “*Marco teórico*” se hace mención de los referentes teóricos bajo el cual se realizó el trabajo. En conjunto toda fuente de consulta se realizó para sustentar dicha investigación con estudios relacionados aplicados o bien propuestos en otros países que han permitido dar solución al congestionamiento vehicular, bajo una representación espacial y haciendo uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

En el capítulo II, denominado “*Marco metodológico*” hace referencia a la estructura y técnicas que se utilizaron para la realización de la investigación. En el cual se delimita el área de estudio para dar pauta al proceso de análisis de datos y operativos asociados con las causas y factores que propician la Congestión Vehicular a partir de un enfoque geográfico para la identificación de factores asociados al objeto de estudio.

En el capítulo III, designado “*Análisis de resultados*” se dan a conocer los resultados obtenidos en la metodología utilizada para identificar las variables que tienen mayor relación con el conflicto vehicular. En donde se identifica la zona de estudio en el que se muestran las principales variables vertidas en dicha investigación. Posteriormente se dan a conocer la relación que existe entre flujo vehicular con los factores que entorpecen la circulación vial.

En lo que respecta al apartado de conclusiones se realizó un resumen de los procesos, resultados y observaciones vertidas en la investigación. Asimismo, se dan a conocer las recomendaciones para futuras investigaciones que no fueron retomadas en este estudio y que serían de utilidad a futuro o bien que se aprovechen dar seguimiento a este estudio.



Posteriormente, se plantea una propuesta como resultado de la investigación, tomando en cuenta la relación que existe entre el flujo vehicular y los factores que propician el conflicto vial, que puede ser de utilidad en este momento.

Finalmente, se muestra el apartado bibliográfico donde se sustenta el trabajo con referencias que tomaron en cuenta para el desarrollo de cada uno de los capítulos.

## Capítulo I. Marco Teórico

El presente capítulo se construye con la conceptualización teórica que sustenta dicha investigación, en que se da a conocer referentes teóricos del objeto de estudio, utilizando diferentes términos conceptuales que involucran en el estudio espacial. Para ello se hizo uso de los Sistemas de Información Geográfica y sus ramas que sustentan el análisis geográfico desde un contexto espacial, asimismo se explica la herramienta que se utiliza para explicar el espacio geográfico enfocado a la congestión vehicular,

### 1.1 Referentes teóricos (Antecedentes) del objeto de estudio de Congestión vehicular

Las personas transitan por las ciudades con el fin de realizar una serie de actividades de su interés como trabajar, estudiar, hacer compras y visitar amigos. Este traslado puede llevarse a cabo ya sea caminando o utilizando vehículos motorizados (autobuses y automóviles) o no motorizados (bicicletas). Dicha circulación, reflejada en el consumo de espacio, tiempo, energía y recursos financieros, también puede traer consecuencias negativas como accidentes, contaminación atmosférica, acústica y congestión vehicular. El intenso proceso de urbanización de las sociedades en las últimas décadas deja en evidencia la necesidad de cuidar las ciudades para que sus espacios ofrezcan una buena calidad de vida, lo cual incluye condiciones adecuadas de movilidad de personas y mercancías. Esta necesidad se intensifica en las grandes metrópolis que ya registran graves problemas sociales, económicos y ambientales relacionados con el desplazamiento de sus habitantes. (Alcántara 2010: 15)

Brian Simpson (2009), afirma que se necesitan de nuevas representaciones para saber cómo vivimos y cómo nos movemos, pues la mayoría de la población vive en ciudades y se



desplaza en coche; por eso, la movilidad urbana engloba una serie de cuestiones que se inscriben en los ámbitos del transporte, el medio ambiente, el desarrollo social y económico, el urbanismo, el empleo y la vivienda, y se centra en el modo de establecer objetivos claros para reducir la contaminación del tráfico, la congestión, los ruidos y los accidentes de tráfico urbano.

Dentro de los factores de desarrollo de sistemas de transporte se encuentra la administración y en este factor se tiene el inadecuado diseño o mantenimiento de la vialidad. Esto ocurre en diversas vialidades en las que es frecuente la falta de demarcación de los carriles de circulación, inesperados cambios en el número de carriles, la ubicación de paraderos de los autobuses que estropean la fluidez del tránsito, el mal estado del pavimento y la presencia de baches crecientes, todos estos factores generan restricciones de capacidad en las vialidades y aumenta la congestión vehicular (Thompson y Bull 2002).

### 1.1.1 Enfoque Geográfico

La geografía es una disciplina integradora en la cual confluyen diferentes formas de explicar el espacio geográfico, sus procesos, fenómenos y dinámicas. De esta manera, la geografía física profundiza más en los procesos y fenómenos biofísicos de aquellos lugares de ocupación humana, es decir, la antroposfera; en tanto la geografía humana privilegia los procesos de ocupación humana en la ecósfera (Barrera y Palma, 2010:17).

Poner a la Geografía y al espacio geográfico en el centro de la Geografía, y de las investigaciones que tratan problemáticas espaciales desde diferentes disciplinas, no puede hacerse simplemente desde un punto de vista discursivo, sino que resulta necesario actuar de forma concreta sobre la realidad. El abordaje geográfico es principalmente espacial. Esta es una consideración que está en el núcleo de la Geografía tradicional, tomada por la Geografía Cuantitativa, trasladada al uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), a la Geografía Automatizada y divulgada ampliamente en el ámbito científico a través de la Geografía Global

Desde un punto de vista transdisciplinario surgen dos nuevas ciencias: las ciencias de la información geográfica, un campo basado en la geotecnología, con posicionamientos



teóricos centrados en la Geografía, y recientemente con iniciativas que avanzan hacia la delimitación conceptual y técnica de las ciencias y tecnologías de la información geográfica, como disciplina científica específica. Las ciencias sociales integradas espacialmente formada por diversas ciencias sociales que comienzan a reconocer la dimensión espacial como fundamental para el análisis de la realidad compleja. (Buzai, 1999:1)

En todas ellas, la Geografía se posiciona como ciencia central, y, en este sentido los SIG no pueden considerarse solamente como instrumentos técnicos, sino también como herramientas teóricas que permiten pensar y actuar espacialmente. (Buzai, 2012:17)

### 1.1.2 Geografía Urbana

La Geografía Urbana se presenta, evidentemente, como rama de la Geografía. Esto conlleva la relación con una ciencia que ha buscado durante largo tiempo su objeto y su método de estudio, temas que aún hoy suscitan apasionados debates (Ortega,1987, Citado por Sánchez:1992:229).

La geografía urbana trata la ciudad como unidad espacial, emplazamiento, situación, tamaño, plano, morfología y edificación, estructura espacial y social, funciones, población, mercado del suelo, transportes y problemas medioambientales, y estos suelen ser los temas principales en este tipo de estudios (Sánchez, 1992, citado por G. Mendoza, 2014:121).

El Manual de Desarrollo Orientado al Transporte Sustentable señala transporte público está intrínsecamente vinculado con el desarrollo urbano. La viabilidad de los sistemas de transporte depende de barrios densos y conectados que permitan viajes más convenientes entre los puntos de origen y destino de la ciudad. DOTS, (2016:30)

### 1.1.3 Geografía del Transporte

Partiendo desde el enfoque geográfico, la geográfica es una disciplina integradora en donde contribuyen diferentes líneas de estudio, como la geografía del transporte, según Seguí y Petrus (1991:12) se clasifican en:



**Enfoque cuantitativo:** Tiene una larga tradición en geografía y entroncan a la geografía del transporte con los estudios de región económica.

**Enfoque social:** se caracterizan por ser estudios a microescala, por los que predominan en ellos los trabajos en geografía urbana, y por centrarse en los comportamientos individuales o en grupos socialmente diferenciados de individuos bajo la premisa de hombre sentimiento. La geografía comportamental está ligada al interés a las decisiones que los habitantes toman en función de su distinta percepción de las escalas y dimensiones urbanas. La geografía del bienestar, dan énfasis en los estudios de desigualdades individuales a nivel espacial, cuyo máximo de aplicación también se centra en trabajos de movilidades urbanas diferenciadas.

**Enfoque cronogeográfico:** introduce la dimensión temporal y permite la confluencia de los estudios del tiempo como parte del mundo vivido, y del lugar experimentado. Introduce la variable, tiempo en los estudios de movilidad diferencial y los estudios se centran en los desplazamientos urbanos a microescala.

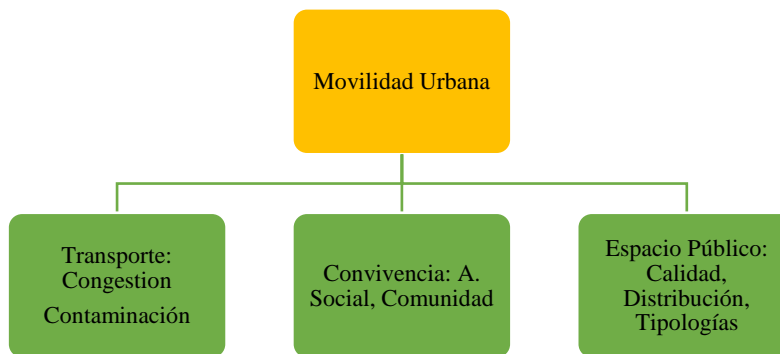
#### 1.1.4 Movilidad Urbana

De acuerdo con Montezuma (2003:175) la movilidad urbana ofrece una perspectiva de los individuos en su realidad socioeconómica y espacial (edad, género, categoría sociolaboral) más amplio que el termino transporte, el cual se limita a una relación de oferta y demanda expresada esquemáticamente, por un lado, en cantidad de infraestructuras y medios de transporte y, por un lado, en el número de desplazamiento por persona por día, según motivo, modo, itinerario, tiempo. El concepto movilidad permite ir más allá del análisis de la persona que desplaza, ya que se puede abordar también a la persona económicamente activa que no se moviliza por distintos motivos.

(Talavera, 2014), menciona aspectos condicionantes de la movilidad peatonal que, con posterioridad, fueron reagrupados en los cuatro bloques siguientes: accesibilidad, seguridad, confort y atractivo.

- Accesibilidad: hace referencia a aspectos relativos a la propia existencia de una infraestructura peatonal,
- Seguridad: la relacionada con el tráfico. En esta línea, factores como la velocidad de circulación tiene claras repercusiones sobre la calidad de vida de las personas que se desplazan a pie por la vía pública; ya que determina la sensación de seguridad que éstas tienen.
- Confort: condicionante de la movilidad peatonal puede dividirse en tres ramas: físico, psicológico y fisiológico
- Atracción: hace referencia a los paisajes urbanos que originan itinerarios atractivos para los peatones.

Figura 1. Movilidad Urbana

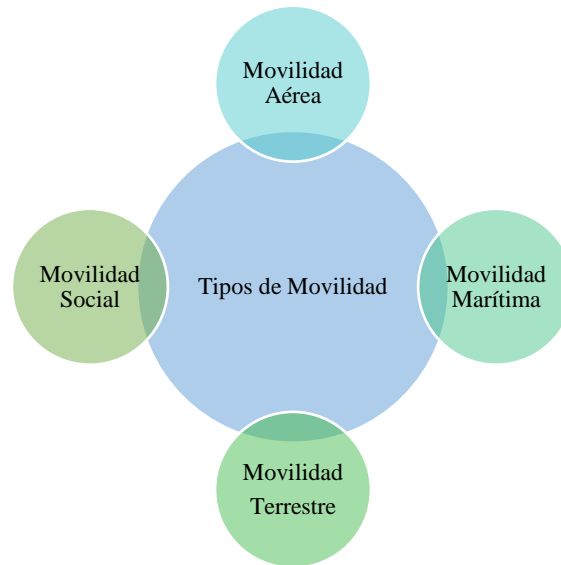


Fuente: Elaboración Propia

La movilidad urbana es mejorar la accesibilidad de los ciudadanos facilitando el movimiento de las personas o de las mercancías; las personas pueden utilizar cualquier medio para desplazarse: a pie, transporte público, automóvil o bicicleta.

De acuerdo con (Ramírez, 2009, citado por Cruz, 2018) se pueden identificar diferentes tipos de movilidad dependiendo de diferentes factores, según el caso a estudiar. Es importante conocer los tipos de movilidad urbana que utiliza la población, ya que esto nos permitirá conocer estilos de uso, patrones de consumo y necesidades de la población en estudio, así como la infraestructura y el mobiliario urbano que requiere la ciudad. Ver figura 2

Figura 2. Tipos de movilidad



Fuente: Elaboración propia con base a Ramírez 2009.

El rol de la infraestructura pública es sin duda significativo en la aparición de distintas realidades territoriales. En este sentido, la relación entre las redes de conexión urbana (regionales también) y el planeamiento espacial va más allá de la relación físico espacial. El desarrollo de la conectividad en la ciudad tiene influencia tanto en las relaciones socio-económicas como en las relaciones socio-culturales en espacio y tiempo. En la actualidad, la conectividad de redes resulta imprescindible para entender la ciudad contemporánea y para lograr su desarrollo económico y social (Jans, 2009: 10).

### 1.1.5 Sistemas de información Geográfica

Desde el punto de vista muy simple, podemos entender un SIG como la unión de dos ciencias: la geografía y la informática. Visto así, un SIG es una herramienta informática para ayudar al trabajo en el ámbito geográfico. Olaya (2014:10).

Derivado del concepto anterior Buzai (2010:23), explica la aparición de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) a partir de un análisis espacial es entendido como la aplicación de un conjunto de técnicas estadísticas y matemáticas a datos distribuidos sobre





el espacio geográfico. A través de la aplicación tecnológica SIG, son cinco los conceptos fundamentales del núcleo geográfico:

- **Localización espacial:** considera que todas las entidades geográficas, junto a sus atributos asociados, tienen una ubicación específica en el espacio geográfico.
- **Distribución espacial:** conjunto de entidades de un mismo tipo se reparte de una manera determinada sobre el espacio geográfico. Estas pueden ser puntos, líneas o polígonos (áreas) con diferentes atributos asociados en sistema vectorial, o localizaciones dispersas que representan puntos y zonas con clases similares contiguas en sistema raster.
- **Asociación espacial:** estudio de las semejanzas encontradas al comparar distintas distribuciones espaciales.
- **Interacción espacial:** estructuración de un espacio relacional en el cual las localizaciones (sitios), distancias (ideales o reales) y vínculos (flujos) resultan fundamentales en la definición de espacios funcionales.
- **Evolución espacial:** incorporación de la dimensión temporal a partir de captar los estados cambiantes de las distribuciones espaciales.

## 1.2 Causas de la congestión vehicular

De acuerdo con Thomson (2002), las causas de la congestión vehicular son variadas. Sin embargo, entre los factores que la provocan se encuentran factores de corto y largo plazo.

### Causas de corto plazo

- *Rápido crecimiento poblacional y de trabajo*

El rápido crecimiento en el número de hogares y trabajos en un área inevitablemente incrementa el flujo diario de automóviles a través de dicha área.

- *Un uso más intensivo de vehículos automotores*

La disminución del precio de los automóviles y el acceso al crédito han hecho más accesible la posesión de autos particulares.

- *Deficiente construcción de infraestructura vial*

Existen casos en los que hay zonas con alta densidad poblacional, pero



con baja conectividad.

- *Los conductores no perciben todos los costos que generan*

Entre las principales consecuencias de la congestión vehicular podemos mencionar los costos adicionales que en términos de tiempo, contaminación y estrés se generan. A menos que la sociedad obligue a los conductores a considerar estos costos externos, ellos seguirán subestimando dichos costos.

## **Causas de largo plazo**

- ***Concentración de los viajes de trabajo en el tiempo***

La mayoría de las organizaciones empiezan y terminan sus horas de trabajo a la misma hora, de modo que sus empleados pueden interactuar con empleados de otras organizaciones. Los empleados tienen que viajar al mismo tiempo.

Aunque muchos otros viajes (no de trabajo) están también concentrados en las horas pico, por ejemplo, cuando se lleva a los hijos a la escuela.

- ***Deseo de escoger dónde vivir y dónde trabajar***

Muchos conductores están dispuestos a viajar largas distancias o a tolerar la pérdida de tiempo por el tráfico con el fin de trabajar y vivir donde ellos escojan.

- ***Deseo de vivir en zonas con baja densidad de población***

Un objetivo para muchos ciudadanos es el de poseer un hogar con espacios abiertos, lo que requiere establecerse en grandes zonas alejadas del centro de las ciudades. Los suburbios con altas tasas de crecimiento están casi siempre ubicados a las afueras de las áreas metropolitanas. Estos suburbios de la periferia típicamente tienen densidades mucho más bajas que los suburbios ubicados más cerca del centro. De aquí que la mayor parte del nuevo crecimiento ocurre en zonas de baja densidad poblacional, lo que genera un mayor tiempo de viaje por residente que en zonas con mayor densidad de población.

- ***Deseo de viajar en vehículos privados***



La mayoría de los ciudadanos prefiere viajar en vehículos privados, usualmente solos, porque dicha forma de viajar provee conveniencia, confort, privacidad, y, muchas veces, una velocidad superior a la del transporte público. Esta preferencia incrementa el número de vehículos en las vialidades durante las horas pico.

Claramente, para los automovilistas, los beneficios percibidos de conducir su vehículo, tomando en cuenta únicamente los costos privados, siguen excediendo los beneficios netos de viajar en transporte público.

Una política que tenga como fin persuadir a más conductores a cambiar su modo de viaje, tendría que hacer que los beneficios netos de conducir un automóvil fueran menores que los beneficios netos de otros modos de viaje. Eso requeriría aumentar los beneficios netos de los otros modos de viaje o disminuir los de conducir su vehículo, “...desafortunadamente, es difícil incrementar los beneficios de los modos alternativos. Así que la manera más efectiva sería reduciendo los beneficios netos de conducir un auto, a través de un aumento en los costos” (Victoria Transport Policy Institute, 2004).

### **Causas de la Congestión**

De acuerdo con Thomson, (2001) las características del transporte urbano que provocan la congestión son:

El sistema de transporte, incluyendo la provisión de suelo urbano para infraestructura de transporte, se desenvuelve bajo características propias muy particulares, entre las cuales se pueden mencionar las siguientes:

- la demanda por transporte es “derivada”, es decir, pocas veces los viajes se producen por un deseo intrínseco de desplazarse; generalmente, ellos son producto de la necesidad de acceder a los sitios en que se llevan a cabo las distintas actividades (como el trabajo, las compras, el estudio, la recreación, el descanso, etc.), todas las cuales se desarrollan en lugares diferentes;
- la demanda por transporte es eminentemente variable y tiene puntas muy marcadas en las cuales se concentran muchos viajes, a causa del deseo de aprovechar en



buena forma las horas del día para realizar las distintas actividades y para tener oportunidad de contacto con otras personas; el transporte se efectúa en limitados espacios viales, los que son fijos en el corto plazo; como es fácil de comprender, no se puede acumular la capacidad vial no utilizada para ser usada posteriormente en períodos de mayor demanda;

- las opciones de transporte que presentan las características más apetecidas, es decir, seguridad, comodidad, confiabilidad, autonomía, como es el caso del automóvil, son las que implican un mayor uso del espacio vial por pasajero, como se explica más adelante;
- especialmente en zonas urbanas, la provisión de infraestructura vial para satisfacer la demanda de los períodos de punta tiene un costo muy elevado, y a raíz de todo ello,
- se produce congestión en diversos lugares, con sus negativas secuelas de contaminación, importante gasto de los recursos privados y sociales y pérdida de calidad de vida.

Causas de la movilidad de acuerdo con Seguí y Petrus, (1991).

a) morfología y la estructura urbana

Existe una estrecha relación entre la morfología y la estructura urbana y el sistema de transporte, ambos se influyen mutuamente y de ahí la necesidad de estudiarlos de forma conjunta. Los condicionantes imponen al transporte son:

- La segregación de los usos del suelo, que provoca el incremento de los desplazamientos y su alargamiento, tanto en el espacio como en el tiempo y la utilización de modos de transporte motorizados. El modelo de ciudad basado en una segregación y concentración cada vez mayor de las actividades urbanas se caracteriza por unas elevadas necesidades de transporte.
- El desarrollo funcional de la ciudad dependiente del centro congestiona el transporte, ya que el núcleo económico y político administrativo llega a convertirse en un espacio muy congestionado



- La dimensión de las vías es otro de los condicionantes que el urbanismo impone al transporte.
- El tamaño y forma de la ciudad y el grado de concentración o de dispersión urbana, condicionan también la utilización de uno u otro medio de transporte.

Varias pueden ser las medidas que ayuden a disminuir los altos valores de movilidad: limitar los aumentos en la intensidad de los usos, limitar los cambios de usos por otros que generan más tráfico, promover la mezcla de los usos urbanos o animar el crecimiento de la ciudad en unidades autónomas.

El transporte a su vez condiciona el crecimiento, y la estructura y morfología urbanas. Éstos son, entre otros, varios de los factores condicionantes:

- ✓ El desarrollo tecnológico en materia de transportes ha disminuido los tiempos de recorrido y ha provocado una mayor segregación espacial de los usos de suelo.
- ✓ Al crear las accesibilidades, contribuye a la creación de nuevos centros de gravedad, tanto de actividades como de población.
- ✓ La adaptación de la red viaria a las necesidades de transporte condicionara también la estructura y morfologías urbanas.
- ✓ Finalmente, la creación de líneas de transporte colectivo en zonas poco urbanizadas condicionara el desarrollo de la ciudad.

#### b) Los usos del suelo

La planificación de los usos de suelo debe estar relacionada con la de los medios de transporte, y su desarrollo futuro debe implicar una mínima necesidad de este.

El uso de suelo en la ciudad constituye una manera de identificar los diversos tipos de asentamientos y de relaciones económicas y sociales que cada uno mantiene con los demás. Estas interdependencias entre usos del suelo y actividades ubicadas son elementos relacionados con el transporte. Los espacios más codiciados, por ser los más accesibles, son los que se presentan más alto coste, por tanto, su uso es más intensivo (Valero: 1883), y suelen localizarse en las zonas céntricas de la ciudad.



c) Proceso de expansión urbana y el incremento de los niveles de motorización

Hasta los comienzos del siglo XIX la estructura de las ciudades dependía en parte de las distancias que los residentes debían recorrer a pie.

La segregación de los usos de suelo era inexistente. Con la aparición del ferrocarril se altera la estructura primitiva de las ciudades compactas. Durante el siglo XIX se establece una estrecha relación entre el transporte y desarrollo urbano, y la ciudad para el peatón es progresivamente sustituida por la ciudad del neumático o ciudad-autopista (Daniels, Warne:1983).

El transporte público fue el principal modo de transporte de las ciudades hasta después de la segunda guerra mundial, en que se inicia la escala progresiva de la motorización en los países desarrollados capitalistas y, con él, el de expansión urbana. Mientras el autobús aumentó la flexibilidad del sistema de transporte, el automóvil la intensificó, reduciendo la dependencia de rutas fijas y de horarios de viaje y alargando los desplazamientos. El automóvil supuso un aumento general de la accesibilidad en todo el territorio y en todos los puntos de la ciudad. Los efectos más destacados de uso en las áreas urbanas han sido: la descentralización de las actividades, sobre todo la residencial, con la aparición de las denominadas ciudades-dormitorio y la disminución de la densidad urbana.

Las nuevas estructuras físicas y sociales actuales de las ciudades son el resultado de la evolución, en el espacio de la ciudad tradicional, hacia unas formaciones urbanas que se han desarrollado merced al sistema de transporte. Los nuevos medios de transporte han influido en configuración de un nuevo modelo territorial dominante basado en la dispersión (Valero: 1983). Las Áreas Metropolitanas constituyen un ejemplo de estructura urbana dispersa, con una segregación espacial entre áreas residenciales y actividades terciarias y secundarias. El sistema de transporte es el que une estos espacios y confiere al área su carácter de unidad espacial y se erige, a su vez, en el soporte de su estructura urbana.

### 1.3 Tipología de rutas de transporte público

Según (Molinero y Sánchez, 2003), se pueden distinguir cinco tipos fundamentales de rutas:



**Radiales:** Este tipo de rutas conecta de actividades, o Centro Histórico de la ciudad, con sus extremos o su periferia. Estas rutas comienzan a ser ineficientes cuando la ciudad inicia un proceso de expansión física; ya que sus recorridos tienen como paso obligado el centro de actividades, dan pie a un proceso de congestiónamiento en dicho lugar. Por su estructura física, estas rutas absorben en sus extremos un número considerable de pasajeros, quienes comienzan a descender conforme se acercan al Centro Histórico.

**Diametrales:** Cuando la ciudad ha crecido considerablemente, es necesario realizar adecuaciones a las rutas de transporte existentes. El primer ajuste que se realiza consiste en unir dos rutas radiales, lo cual genera una ruta que pasa por el Centro Histórico de la ciudad y además conecta dos extremos opuestos de la ciudad.

Mediante este tipo de rutas, se evita la concentración de estaciones terminales o paraderos fijos en los centros históricos de las ciudades. Los usuarios son atraídos en gran número en los extremos opuestos, presentándose el tramo de máxima demanda antes y al llegar al Centro Histórico, donde descienden gran porción de pasajeros y asciende otra nuevamente para ser distribuida a lo largo de la ruta.

**Tangenciales:** Estas rutas pasan por un costado del centro histórico y unen dos extremos opuestos de una ciudad. Son recomendada para las grandes ciudades cuyo centro de actividades requiere ser descongestionado.

La captación de usuarios se comporta de manera similar a la de las rutas diametrales.

**Circulares:** Sirven como conectores para las rutas radiales y diametrales. Pueden presentarse en forma de arcos o segmentos de círculos que no se pasan por el centro Histórico de la ciudad. En cuanto ascensos y descensos de pasajeros, las rutas circulares mantienen una carga uniforme a lo largo de todo su recorrido.

**Con lazo:** La mayoría de las rutas de transporte público son líneas radiales y diametrales hacia el centro de la ciudad; no obstante, presentan desventajas tanto para los usuarios como para los operadores. Por ejemplo: los usuarios que quieren ir de una parte de la ciudad a otra forzosamente tendrán que pasar por el centro, situación que en muchos casos significa un desvío importante. Ante este tipo de situaciones, aparece como alternativa



implementar rutas circulares, lo cual beneficia al usuario proporcionándole una elección de itinerarios más amplia.

(Torres, 2007:16-17)

#### 1.4 Oferta y demanda del transporte público

La descripción de la oferta de transporte público incluye las características de los servicios que se están ofertando: cantidad y recorrido de las rutas, horarios de servicio, frecuencia de paso, velocidad comercial, estado físico de las unidades, entre otros (Molinero y Sánchez, 2003).

##### **Oferta**

La oferta de transporte público comprende dos factores: por un lado, las características de las unidades (tamaño de la flota y capacidad de vehículos) y el recorrido de las líneas de transporte (incluyendo sus paradas); por otro, las características de operación, como frecuencia de paso, velocidad de circulación, tarifa, entre otras.

##### **Demanda**

En términos generales, la demanda de transporte público urbano corresponde al número de viajes realizados y la forma como éstos se distribuyen en el tiempo y espacio a lo largo de los itinerarios en que es presentado el servicio. La demanda presenta variaciones cíclicas: los viajes realizados en una zona urbana varían de acuerdo con la hora del día (e.g los periodos punta y los periodos valle), los días de la semana y las temporadas (eg. los viajes en transporte público disminuyen considerablemente en los periodos vacacionales). A causa de estas vacaciones, es difícil aprovechar la infraestructura vial existente. En algunas horas, la infraestructura disponible puede resultar excesiva en relación con los flujos vehiculares (periodos valle), mientras que, en otras, llega a resultar ineficiente, careciendo de capacidad (periodos punta).





## 1.5 Usos de Suelo

Se considera que las áreas con usos del suelo urbano: residencial, comercial, servicios e industrial, muestran comportamientos distintos en cuanto a la presencia de accidentes de tránsito. Y, por ende, el transporte obedece a una relación esencialmente económica, es decir, que los patrones de tránsito son determinados por la distribución de los usos del suelo debido a las relaciones que éstos generan con las necesidades de los ciudadanos (Alcaldía de Barranquilla (2012).

Los usos de suelo son los espacios urbanos donde; se desarrollará las actividades económicas, se edificará las viviendas, se dotará las áreas verdes, se construirá las vialidades; en pocas palabras: es el lugar donde la vida de los habitantes se desarrolla. Los usos de suelo pueden ser clasificados en: residencial, industrial, comercial, áreas verdes, servicios, vialidades y reserva territorial para el futuro crecimiento de la mancha urbana. (Torres, 2007:28)

## 1.6 Flujo peatonal en el centro tradicional

Garrocho y Flores (2009) en su estudio de Flujo peatonal delimito el Centro de la ZMT, que correspondió esencialmente a una delimitación gruesa del área comercial del centro de la ZMT, es decir, se buscó hacer una primera aproximación espacial del centro comercial tradicional. Para ello se consideró como principal criterio la existencia de usos de suelo comerciales continuos en las vialidades del centro y el límite de la zona fue el punto en que la presencia de actividad comercial era discontinua y se mezclaba con los usos de suelos habitacionales o registraba mayor frecuencia de locales vacíos.

Por lo tanto, se delimito el centro tradicional de comercio y servicios al menudeo es tarea particularmente relevante en la ZMT, dada la necesidad de monitorear el desempeño del centro de la ciudad en un nuevo entorno intensamente competitivo que lo enfrenta a los subcentros terciarios que han surgido recientemente en la periferia metropolitana.

La zona considerada para realizar la flujoscopia tuvo una extensión de 261.6 hectáreas en la zona de estudio tuvieron un importante rango de variación. Se trata de una zona continua e

irregular de alrededor de 150 manzanas que incluye la plaza de los Mártires, sedes de gobierno estatal y municipal, recinto de la cámara de diputados, diversos edificios públicos, comerciales. Ver figura 3

Figura 3. Intensidad de flujos peatonales.



Fuente: Garrocho y Flores (2009:256)

El trabajo de Cárdenas (2001:73) expone las acciones realizadas para determinar la ubicación de puntos de transferencia en una zona metropolitana de tamaño medio poco más de un millón de habitantes con el objetivo de proponer puntos de transferencia para transporte urbano y suburbano en la ciudad de Toluca. Menciona en su estudio que Los puntos de transferencia son elementos interdependientes de otros componentes del sistema, como: el uso del suelo, las características viales, puntos atractores de viajes, rutas y



derroteros del transporte, la densidad urbana, puntos de acceso y derivación, entre otros en el cual realiza el siguiente esquema de variables dependientes e independientes:

Variables independientes:

- ✓ Características de la zona
- ✓ Puntos atractores de viajes
- ✓ Densidad urbana
- ✓ Vialidades existentes

Variables dependientes:

- ✓ Origen y destinos
- ✓ Puntos de acceso y derivación (ubicación de puntos de destino)
- ✓ Nivel de servicio de las instalaciones existentes (sobreocupación de carriles)
- ✓ Puntos espontáneos de transferencia
- ✓ Puntos de transferencia propuestos

La Zona Metropolitana de Toluca del periodo de 1970 a 1990, pasó de un dominio agrícola a ofrecer servicios comerciales y manufactura (Castillo, 1992; Hoyos, 1998), aunque Toluca siempre ha tenido una economía terciaria por naturaleza (Hoyos, 1998: 138). En la actualidad las ciudades y regiones muestran procesos diversos, por la expansión metropolitana y la globalización, como la tercerización en actividades económicas y empleo. La ZMT tiene una fuerte ocupación en la manufactura, tercerización y una precariedad en el trabajo (Aranda, 2005: 109, 110).

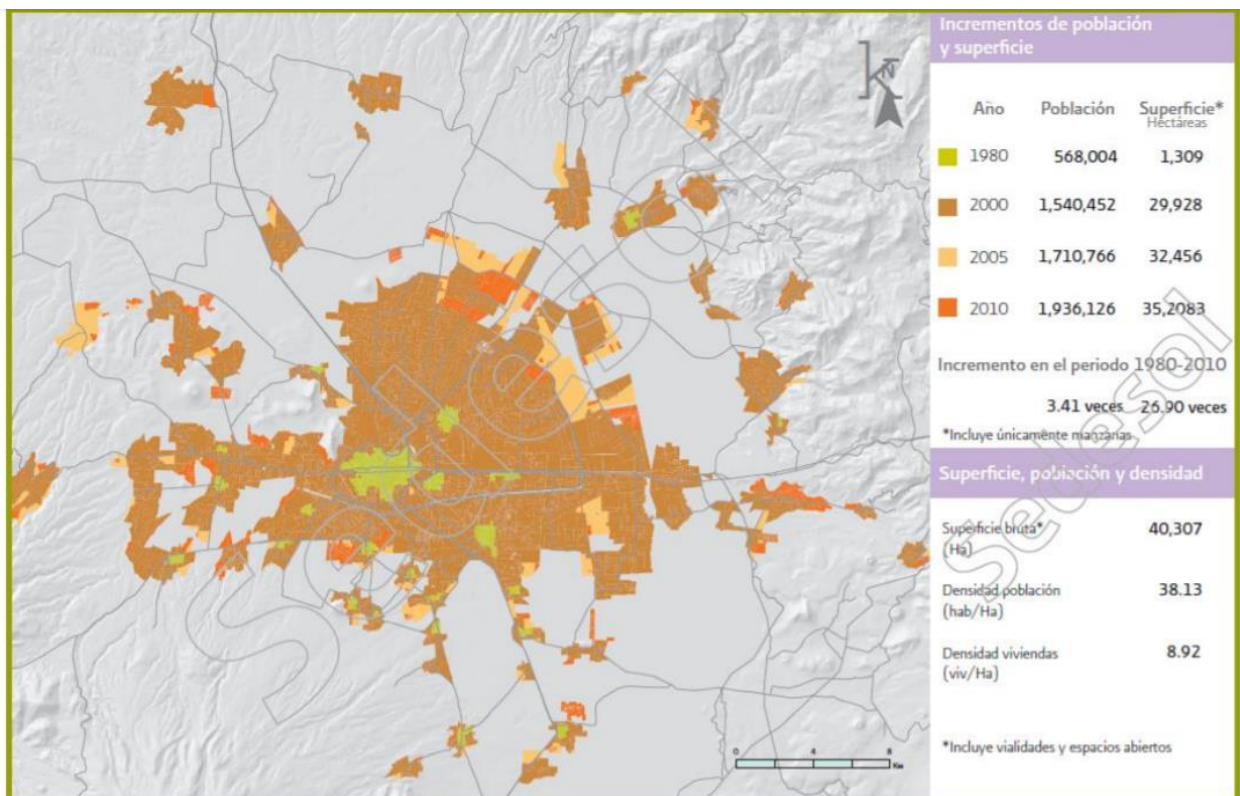
### 1.7 Crecimiento histórico

Centro Mario Molina (2014:41) menciona que lo largo de la historia el patrón de crecimiento de la ciudad fue de tipo disperso y de baja densidad. El principal problema es una expansión de la superficie urbana desasociada del incremento poblacional; en 30 años la Zona Metropolitana de Toluca triplicó su población, mientras que la expansión de su mancha urbana multiplicó 27 veces su tamaño (SEDESOL 2012).

En general, el incremento poblacional del Valle de Toluca responde al proceso de industrialización en la zona, el cual a partir de la llegada del ferrocarril colocó a la ciudad de Toluca como la segunda zona metropolitana en orden de importancia después de la ciudad de México. El aumento de la población desde inicios de siglo presenta un crecimiento constante que puede explicarse en tres grandes periodos

- Periodo de 1900 – 1940: Se distingue por un comportamiento estable de la población con predominio de la agricultura como actividad económica.
- Periodo de 1940 – 1990: Inicia el proceso de conurbación, la actividad industrial toma fuerza y empieza a transformar la dinámica de la ciudad. Parte de la población que se dedicaba a la agricultura migra a la ciudad para dedicarse a las actividades secundarias. *Ver figura 4.*

Figura 4. Crecimiento poblacional

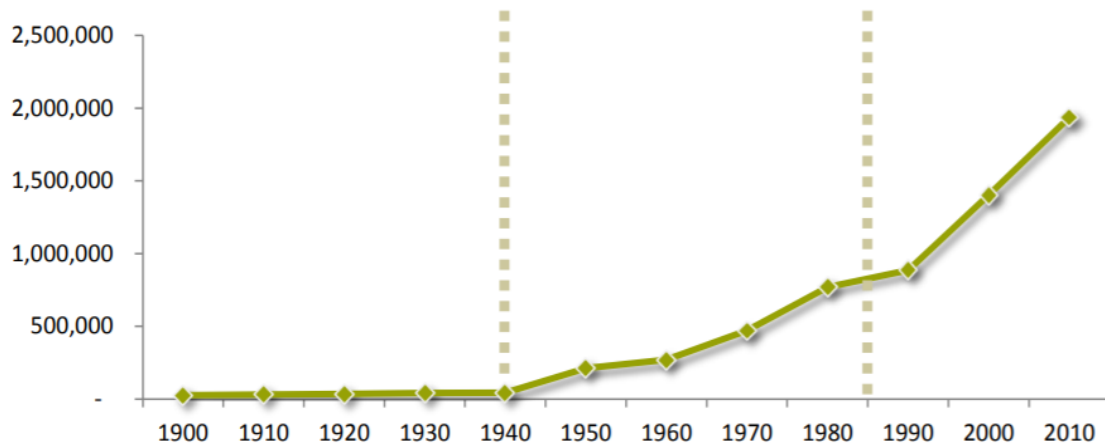


Fuente: (SEDESOL, 2012)

- Periodo de 1990 – 2010: Se puede definir como el proceso de consolidación, la industria se convierte en la actividad económica predominante en la zona y

comienza a demandar un mayor volumen de mano de obra. Este periodo se distingue por un incremento de población acelerado respondiendo por un lado al proceso de industrialización, y por otro lado, a la corriente migratoria proveniente de la ciudad de México a causa del terremoto de 1985.

Figura 5. Evolución de la población en el valle de Toluca, 1900 -1910



Fuente: Centro Mario Molina (2014:43)

### 1.8 Ciudades peatonalizadas

Actualmente se han desarrollado proyectos de peatonalización de centro histórico en diferentes ciudades: México, Argentina, Barcelona, Madrid, España, Chile, entre muchas otras, que han generado a partir de la peatonalización una transformación favorable para el acceso a servicios públicos, privados y dando un giro al comercio agilizando que exista una mayor movilidad urbana y evitando que las calles sean congestionadas.



## Capítulo II. Marco Metodológico

En este apartado se desarrolla una propuesta metodológica a partir de las diferentes investigaciones que se han realizado con respecto al tema de investigación y que se han implementado en función de cada uno de los indicadores, entre otras características de la zona de estudio.

Se partió de un enfoque geográfico para la identificación de puntos conflictivos que propician el congestionamiento vehicular identificando los cinco principios geográficos fundamentales de análisis espacial propuesto por (Buzai, 2010) Localización, Distribución espacial, Asociación espacial, Interacción espacial y Evolución Espacial.

En la elaboración de la investigación se retomaron diferentes autores que sustentan cada una de las variables dependientes con un enfoque cualitativo observando en campo y espacialmente como se encuentra el área de estudio, así mismo se hará uso de variables independientes con un enfoque cuantitativo en el cual se recolectara información estadística, ambos enfoques se utilizan para la construcción teórica-metodológica.

Derivado de lo anterior se elaboró la siguiente propuesta metodológica.

La metodología propuesta en dicha investigación es planteada con diferentes variables que otros autores han utilizado para el estudio de congestionamiento vehicular.

El método utilizado parte de un enfoque cualitativo y cuantitativo propuesto por Hernández (2006:5), quien plantea que en el enfoque cualitativo permite la recolección de datos estadísticos y en el cuantitativo se conduce al contexto teórico-metodológico. Asimismo, se realizó un análisis exploratorio para el proceso de análisis espacial. *Ver cuadro 1*



Cuadro 1. Variables explicativas

Factores	Indicadores	Propuesta por:
<b>Físico-espaciales</b>	Flujo vehicular Uso de suelo Rutas de Transporte Paradas Destino Semáforos Red vial	Seguí Pons, Joana M. y Joana M. Petrus Bey, (1991), Cárdenas Gutiérrez, Eusebio, (2001), Thomson Ian, (2001), Garrocho, C. & Campos, J., 2007. Dinámica de la estructura policéntrica del empleo terciario
<b>Socioeconómicos</b>	Población Comercio Empleo Viajes por la línea de autobús	Centro Mario Molina (2014)
<b>Sociales</b>	Servicios gubernamentales Salud Escuelas	

Fuente: Elaboración propia

### Metodología:

Para dar pauta al desarrollo de esta investigación se realizó una revisión documental e investigación bibliográfica que sustenta el trabajo con información oficial para realizar el estudio de campo y gabinete. Retomando a diferentes autores y estudios realizados identificando conceptos básicos de la movilidad urbana, tipos de movilidad y variables propuesta por otros autores. Así mismo se identificaron aspectos más importantes de la congestión vehicular como las causas para identificar variables a utilizar en el trabajo de campo.

La parte metodológica se dividió en tres fases:

La primera fase, consiste en la construcción de la base de datos delimitando del área de estudio donde existe mayor congestión vehicular, identificando factores físico-espaciales (uso de suelo, rutas de transporte, paradas, destino de personas que llegan al centro histórico), socioeconómicos (población, empleo, comercio, número de viajes por la línea de autobús) y sociales (servicios Gubernamentales, salud y educación) donde se muestran espacialmente variables que permitieron llegar al análisis.



La segunda fase consiste en dar a conocer un diagnóstico de cómo se encuentra el Centro Histórico de la Ciudad de Toluca, realizando por medio de la herramienta ArcGIS una normalización de cada uno de los indicadores que antes fueron mencionados, posteriormente se realizó la estimación del índice de Kernel para estimar la densidad de cada uno de los puntos con mayor incidencia y para llegar a los resultados se realizó un Análisis exploratorio de datos espaciales.

Finalmente, en la tercera fase se realizó un análisis del trabajo de campo mostrando los resultados obtenidos con el propósito de conocer los principales factores que ocasionan el congestionamiento vehicular identificando los puntos donde más abunda la concentración de tráfico. En la siguiente figura, se muestra la estructuración metodológica.

### 2.1 Diagnóstico de Congestión Vehicular de la Ciudad de Toluca.

En el desarrollo de este apartado, se identifican datos de distribución espacial con relación al flujo vehicular que causan conflicto o bien que son factor de congestionamiento en el Centro Histórico de la Ciudad de Toluca actualmente. Para ello se utilizaron diferentes técnicas las cuales parten de un análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE) a nivel AGEB.

El AEDE se considera como una sub-disciplina perteneciente al denominado Análisis Exploratorio de Datos (AED), que consiste en el tratamiento y comparación de una batería de variables utilizando técnicas que identifican en ellas formas estables. Según Tukey (1977), autor que hizo posible la extensión de este tipo de análisis multivariante y del “software” estadístico moderno, el AED podría definirse como “el conjunto de herramientas gráficas y descriptivas utilizadas para el descubrimiento de patrones de comportamiento en los datos y el establecimiento de hipótesis con la menor estructura posible”. (Citado por Chasco, 2005:3)

Durante el proceso de análisis se utilizaron datos de vialidades, colonias y límite municipal a nivel ageb, las cuales fueron de utilidad para la representación de un contexto urbano, se elaboraron con base a datos a escala 1:50 000 obtenidos de la Institución Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2010). Asimismo, se utilizó:





- ✚ *Datos físico-espaciales:* uso de suelo, rutas de transporte, paradas destinos, semáforos, red vial.
- ✚ *Datos socioeconómicos:* población, comercio, empleo y viajes por la línea de autobús.
- ✚ *Datos sociales:* servicios gubernamentales, salud, escuelas.

Se utilizaron herramientas de análisis espacial de Softwares: ArcGIS y Qgis para la generación y validación cartográfica de datos en función de las características físico-espaciales, socioeconómicas y social; para el análisis exploratorio de datos espaciales se hizo uso de Geoda, para obtener la relación que existe entre cada una de los indicadores y el flujo vehicular. Dichos softwares permitieron realizar un análisis de distribución espacial de cada una de las variables a representar.

Las técnicas utilizadas son:

- a) Índice de Kernel: define la singularidad de estos estimadores radica en que adoptan un enfoque no paramétrico para la formulación de funciones de densidad. (Rosenblatt, 1956, citado por Moreno, 1991:156). basada en la detección de patrones espaciales con mayor densidad, realizando una interpolación para identificar los puntos hot spots.
- b) Desviación Estándar: muestra la distribución de puntos para estimar mediante la desviación estándar elíptica, medida que sintetiza el comportamiento espacial de los puntos de acuerdo con sus patrones de máxima y mínima dispersión en el territorio. El eje más largo de la elipse corre en la misma dirección del eje de máxima dispersión espacial de la muestra de puntos, y el eje más corto en la dirección del patrón de mínima dispersión. (Edbon, 1992, citado por Garrocho y Campos, 2011:30). Esta técnica permitió visualizar la relación uno de los indicadores con el flujo vial.
- c) Índice Bivariate Local Morá LISA: permite realizar una autocorrelación espacial global. Los resultados son de -1 a +1 que facilita su interpretación.



### 2.1.1 Delimitación del Área de Estudio

La Ciudad de Toluca es la capital del Estado de México. Actualmente cuenta con una población aproximada de 873, 536 habitantes y tiene una extensión territorial de 456.17 km<sup>2</sup> (INEGI, 2015) y es una de las ciudades que forma parte de la quinta área metropolitana más importante del país.

Las principales vialidades que fueron delimitadas son las que comprenden solo el área de estudio que van de la calle Andrés Quintana Roo al oeste, al norte llega a la colonia del Cópore hasta la calle Pedro Cortes, y baja hasta las calles de Lerdo de Tejada y Santos Degollado, la calle Plutarco Gonzales al sur y al este con las calles de Ignacio López Rayón.

Para delimitar el área de estudio se retomaron diferentes fuentes de información expuestas en el trabajo de Liévanos, (2016:146), conforme a criterios establecidos por instituciones que tienden a tener objeto de estudio, existe varios Centros Históricos los cuales cada institución determina el área de acuerdo a criterios del objeto de estudio con que lo realizan. Cabe mencionar el contar con varios centros histórico de algún modo dificulto la delimitación de área de estudio, sin embargo, relacionando cada uno de los indicadores a desarrollo se optó por retomar el límite que Garrocho y Campos (2007) en su proyecto con mayor número de flujos de personas.

La Secretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda SEDUVI (2003), propone el perímetro de uso de suelo CHC250 Centro Histórico y Cultural, con una forma concentrada y reticular

Garrocho y Campos (2007) proponen que el centro de Toluca en 1994 estaba delimitado por 4 Agebs con un área de 54 ha. Estas delimitaciones van expandiéndose conforme pasan los años, en 1999 este centro se expande a 16 Agebs, para 2004 se concentran 24 Agebs (citado por Carrillo & Aguilar, 2009: 35).

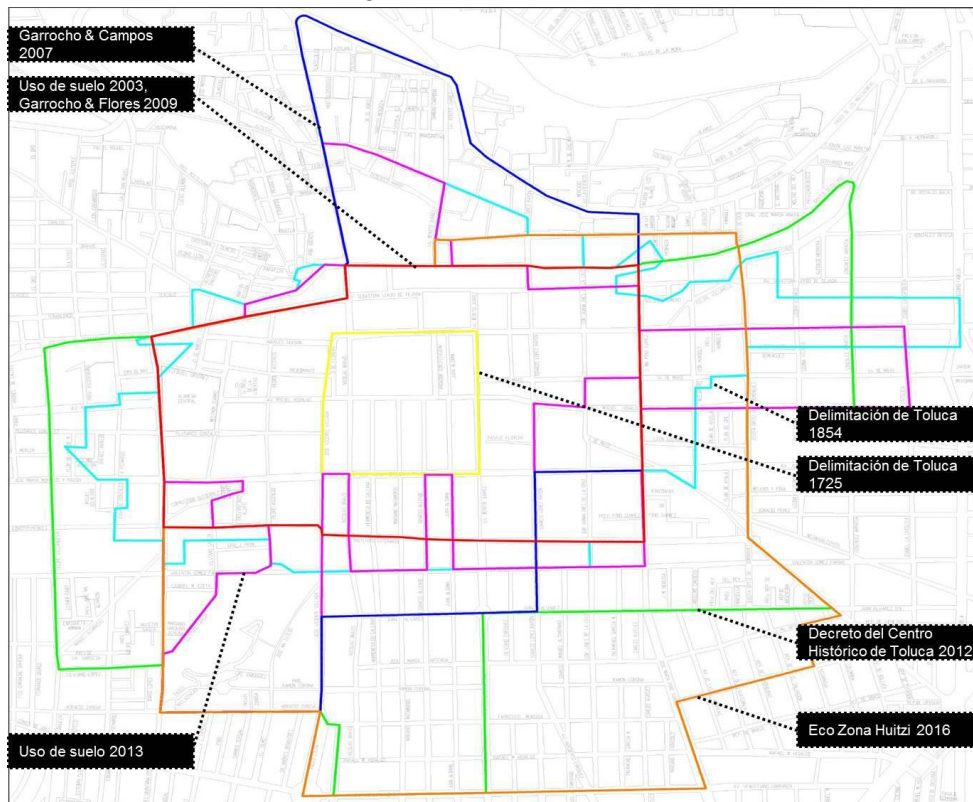
En el año 2009 se propone la configuración espacial del centro, en relación con los flujos de peatones o posibles consumidores, es un indicador de actividad y vitalidad del centro, como un núcleo de atracción y demanda que fomentan la oportunidad de negocios

(Garrocho & Flores, 2009). El polígono coincide con la delimitación de Uso de Suelo del 2003.

Para el año 2012, surge el Decreto del Centro Histórico de Toluca, como iniciativa del Ayuntamiento de Toluca y el INAH, en este decreto se busca fortalecer una zona de conservación y protección del patrimonio histórico, artístico y cultural, para el Polígono se consideró la trascendencia histórica de la ciudad, su traza urbana y edificaciones históricas de relevancia, así como el desarrollo social, cultural y hechos históricos relevantes. (H. Ayuntamiento de Toluca, 2012: 14, 15; 2013 – 2016: 136 - 138; 2015: 3).

Diez años después en 2013, la Secretaria de Desarrollo Urbano y Vivienda SEDUVI (citado en el Plan de Desarrollo 2013 – 2016), propone otra delimitación del Centro Histórico y Cultural CHC, parte del polígono de 2003 incorporando otras áreas, estos cambios generaron un polígono con una forma irregular (Gobierno del Estado de México, 2013). (H. Ayuntamiento de Toluca, 2013 – 2016: 136, 138).

Figura 6. Centros Históricos



Fuente: Liévanos, (2016:148)



Finalmente, la zona de estudio con la que se decidió trabajar se realizó utilizando la delimitación propuesta por Garrocho & Flores, puesto que el área se determinó con base al objeto de estudio el cual consideró sitios donde se ubicó el Municipio de Toluca de Lerdo, las manzanas que lo comprenden, donde fueron ubicados geográficamente el contexto en el que se encuentra el centro histórico.

## 2.2 Densidad de flujo vehicular

Se analizó espacialmente la frecuencia de puntos conflictivos de congestión vehicular de acuerdo con la densidad de ocurrencia que se presenta en cada área. Para ello se aplicó la siguiente técnica:

### 2.2.1 Índice de densidad de Kernel

La estimación de Kernel, se basa en un enfoque no paramétrico para la formulación de funciones de densidad (Moreno, 1991: 156):

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h}\right)$$

Donde:

x = punto en el cual se trata de estimar la densidad,

X = valor de la variable en el caso  $i=1, n$ ,

K = símbolo del Kernel,

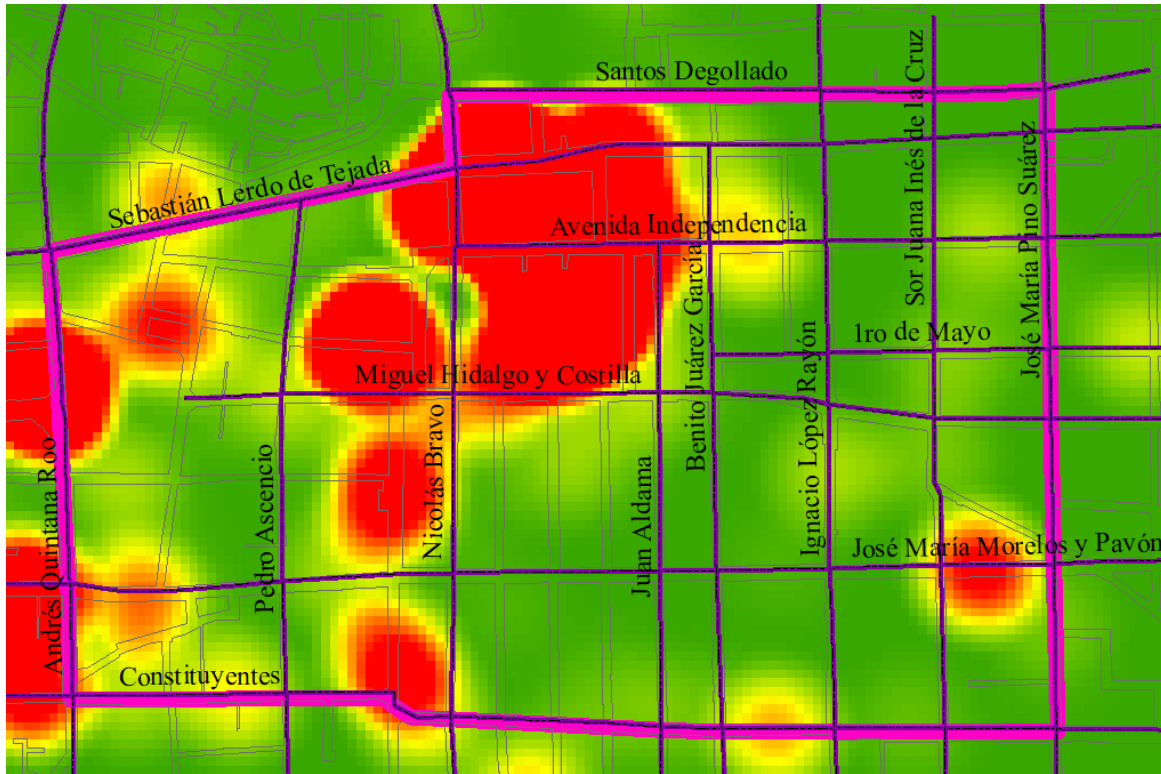
h = anchura de la ventana o parámetro de suavizado.

Esta técnica analiza la relación entre varios eventos geográficos que predominan en conjunto con varios puntos que se encuentran cercanos y con mayor frecuencia dentro un área determinada permitiendo identificar los espacios con mayor concentración.

Derivado de lo anterior, el proceso se realizó a con el programa ArcGIS 10.5. primero se hace un merge con las capas de vialidades del área de estudio. Posteriormente se haber realizado el merge, se aplica la técnica de kernel density desde la herramienta de arctoolbox, spatial analyst tools que se muestra en la figura 5. Este proceso se realizará para

cada uno de los indicadores de datos puntuales como educación, parada de autobús, rutas de autobús, semáforos y servicios gubernamentales.

Figura 7. Densidad de Kernel



Fuente. Elaboración propia

### 2.2.2 Índice Bivariate Local Morán

El índice de Morán bivariado es una prueba que cuantifica la dependencia espacial entre dos variables o la misma variable en dos o más periodo de tiempo en un mismo lugar. El propósito de utilizar el análisis bivariado es indicar las variaciones de distribución espacial de los datos y. cada caso. La correlación es analizada a lo largo del periodo de análisis (Anselin y otros, 2002).

La metodología se realiza a partir una Autocorrelación Espacial (AE) Para medir la AE, se utilizó el índice de Moran tanto global como local, en el primer caso la expresión matemática del Índice de Moran Global es la siguiente:



$$I = \frac{N \sum_i \sum_j W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_i \sum_j W_{ij} \sum (x_i - \bar{x})^2)}$$

Donde N es el número de casos  $x_i$  es el valor de la variable en un lugar determinado

$x_j$  el valor de la variable en otro lugar (donde  $i \neq j$ )

$\bar{x}$  es la media de la variable y

$w_{ij}$  es un peso aplicado a la comparación entre la localización  $i$  y la localización  $j$

La expresión del Índice de Moran Local se describe a continuación:

$$I_i = \frac{X_i - \bar{X} \cdot \sum W_{ij} (X_j - \bar{X})}{\sum S_i^2}$$

Donde  $\bar{x}$  es la intensidad de la media para todas las observaciones,

$X_i$  es la intensidad de la observación  $i$ ;  $X_j$  es la intensidad para todas las demás observaciones, (donde  $X \neq j$ ),  $S_i^2$  es la diferencia al cuadrado de todas las observaciones y  $W_{ij}$  es el peso a distancia para la iteración entre las observaciones  $i$  y  $j$ . El primer término  $X_i$  se refiere únicamente a la observación  $i$ , mientras que el segundo término  $X_j$  es la suma de los valores ponderados para todas las observaciones.

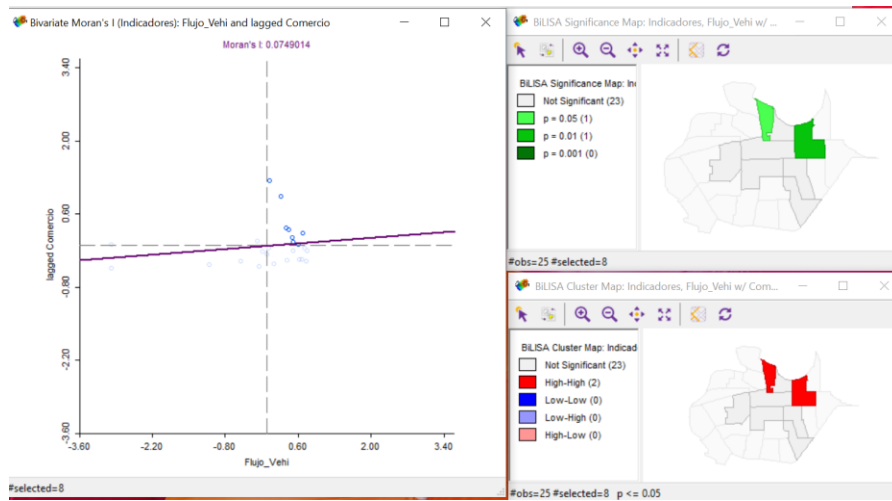
### Proceso del Índice Bivariate Local Morán

Para el uso de las técnicas de análisis exploratorio de datos espaciales se construyen dos bases en la que se incluye la primera variable dependiente de flujo vehicular tomando en cuenta que los valores a nivel AGEB y las variables independientes de factores físico-espaciales, sociales y socioeconómicos.

El análisis consiste en ingresar a Geoda, se crea un valor de contigüidad, posteriormente calcula el índice bivariate local en donde se indica la primera variable que se va autocorrelacionar y enseguida se selecciona la segunda variable para obtener el índice de Morán.

En el diagrama de dispersión de Moran, se hace una correlación con la variable principal (Flujo vehicular) y se realiza una estandarización cada uno de los indicadores para obtener el índice local de Moran. *Ver figura 6.*

Figura 8. Diagrama de dispersión de Morán.



Fuente: Elaboración propia

Una vez que fue obtenido el índice de los indicadores se muestran cada uno de los valores con mayor correlación Ver cuadro 4. Se puede visualizar que la variable de comercio tiene un índice más alto debido a la existencia de servicios comerciales ubicados en el centro histórico, siendo fuente de atracción de personas, por lo tanto, se infiere que los desplazamientos y el congestionamiento vehicular es propiciado por la llegada de personas al centro y la cercanía con los servicios públicos y educativos. Ver cuadro 2

Cuadro 2. Índice Bivariate Local Moran's LISA

	Indicadores	Índice
<b>Flujo Vehicular</b>	Servicios Educativos	0.237604
	Servicios gubernamentales	0.163131
	Servicios de Salud	0.143424
	<b>Comercio</b>	<b>0.749014</b>
	Empleo	0.209095
	Rutas	0.201753
	Paradas	0.170253
	Destinos	0.177643
	Semáforos	0.009185

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.3 Estandarización de Datos

Para obtener la estandarización de los datos se desarrolló la siguiente formula:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Donde:

Z= dato estandarizado

X = valor de cada Ageb

$\mu$  = media del indicador

$\sigma$  = desviación estándar

Cuadro 3. Normalización de datos

	A	B	C	D	E	F	G
	CVEGEO	Suma Edu	Normalización	Suma_Guber	Normalización	Suma_origen	Normalización
	1510600013208	5	5	3	2	50	49
	1510600013195	8	6	71	70	154	153
	1510600012110	36	34	25	24	182	181
	1510600012106	21	19	30	29	185	184
	1510600010608	14	12	34	33	79	78
	1510600010595	13	11	90	89	84	83
	1510600010580	34	32	137	136	72	71
	1510600010576	41	39	372	371	675	674
	1510600010561	22	20	28	27	217	216
	1510600010542	19	17	2	1	352	351
	1510600010538	37	35	90	89	427	426
	1510600010523	28	26	26	25	113	112
	1510600010504	11	9	10	9	122	121
	1510600010491	7	5	5	4	75	74
	1510600010487	13	11	24	23	203	202
	1510600010472	23	21	6	5	112	111
	1510600010468	11	9	2	1	76	75
	1510600010453	12	10	1	0	46	45
	1510600010449	19	17	4	3	60	59
	1510600010434	12	10	5	4	119	118
	151060001042A	9.0	7	1	0	97	96
	1510600010400	3	1	1	0	18	17
	1510600010398	5	3	88	87	69	68
	1510600010383	13	11	1	0	70	69
	1510600010379	8	6	17	16	73	72
	Suma total	424		1073		3730	
	Media	16.96		43		149.2	
	Desviación estandar	11		78		145	

Fuente: Elaboración propia.

El Dato estandarizado se obtiene de CVE\_GEO donde se ubican los valores de cada variable, el valor que se le asigna al Ageb el número total servicios que predominan en cada AGEb de cada indicador, una vez obtenido el valor de cada uno se hace una suma total de todos los AGEb, el cual será de utilidad para obtener la media dividiendo el total de datos





por CVE\_GEO entre el total de AGEB. Posteriormente para obtener la desviación estándar se realiza una normalización en donde toma el valor de la primer CVEGEO, menos la media entre la desviación estándar. Todo ello con la finalidad de obtener los datos base, para todos los análisis subsecuentes, *Ver cuadro 3.*

*Cuadro 4. Resultado de indicadores por AGEB.*

CVEGEO	Empleo	Comercio	Flujo Vehicular	Educación	Gubernamental	Origen	Destino	Paradas	Salud	Rutas
1510600013208	0.00	0	0	3	2	49	29	4	6	86
1510600013195	0.00	0	0	6	70	153	160	139	16	10
1510600012110	2.01	-0.01	1.41	34	24	181	185	94	57	55
1510600012106	-0.34	-0.16	0.87	19	29	184	227	-1	13	3
1510600010608	0.77	0.41	1.57	12	33	78	54	85	29	191
1510600010595	0.98	0.04	1.70	11	89	83	65	28	141	244
1510600010580	0.71	-0.25	1.72	32	136	71	95	76	32	163
1510600010576	0.52	0.01	1.68	39	371	674	1199	112	59	14
1510600010561	0.28	0.19	1.32	20	27	216	275	157	15	101
1510600010542	1.52	0.09	1.62	17	1	351	468	337	2	239
1510600010538	2.89	0.17	1.75	35	89	426	535	68	69	185
1510600010523	0.67	0.39	1.74	26	25	112	96	207	60	38
1510600010504	1.36	0.26	1.62	9	9	121	125	60	17	145
1510600010491	2.08	0.38	1.71	5	4	74	70	48	15	187
1510600010487	3.11	1.10	1.67	11	23	202	286	13	17	431
1510600010472	0.9	-0.33	1.15	21	5	111	155	64	31	273
1510600010468	2.22	0.49	1.39	9	1	75	49	68	18	580
1510600010453	5.33	2.09	1.58	10	0	45	27	19	75	266
1510600010449	1.73	0.03	1.61	17	3	59	51	4	20	324
1510600010434	0.65	-0.13	1.45	10	4	118	123	33	26	251
151060001042	0.36	-0.11	1.35	7	0	96	74	52	14	176
1510600010400	1.78	0.23	1.4	1	0	17	12	32	5	220
1510600010398	2.18	0.19	1.51	3	87	68	90	3	10	244
1510600010383	5.37	4.86	1.56	11	0	69	55	9	16	263
1510600010379	0	0.04	1.3	6	16	72	56	12	25	17

Fuente: Elaboración propia.

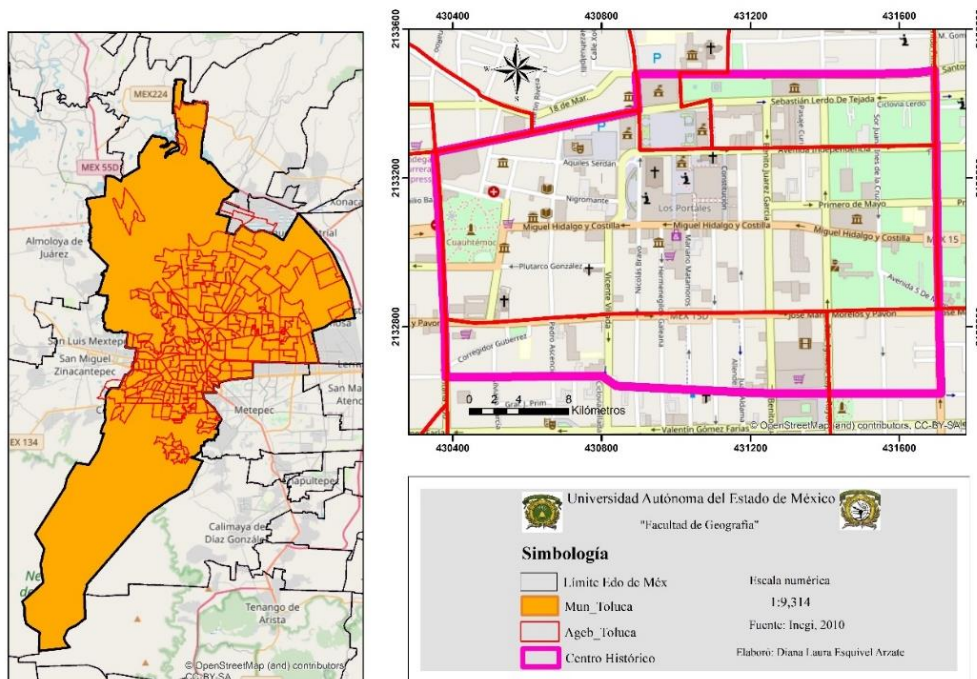
Una vez obtenidos los indicadores se guardan en formato Excel y desde el programa de ArcMap se realiza un join con la clave\_ageb de area de estudio y con la desviación de datos estandarizados obtenidos por ageb. Para esta tarea, crea un join. *Ver cuadro 4*

### Capítulo III. Descripción de análisis y resultados

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos de la metodología utilizada para identificar los factores de congestión vehicular el cual se subdivide en tres apartados, el primero se enfoca en el análisis de factores físico-espaciales, el segundo se centra en factores sociales y el tercero se enfoca en factores socioeconómicos, de este modo se puede visualizar con mayor detalle cada indicador. Por último, se hace énfasis en el análisis de resultados, recomendaciones y la propuesta resultante.

#### 3.1 Factores físico-espaciales

Mapa 1. Localización

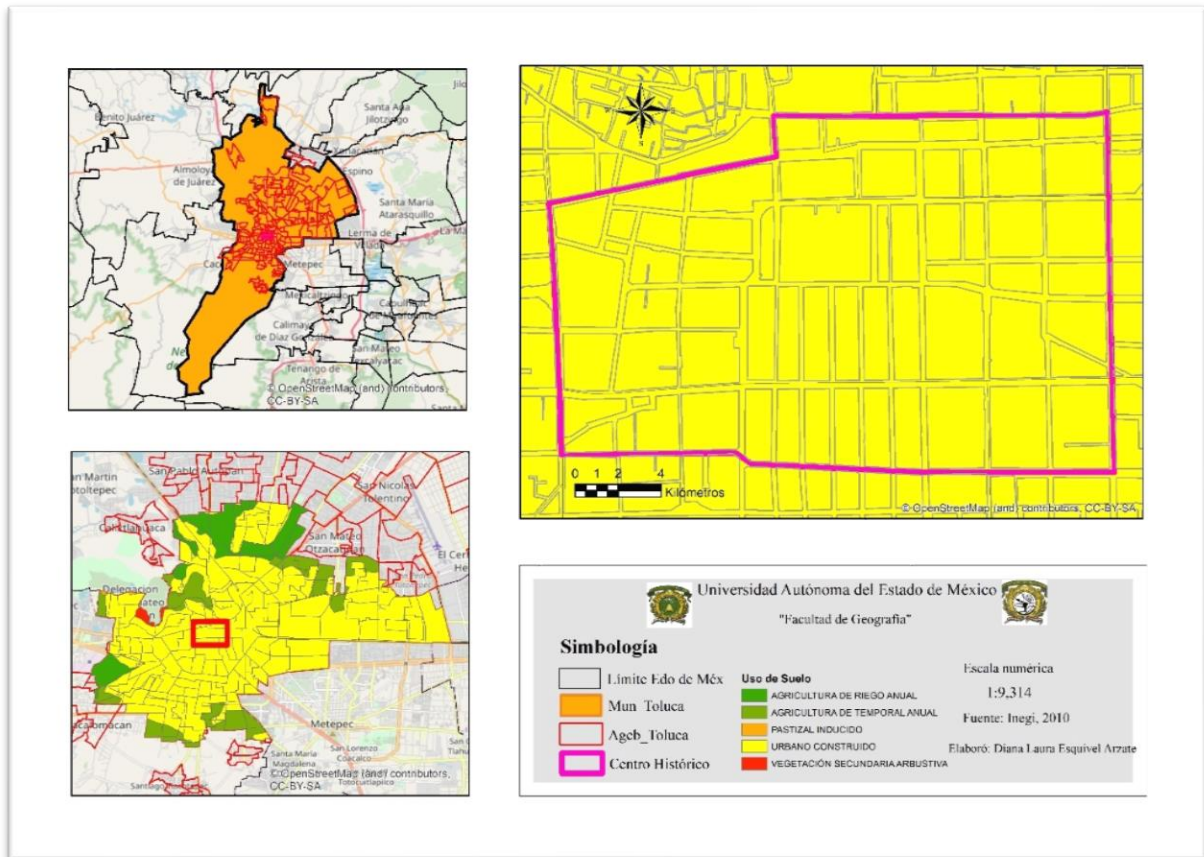


Fuente: Elaboración propia obtenidos de INEGI (2010).

Mapa 1. La delimitación del centro tradicional es un tema de prioridad en las políticas públicas, por la vitalidad del centro de la ciudad, por lo que es atractivo para las políticas urbanas, transporte, catastro, imagen urbana y áreas para formar un negocio, estos factores fomentan la actividad comercial entre los centros y subcentros de la periferia. Todas las políticas urbanas, para revitalizar la centralidad tradicional se evocan en la delimitación espacial del centro, como zona de objeto y estudio (Garrocho & Flores, 2009: 16 - 18). La

delimitación del centro histórico de Toluca es un tema estudiado por diferentes sectores, ya sea el gubernamental, académico e histórico, juegan un papel de importancia en el análisis de la centralidad histórica de Toluca.

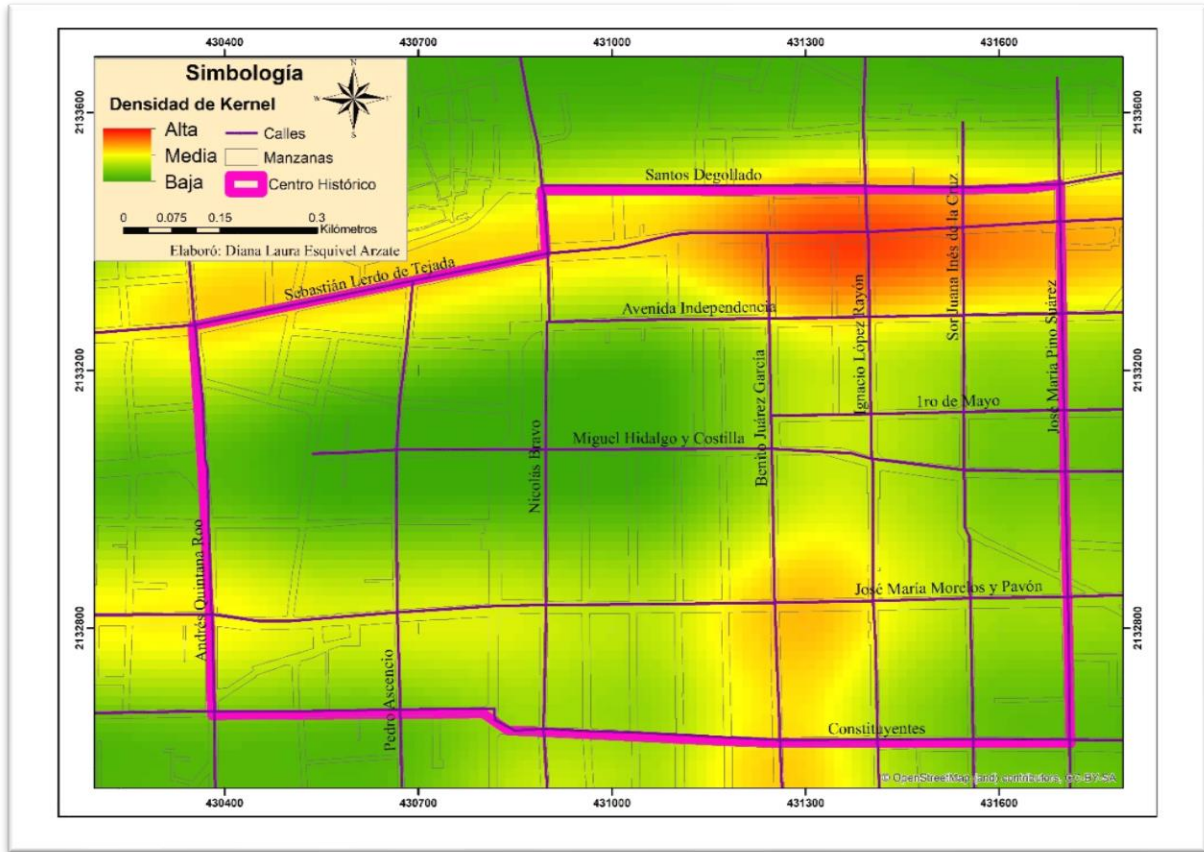
Mapa 2.. Uso de suelo



Fuente: Elaboración propia obtenidos de INEGI (2010).

En la Zona metropolitana de Toluca predomina el uso de suelo urbanizado y no urbano como la agricultura y vegetación, el cual se ubica en el entorno de la Ciudad de Toluca al norte y al sur la superficie de suelo, poco urbanizado. Dentro del límite del Centro Histórico que se observa en el *Mapa 2*, se encuentra totalmente con uso habitacional, por lo que al ser un centro historio, se extienden establecimientos atractivos para la población manteniendo una alta densidad de atracción. Asimismo, hay establecimientos comerciales, pero por los datos que se localizan a nivel manzanas se visualiza como habitacional.

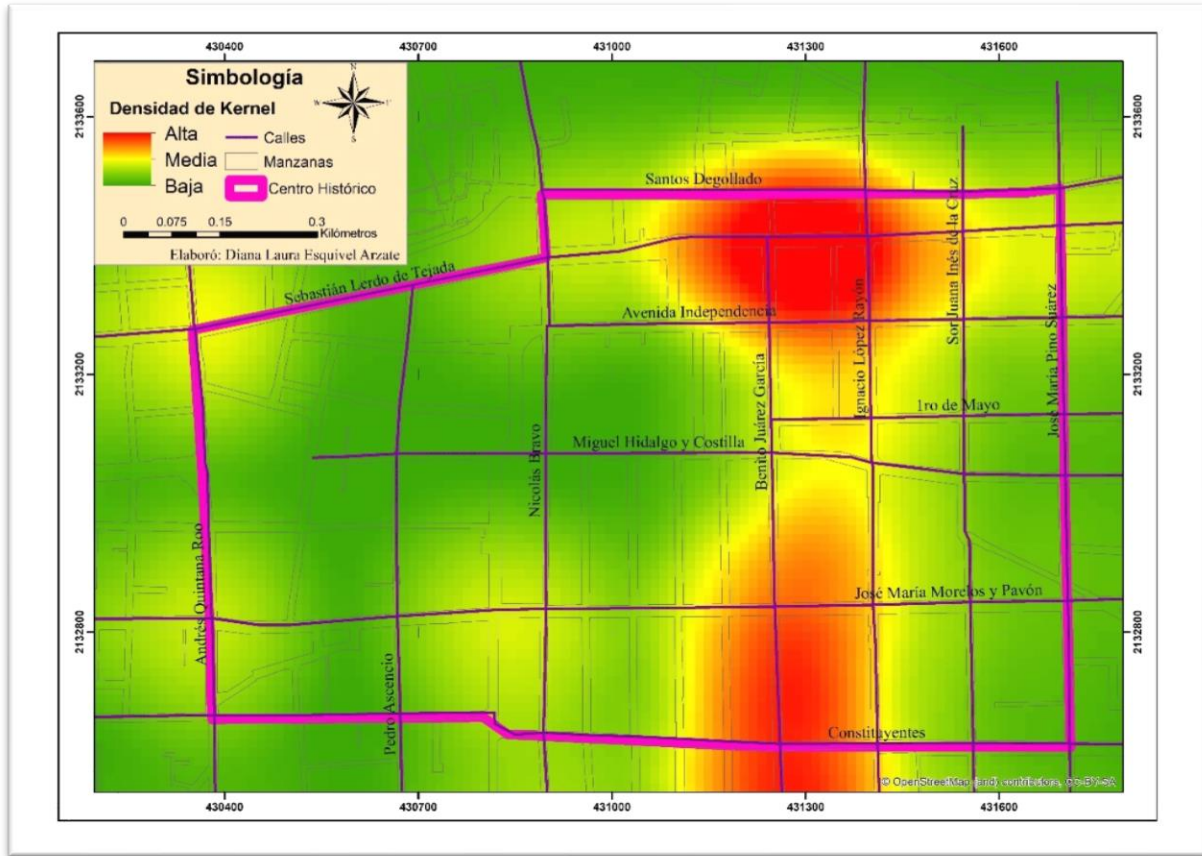
Mapa 3. Rutas de Transporte



Fuente: Elaboración propia.

Este *mapa 3* muestra las principales vialidades donde las rutas de autobús transitan, es decir, en Ignacio López Rayón y José María Pino Suárez. Sebastián se observa una densidad media y lo que es Sebastián Lerdo de Tejada y Avenida Independencia, presenta una alta carga vehicular. Los cuales se concentran en el centro-norte de las vialidades, por lo que puede observarse que las rutas de autobús pasan por los mismos lugares ocasionando que se produzca flujo vehicular por ser vialidades principales que permiten el traslado de un municipio a otro y se infiere que al ser vialidades principales los usuarios de autobús se concentran constantemente. Sin embargo, la densidad de la vialidad, Andrés Quintana Roo, Constituyentes, José María Morelos y Pavón son vialidades que por la distancia del centro histórico no se encuentran tan congestionadas. No obstante, Santos Degollado, Miguel Hidalgo y Costilla, Nicolás Bravo, Benito Juárez García, Sor Juana Inés de la Cruz y Iro de Mayo son calles que no son transitadas y por ende no tienen relevancia.

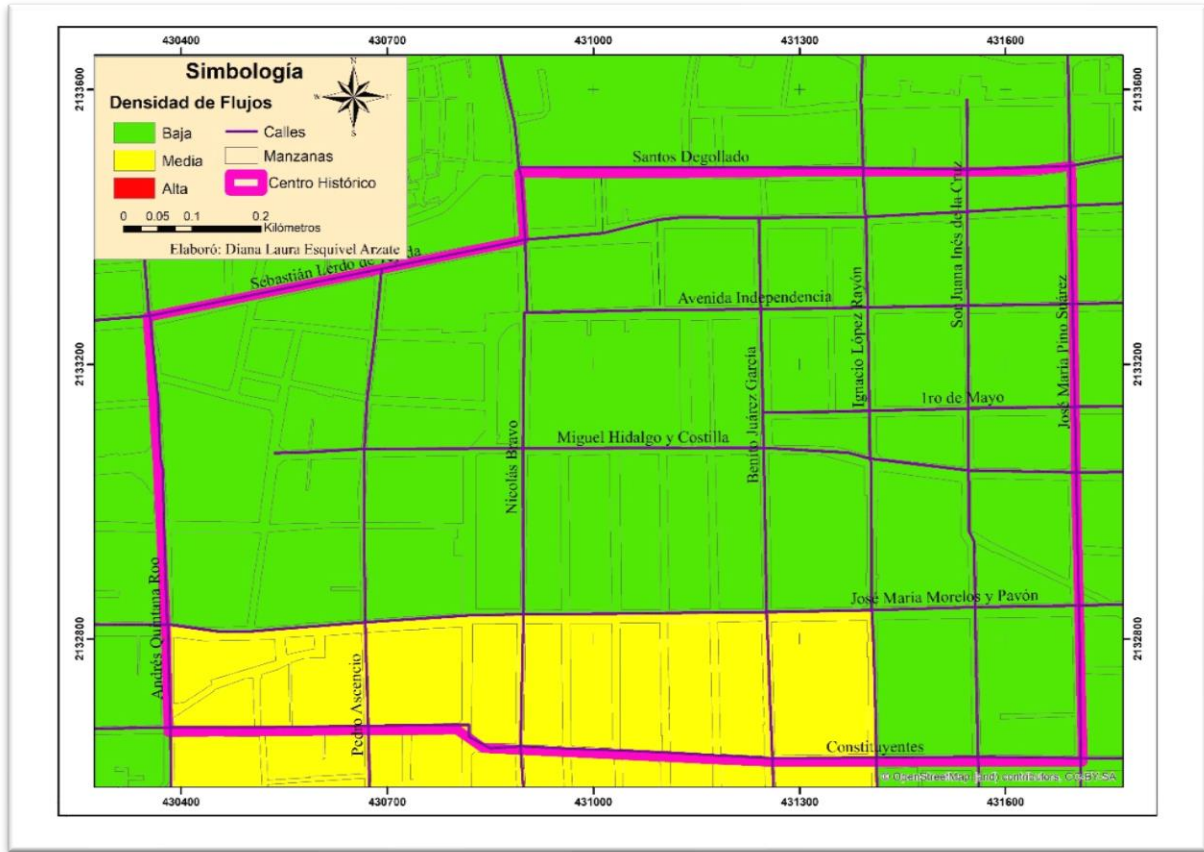
Mapa 4. Paradas de Autobús



Fuente: Elaboración propia.

En el *Mapa 4* se observa una alta densidad de paradas que se generan en Sebastián Lerdo de Tejada, Santos Degollado, Avenida Independencia, Ignacio López Rayón, Benito Juárez García y constituyentes, los cuales cabe mencionar, que muchas de las paradas de autobús que no son oficiales es por la presencia de establecimientos atractivos o bien de instituciones educativas por lo que los conductores tienden a realizar paradas con la finalidad en dichos sitios ya que les ingresos extras sin embargo, la ubicación del centro histórico al contar con diferentes establecimientos conllevan a que las paradas se realicen especialmente en donde hay más demanda de autobuses y accesos a servicios.

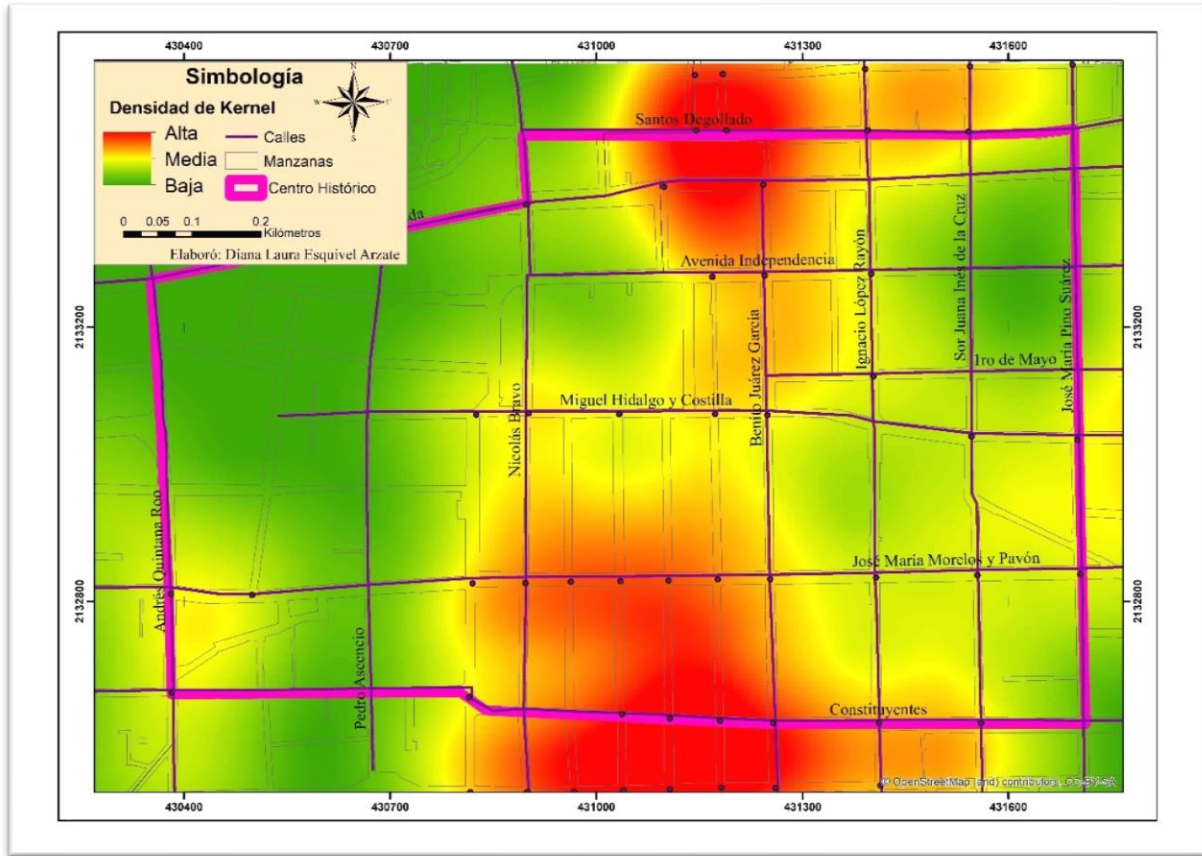
Mapa 5. Flujos destino de la Población



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 5. Representa los flujos de destino de la llegada de personas al Centro Histórico de la Ciudad de Toluca, provenientes de municipios colindantes o bien de localidades cercanas que tienden a acudir por bienes y servicios para satisfacer sus necesidades. Cabe resaltar que la mayoría de las personas que llega al centro proviene de otros lugares y si se hace una relación con el índice de uso de suelo, en su defecto no hay presencia de población. En este sentido se deduce que el destino de llegada de población que se representa en densidad media, de acuerdo con el sentido de las vialidades José María Morelos y Pavón proviene de la zona oriente poniente.

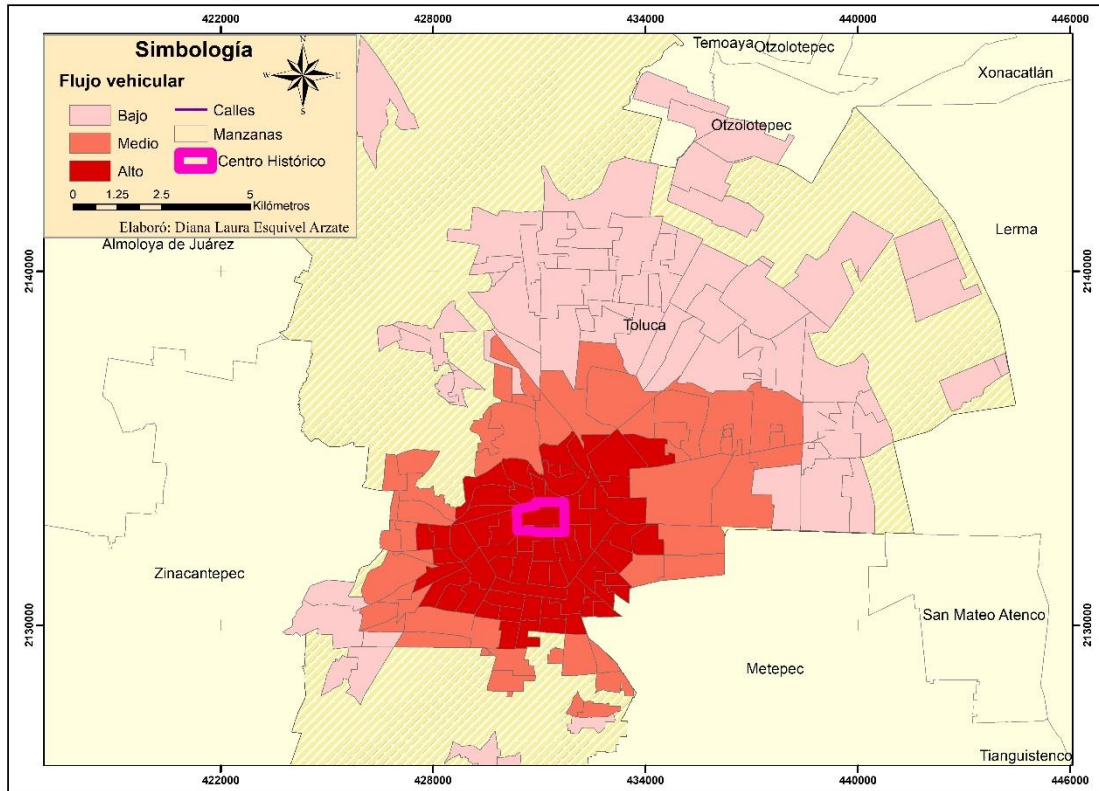
Mapa 6. Semáforos



Fuente: Elaboración propia.

La presencia de constante semáforos como se visualiza en el *Mapa 6* indica que existe una alta densidad de este, principalmente en las avenidas de Sebastián Lerdo de Tejada, Santos Degollado, Independencia, José María Morelos y Pavón y Constituyentes zonas donde hay presencia de instituciones educativas, de cierto modo los índices de semáforos dificultan el desplazamiento de un sitio a otro, sin en cambio, la mayoría de los semáforos que se ubica en las avenidas son consecutivos y permiten que la circulación vial sea continua. Por lo tanto, los semáforos no resultan conflictivos para transitar la zona.

Mapa 7. Flujo vehicular



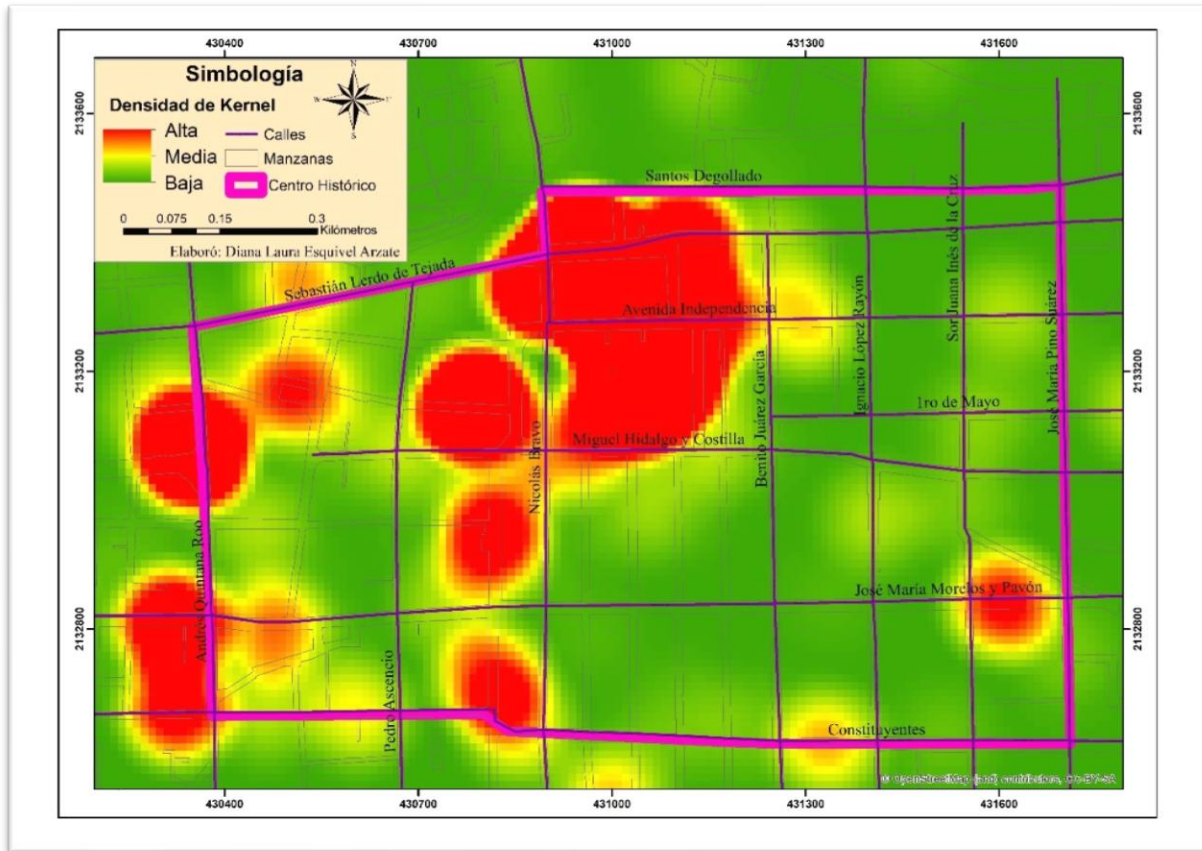
Fuente: Elaboración propia con base a Hinojosa, 2014

Mapa 7. Esta variable está dada en función de: Densidad de intersecciones y Densidad de longitud de los tipos de vialidades. Se observa que la de flujo vehicular es alta por ser una zona donde las personas se desplazarán de su lugar de residencia y forzosamente es necesario cruzar por el centro debido a que se encuentra ubicado con municipios colindantes.



### 3.2 Factores Sociales

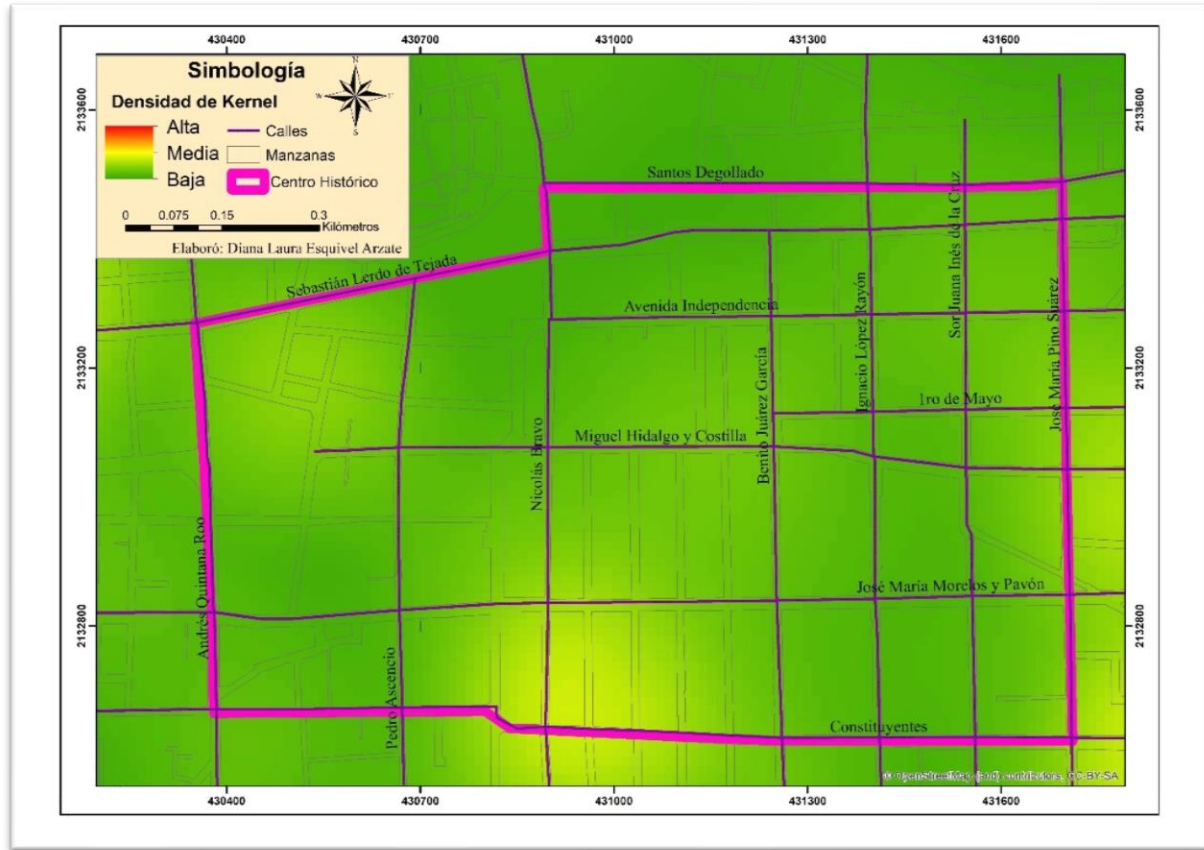
Mapa 8. Servicios Gubernamentales.



Fuente: Elaboración propia obtenidos de INEGI (2010).

Mediante la densidad de kernel se comprueba que con datos puntuales específicos la ubicación de la alta densidad. Por lo que, el contar con varios servicios gubernamentales son un factor de gran relevancia dentro de la congestión, principalmente en Sebastián Lerdo de Tejada donde se localizan los establecimientos, asimismo a las vialidades como Santos Degollado, Independencia, Miguel Hidalgo y Costilla, Nicolás Bravo, Andrés Quintana Roo y José María Morelos y Pavón a pesar de ser pequeñas áreas tienden a ser factor de congestión por el número de visitantes que acude.

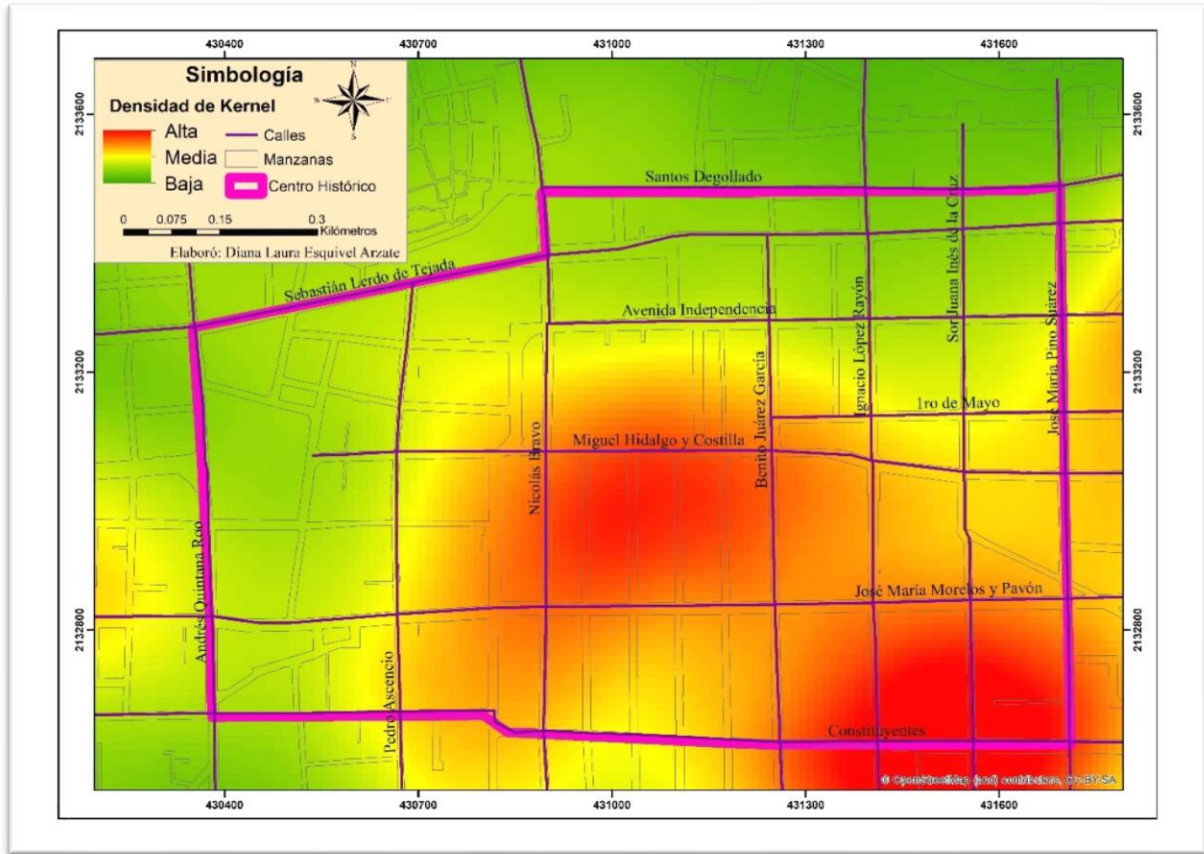
Mapa 9. Servicios de Salud.



Fuente: Elaboración propia obtenidos de INEGI (2010).

Como se puede observar en el Mapa 9, el índice de servicios de salud fue realizado a nivel agéb por lo que no tiene notabilidad relevante en el área de estudio, se pueden notar que no hay servicios de salud, en la zona de Andrés quintana Roo y Nicolás bravo, se observa que los servicios de salud están aledaños al centro histórico por el alto crecimiento habitacional que predomina. Y en este caso este tipo de servicio no es relevante para el estudio.

Mapa 10. Servicios Educativos

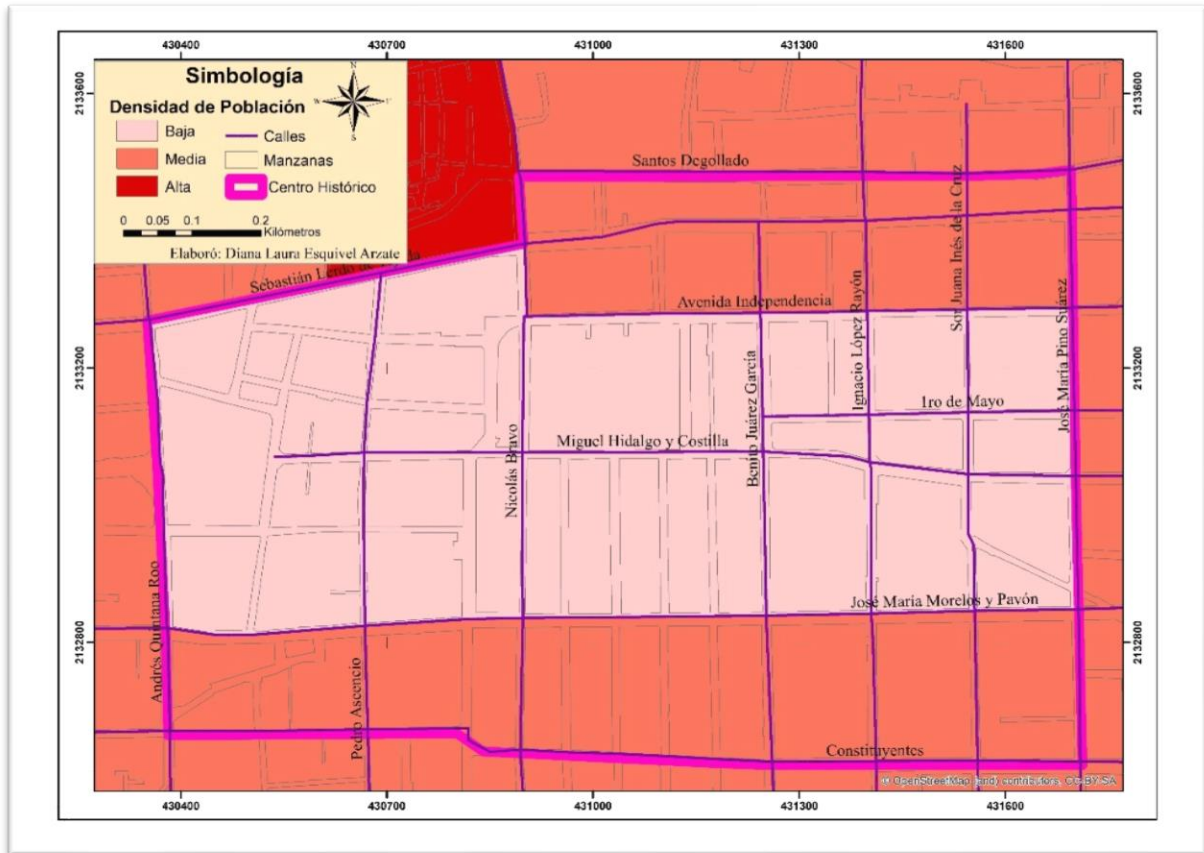


Fuente: Elaboración propia obtenidos de INEGI (2010).

Los servicios educativos que se representan en el mapa 9 se puede notar que hay presencia de instituciones con un alto índice solo en determinadas áreas como Miguel Hidalgo y Constituyentes, por lo que de acuerdo con la ubicación que tienen no tienen incidencia con las vialidades principales donde se transitan. Resulta importante la presencia de escuelas en el análisis ya que las salidas y llegadas diarias a las instituciones entorpecen la accesibilidad de desplazamiento en vialidades cercana al mismo.

### 3.3 Factores Socioeconómicos

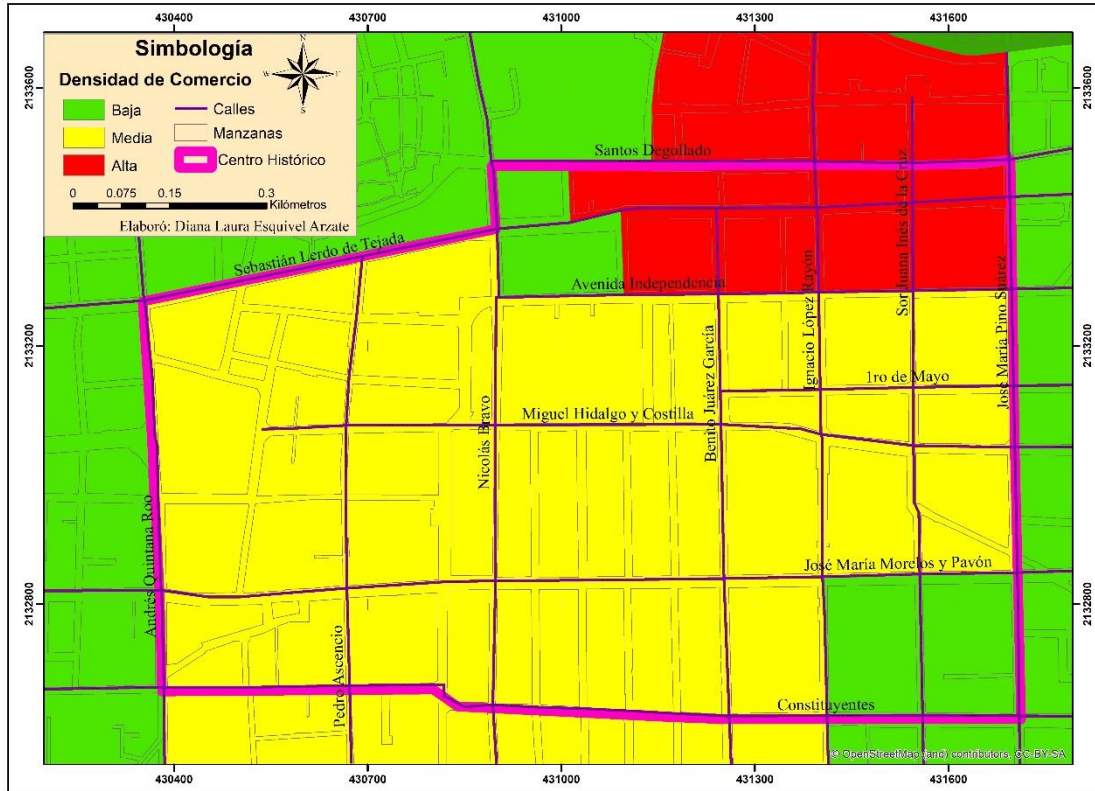
Mapa 11. Densidad de población



F Fuente: Elaboración propia obtenidos de INEGI (2010).

La densidad de población en la Ciudad de Toluca es un importante nodo demográfico debido a los servicios que concentra, con actividades comerciales, servicios de equipamiento y uso de suelo habitacional por comercio, trae consigo una atracción turística, por tal motivo la densidad de población es de densidad baja. Dicha variable tomo como un factor importante por la cantidad de personas que proviene de diferentes lugares.

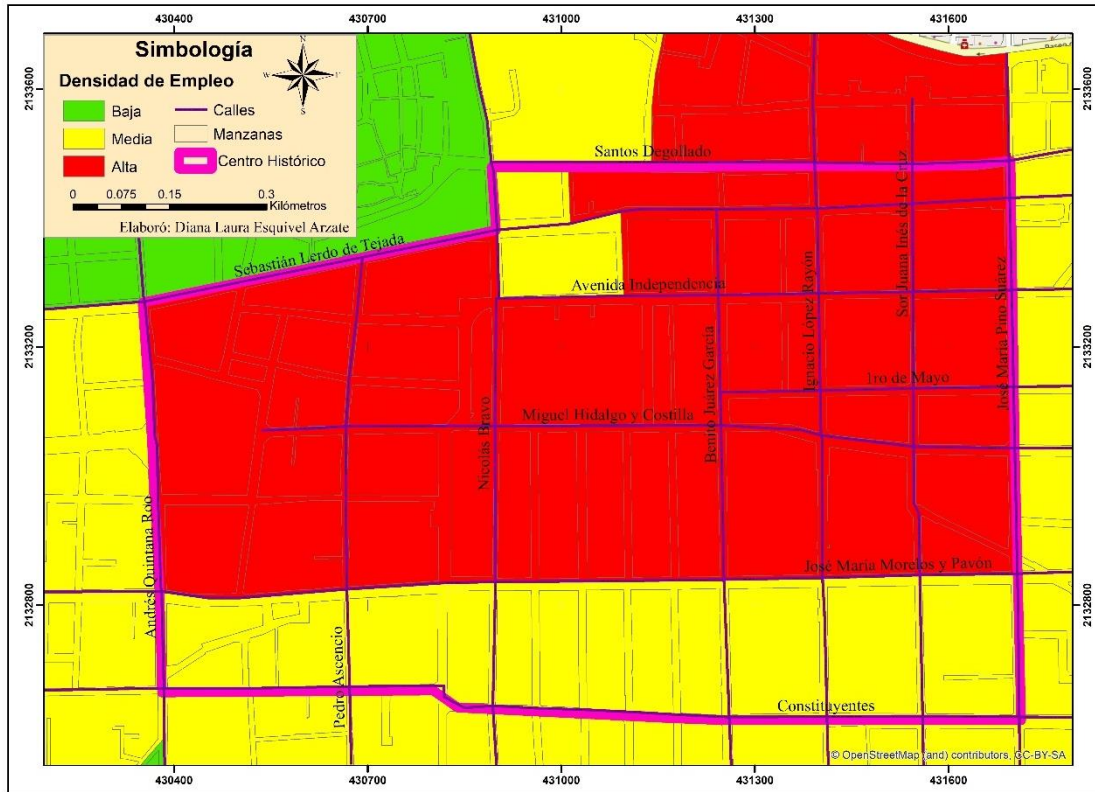
Mapa 12. Densidad de Comercio



Fuente: Elaboración propia obtenidos de INEGI (2010).

El *mapa 12* muestra que la densidad de comercio es media debido a que es el principal uso de suelo está dada en zonas habitacionales con diferentes zonas de equipamiento urbano. Cabe resaltar que el análisis exploratorio de datos espaciales, con respecto al flujo vehicular, resulta evidente que la presencia de zonas de comercio es fuente de atracción al Centro Histórico originando que el número de visitantes sea factor de congestión vial.

Mapa 13. Densidad de empleo



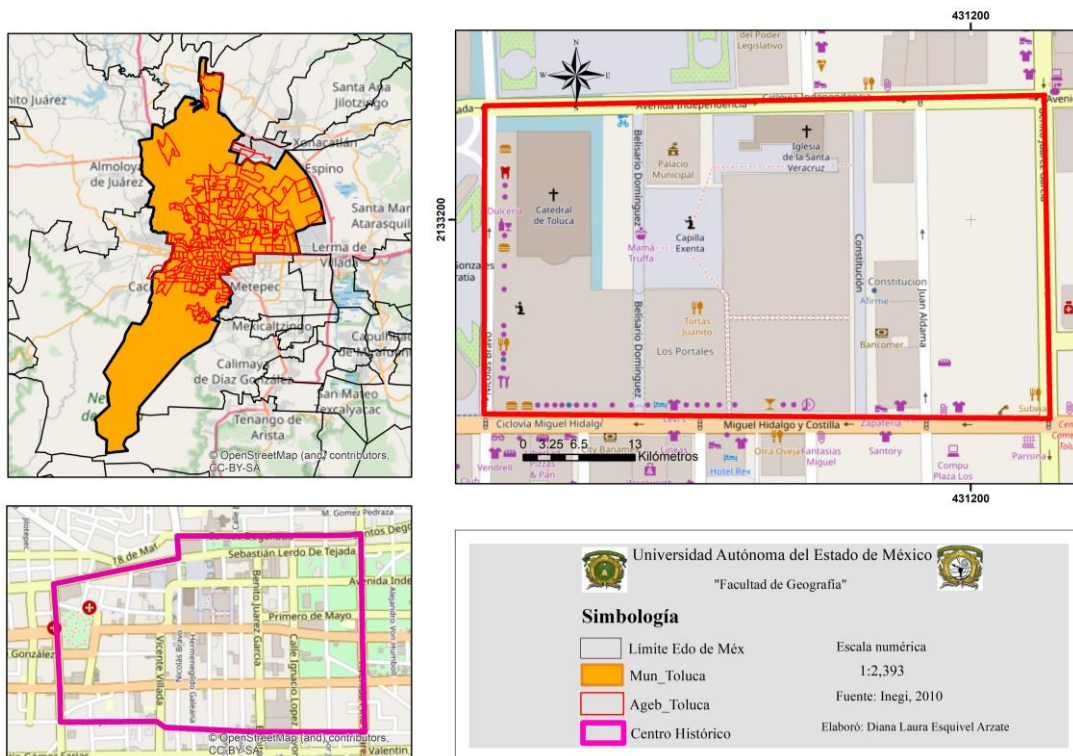
Fuente: Elaboración propia obtenidos de INEGI (2010).

En el *mapa 13*, se hace una aproximación a la densidad de empleo con un alto índice, principalmente en la zona de servicios comerciales y gubernamentales lo que representa que en promedio de las personas que acuden al centro histórico algunos son empleados. Cabe mencionar que los modelos son una aproximación a la realidad.

## Propuesta

De acuerdo con las variables retomadas para el análisis, se afirma que debidos a los factores sociales, socioeconómicos y físicos-espaciales en las principales vialidades del centro histórico existe un congestionamiento vehicular. Por lo tanto, una de las propuestas a realizar es peatonalizar el centro histórico de las vialidades de este a oeste constitución, Nicolás bravo y de norte a sur, independencia e hidalgo debido a que predomina servicios de atracción social. Cabe mencionar que en la propuesta se realizó con la finalidad de tener una mejor movilización en las calles que se observa en el *Mapa 13*. La propuesta se planteó considerando que son vialidad donde no transita la red de transporte público por lo tanto no habría conflicto, sin embargo, hay presencia de dos estacionamientos los cuales se verían afectados porque no habría tránsito de vehículos, esto con la finalidad de pueda reducir la congestión vehicular y que sea una ciudad sustentable principalmente el centro histórico.

Mapa 14. Propuesta de Peadonalización



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de INEGI (2010).



---

## Conclusiones

El trabajo de investigación se centró en los principales factores que propician la congestión vehicular haciendo un análisis espacial con diferentes técnicas que fueron útiles para la realización de dicho estudio con diferentes datos espaciales.

Con base a los resultados obtenidos se concluye que los objetivos del presente trabajo de investigación se cumplieron, debido a que existen diferentes factores que propician el congestionamiento vehicular. Se logró identificar que las zonas de comercio en el Centro Histórico de la Ciudad de Toluca son la principal causa que propicia un alto flujo vehicular.

Se detecta que existen factores indirectos como: servicios gubernamentales, empleo, paradas, los cuales intervienen en la incidencia de conflicto vehicular.

El uso de la herramienta SIG y análisis espacial es potencialmente importante para relacionar los factores físico-espaciales, sociales y socioeconómicos que influyen en el caos vehicular. Además, de usar los SIG para facilitar los procesos de análisis de las problemáticas para proponer estrategias de solución.

La metodología utilizada fue estructurada a partir de una recopilación de varios proyectos aplicados al congestionamiento vehicular y con relación a factores físico-espaciales- socioeconómico y social. Lo cual permitió demostrar que factores influyen en el tránsito vial.

La descripción de la zona de estudio resultó importante debido a que el comportamiento vehicular se encuentra relacionado con factores sociales y socioeconómicos.

La presencia de los centros públicos dentro de la zona de estudio representa variables importantes del comportamiento del tránsito, pues se generan viajes rutinarios vehículos privado y transporte público.





Se identificó que los principales factores que influyen en el congestionamiento vehicular son: el alto índice de servicios educativos, gubernamentales, comercio y empleo por la cantidad de personas que se concentra en el centro con diversas actividades.

Los servicios de salud son un factor poco influyente en el centro histórico de la Ciudad de Toluca porque no existe abundancia de servicios.

Las rutas de transporte que pasan por el mismo punto de intersección entre una calle lo que ocasionan la mala circulación de autos, así como las paradas que se realizan en varios puntos consecutivos.

El número de establecimientos gubernamentales ha provocado que exista un alto índice de congestión debido a que en su mayoría hay presencia de un alto índice de establecimientos.

A partir de este análisis se pudo hacer una propuesta para disminuir el congestionamiento vehicular, evaluando los factores influyentes, como punto principal se pretende peatonalizar el centro para disminuir que todos los autos y autobuses públicos y privados se concentren en el centro.

## Recomendaciones

El presente proyecto plantea recomendaciones para mejorar la movilidad del Centro Histórico de la Ciudad de Toluca considerando diferentes alternativas de solución vertidas en la investigación.

Se espera que este proyecto sea de utilidad para aquellas instituciones encargadas de la red vial y tomadores de decisiones para la implementación de políticas públicas actuales en torno a la movilidad que contribuyan al buen funcionamiento del sistema de transporte público y privado con la finalidad de que los ciudadanos tengan una mejor calidad de vida.

Para mejorar la movilidad urbana, se hizo un análisis de los principales factores que influyen en el flujo vehicular y se identificó aquellas que se relacionan con la presencia de congestión vial que afectan la circulación.



Cabe mencionar que, derivado del estudio, sería de gran importancia que existan paradas específicas para peatones que permita tener una buena organización y funcionamiento de la red vial, asimismo se considera necesario que existan horarios específicos o bien se plantee la reestructuración de las rutas de transporte para evitar la demanda de autobuses en el mismo horario y con la misma ruta, considerando las hora pico donde hay presencia de usuarios que tiende a realizar sus actividades como servicios públicos, privados y educativos por lo que debido a la mala organización muchas veces hay carencia de servicio público.

Finalmente, se puede se plantea que se tome en cuenta la propuesta de peatonalizar el Centro Histórico con el fin de generar una movilidad sustentable, además de tener un mejor acceso a servicios públicos.

De esta manera, los resultados y propuestas vertidos en este estudio tendrían un potencial favorable si se implementaran de manera adecuada generando un proceso de reflexión sobre la movilidad urbana. Por lo tanto, es necesario establecer medidas estratégicas para la mejora de desplazamientos de los ciudadanos que usualmente su punto de conexión es el centro histórico.

Sin embargo, quedaron propuestas que serían de futuros proyectos a largo plazo. Por ello se sugiere desarrollar algunos estudios que no fueron considerados:

- ✓ Concentración de los viajes de trabajo en el tiempo
- ✓ Identificación de las horas picos donde hay más congestión vehicular
- ✓ Deseo de escoger vivir y dónde trabajar
- ✓ Deseo de viajar en vehículos privados
- ✓ Tiempo que se recorre para llegar al área de destino
- ✓ Análisis de que lugares provienen las personas que se desplazan
- ✓ Análisis de la infraestructura vehicular
- ✓ Identificación de cuantas rutas se realizan por la línea de autobús al día
- ✓ Horarios de circulación del transporte público



## Bibliografía

Anselin, L., Syabri, I.; Smirnov, O. (2002). “Visualizing multivariate spatial correlation with dynamically linked window” Regional Economics Application Laboratory, 40-53

Alcántara Vasconcellos, Eduardo, 2010: Análisis de la movilidad urbana: Espacio, medio ambiente y equidad, Colombia. Editorial: Corporación Andina de Fomento (CAF). Disponible en: [http://www.slocat.net/sites/default/files/urban\\_mobility\\_analysis.pdf](http://www.slocat.net/sites/default/files/urban_mobility_analysis.pdf)

Arteaga Botello, Nelson, (2005). “Los estudios sobre la zona metropolitana del valle de Toluca. Aproximaciones estructurales y centradas en los actores”. *Región y Sociedad*, XVII, 33 (71-105). Hermosillo, México: El Colegio de Sonora. ISSN: 0188-7408. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10203303>, consultado el 28 de marzo de 2019.

Bull , Alberto (2003), Congestión de tránsito “El problema y cómo enfrentarlo” Santiago de Chile- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Publicación de las Naciones Unidas, ISBN electrónico 1727-0413

Bazant, J. S. (2010). Expansión urbana incontrolada y paradigmas de la planeación urbana. *Espacio abierto: cuaderno Venezolano de Sociología*, 473-503.

Barrera Bassols, Narciso y Angélica Palma Ruiz, (2010). Geografía. Veracruz, México: Secretaría de Educación de Veracruz. ISBN: 978-970-670-175-6. 200p.

Buzai, G.D. 1999. Geografía Global. Lugar Editorial. Buenos Aires.

Buzai, G. (2010). “Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica: sus cinco conceptos fundamentales”, en: Buzai, Gustavo Daniel (Editor) *Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones*. Universidad Nacional de Luján – GESIG. Luján. 163-195p.



Buzai, G. (2012). Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Evolución teórico-metodológica hacia campos emergentes. *Revista Geográfica de América Central*, 2, 15-67.

Centro Mario Molina, 2014: Estudio del Sistema Integral de Movilidad Sustentable para el Valle de Toluca. Disponible en: <http://centromariomolina.org/wp-content/uploads/2015/01/Documento-de-difusi%C3%B3n-Movilidad-Sustentable-Toluca.pdf>

Chasco, C. (2005). Análisis Exploratorio de Datos Espaciales al Servicio del Geomarketing. Instituto Lawrence R. Klein, Universidad Autónoma de Madrid. Disponible en: <http://www.asepelt.org/ficheros/File/Anales/2003%20-%20Almeria/asepeltPDF/93.PDF>

Cruz García, J (2018). Diagnóstico del transporte público de pasajeros en la ruta Toluca-Metepec línea ATR. Quivera. *Revista de Estudios Territoriales*, vol. 20, núm. 1, 2018

Cárdenas Gutiérrez, E. (2001). Localización de puntos de transferencia para transporte urbano y suburbano. Una alternativa metodológica para el caso de la Zona Urbana Toluca, México. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 8 (1)

Garrocho, Carlos y Zochilt Flores, (2009). “Delimitación del centro tradicional de comercio y servicios de la Zona Metropolitana de Toluca”. *Papeles de población*, 15, 61, (233-274). Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México, Centro de Investigación y Estudios Avanzados de la Población. ISSN: 2448-7147.

Garrocho-Rangel, C., & Campos-Alanís, J. (2010). Organización espacial del sistema bancario dentro de la ciudad: estrategia territorial, accesibilidad y factores de localización. *Economía, Sociedad y Territorio*, X (33), 413-453.



Garrocho, C., & Campos, J. (2007). Dinámica de la estructura policéntrica del empleo terciario en el área metropolitana de Toluca, 1994-2004. *Papeles de Población*, 13 (52), 109-135.

Hernández Sampieri, Roberto; Carlos, Fernández Collado y Pilar, Baptista Lucio, (2006). *Metodología de la investigación*. México, 4ª edición, Editorial Mc Graw Hill. ISBN 970-10-5753-8. 882 p.

INEGI. Censo de Población y Vivienda 2010. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México 2010

INEGI. Anuario estadístico y geográfico de los Estados Unidos Mexicanos 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (2015). México. ISBN 978-607-739-733-5.

Jans B., M. (2017). Movilidad Urbana: En camino a Sistemas de Transporte Colectivo Integrados. *AUS [Arquitectura / Urbanismo / Sustentabilidad]*, (6), 6-11. doi:10.4206/aus.2009.n6-02

Lizárraga, Carmen, 2012: “Expansión Metropolitana y Movilidad: el caso de Caracas, Venezuela”. *Revista Eure*. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0250-71612012000100005](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612012000100005)

Liévanos Díaz, Jocelyn E, (2016). El papel del centro histórico de Toluca como centralidad en la Zona Metropolitana de Toluca desde una perspectiva histórica. Tesis de Maestría en Estudios de la Ciudad. Universidad Autónoma del Estado de México.

Molinero Molinero, Ángel R. y Luis Ignacio, Sánchez Arellano, (1997). *Transporte Público: Planeación, Diseño, Operación y Administración*. México: Quinta del Agua Ediciones. ISBN: 968-835-353-1. 776p.

Moreno Jiménez, Antonio, (1991). Modelización cartográfica de densidades mediante estimadores Kernel. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*, Madrid: UAM. Departamento de Geografía. ISBN: 2014-0037. 155-170p



Montezuma, Ricardo, (2008). La ciudad del tranvía 1880-1920, Bogotá: Universidad el Rosario, Colombia, Disponible en: [https://books.google.com.mx/books?id=6OtoD6lDbzQC&pg=PA55&source=gbs\\_selected\\_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.mx/books?id=6OtoD6lDbzQC&pg=PA55&source=gbs_selected_pages&cad=2#v=onepage&q&f=false)

Mendoza, Edgar S. G. (2009). Ensayos sobre Pensamiento Antropológico (GuatemalaBrasil). Instituto de Investigaciones Históricas, Antropológicas y Arqueológicas (IIHAA), Escuela de Historia, Universidad de San Carlos de Guatemala – USAC-, Vol. I, pp. 9, 10.

Moctezuma, Ricardo, (2003). “Ciudad y transporte. La movilidad urbana”, en Marcello Balbo, Ricardo Jordán y Daniela Simioni (Compiladores): *La Ciudad Inclusiva, 175-192*. Santiago de Chile, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe. ISSN: 1727-0413. 324p.

Olaya, Víctor, (2014). Sistemas de Información Geográfica. Disponible en: [http://www.icog.es/TyT/files/Libro\\_SIG.pdf](http://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf), consultado el 2 de abril de 2019. OMS

Ortega Cantero, Nicolás (1987): Geografía y Cultura. Alianza Editorial. Madrid.

Ramírez B. (2009). “Nuevo paradigma o cambios en la territorialidad de la movilidad: una reflexión teórica” En: Ramírez, B. y Pradilla, E. *Teorías sobre la ciudad en América Latina*. México, D.F.: UAM. Recuperado de: <http://polired.upm.es/index.php/ciur/article/view/260/255>

Seguí Pons, Joana M. y Joana M. Petrus Bey, (1991). Geografía de redes y sistemas de transporte. Madrid, España: Editorial Síntesis. ISBN: 84 7738 107 0. 231p.

Sánchez Hernández, José Luis (1992). “Urbanismo y geografía urbana: dos ciencias distintas, pero complementarias”. Lurralde No. 15: 229-238

Simpson, Brian (2009). Movilidad Urbana: “Moverse por la ciudad”. Publicado por el PSE- Grupo Socialista en el Parlamento Europeo [https://www.socialistsanddemocrats.eu/sites/default/files/2880\\_ES\\_A5\\_urban\\_mobility\\_ES\\_web\\_1.pdf](https://www.socialistsanddemocrats.eu/sites/default/files/2880_ES_A5_urban_mobility_ES_web_1.pdf)



SARMIENTO, C. y CLERC, J. (2016), Guía DOTS para Comunidades Urbanas, CTS EMBARQ México, Segunda edición.

Torres Martínez, Alfredo, (2007). *Reestructuración de la red de transporte público de la zona metropolitana de la Ciudad de Toluca*. Toluca, Tesis de Licenciatura en Planeación Territorial, Universidad Autónoma del Estado de México.

Thomson, Ian y A. Bull (2001), La congestión de tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales, serie Recursos naturales e infraestructura, N° 25 (LC/L.1560-P), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Publicación de las Naciones Unidas, N° de venta: S.01.II.G.105.

Thomson I y Alberto Bull. 2002. La congestión de tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales. CEPAL

Talavera-García, Rubén; Julio Alberto, Soria-Lara y Luis Miguel, Valenzuela-Montes (2014). “La calidad peatonal como método para evaluar entornos de movilidad urbana”. *Documents d’Anàlisi Geogràfica, LX, 1 (161-187)*. España: Universidad Autónoma de Barcelona. ISSN 2014-4512. , vol. 20, núm. 1, 2018