



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO



FACULTAD DE GEOGRAFÍA

## Proyecto terminal

**“Diagnóstico de la oferta y demanda del sistema de transporte público de la Zona metropolitana del Valle de Toluca, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica”**

**Que para obtener el grado de:**

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

**Presenta:**

*L en Pl. T. Roberto Carlos Rojas Ramírez*

**Asesora:**

*Dra. Raquel Hinojosa Reyes*

Toluca, Estado de México

Julio, 2019

Contenido	
Introducción .....	6
Planteamiento del Problema. ....	7
Justificación. ....	9
Objetivo General. ....	11
Objetivos específicos. ....	11
Marco Teórico. ....	12
Estudios previos.....	22
Metodología .....	25
<i>Delimitación de la Zona de Estudio.</i> .....	25
Conclusiones .....	48
Referencias.....	49

Mapa 1. Delimitación de la Zona de Estudio .....	25
Mapa 2. Mapa de calor, concentración de Derroteros ZMVT. ....	34
Mapa 3. Concentración de la Población (Densidad).....	35
Mapa 4. Mapa de Calor. Concentración de espacios académicos. ....	36
Mapa 5. Mapa de Calor, Concentración de actividades económicas.....	37
Mapa 6. Origen-Destino Escuelas.....	39

Ilustración 1. Estadios en el análisis de los sistemas regionales. ....	19
Ilustración 2. Vista general software R. ....	28
Ilustración 3. Código en R .....	29
Ilustración 4. Tabla de frecuencias asisten a la escuela .....	30
Ilustración 5. Tiempo de traslado a la escuela.....	31
Ilustración 6. Modo de transporte utilizado para asistir a la escuela. ....	32
Ilustración 7. Movilidad urbana por trabajo.....	32
Ilustración 8. Tiempo de traslado al trabajo .....	33
Ilustración 9. Modo de traslado al trabajo.....	33

Esquema 1. Ciudades centrales.....	21
Esquema 2. Tendencias de movilidad y desarrollo urbano.....	23
Esquema 3. Sistema integral de transporte público. ....	24
Esquema 4. Metodología. ....	27
Esquema 5. Dinámica con la ZMVM. ....	40
Esquema 7. Dirección de destino Escuelas. ....	42
Esquema 8. Destinos de trabajo .....	43
Esquema 9. Distribución de los Derroteros en la ZMVT. ....	44
Esquema 10. Pirámide de jerarquía de la movilidad urbana.....	47

## Introducción

La Zona Metropolitana del Valle de Toluca (ZMVT) es considerada como una zona metropolitana grande, con base a la clasificación de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la quinta ciudad más grande del país con 2,189, 000 habitantes, con base en información presentada en el Sistema Urbano Nacional (SUN) en su más reciente edición 2018. Forma parte de la megalópolis del centro de México, debido a que mantiene una intensa dinámica económica y laboral con la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), ya que, de acuerdo con datos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), en el año 2012 mencionaba que el flujo diario de vehículos particulares era de aproximadamente 500,000 y 20,000 autobuses, situación que para el 2019 lo más probable es que este rebazada. El presente estudio parte de información de la Encuesta intercensal del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) del año 2015, la cual cuenta con datos de origen y destino, para el caso de desplazamientos con motivo de asistir a la escuela y al trabajo, tiempos de traslado y modo de traslado, además se cuenta con información de los derroteros vigentes. La principal finalidad es realizar un diagnóstico de la situación que experimenta la zona y mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) identificar cual es el patrón de distribución espacial de la problemática.

Toluca es el municipio en el cual se encuentra la ciudad central que funge como a tractora de la mayoría de los servicios, y evidencia la urgencia de replantear la forma en la que se encuentra organizado el sistema de transporte, esto debido a que su población cercana a los 900,000 habitantes en un día puede incrementarse hasta un 50% debido a dicha centralidad, lo que deriva en problemas de congestión vial, exceso de unidades de transporte compitiendo por un pasaje, problemas de contaminación aunados a la zona industrial.

En este sentido se propone la elaboración de un Programa de Impulso a la Movilidad Sustentable (PIMUS), programa de gobierno federal, para llevar a cabo el análisis se parte de información estadística de carácter cualitativo y cuantitativo, así como

de estudios previos existentes, todo bajo el esquema de análisis espacial, empleando los Sistemas de Información Geográfica.

Haciendo evidente que el uso de las herramientas geo tecnológicas, son pieza clave en la actualidad para entender el territorio, la importancia fundamental es para observar la distribución de variables cualitativas y cuantitativas del territorio que ayudan a la toma de decisiones dentro del territorio.

## **Planteamiento del Problema.**

El proceso de urbanización en México prácticamente ha sido ininterrumpido, desde comienzos del siglo pasado, lo cual se ve reflejado en el aumento de ciudades y de cómo éstas se encuentran distribuidas en el territorio, donde se aprecia un claro vínculo entre el crecimiento de las ciudades y el número de habitantes que habita dentro de las mismas. Estos asentamientos humanos, se han caracterizado por crecer sin un orden previo, de una forma lineal, orientado principalmente por las carreteras, lo que incrementa la traza urbana que, en la mayoría de los casos es ineficiente, de igual forma conduce a problemas en la dotación de servicios públicos, como, por ejemplo, servicios de agua potable y saneamiento, energía eléctrica, abasto y recreación, seguridad y transporte, entre otros.

A pesar de la constante creación de nuevos conjuntos urbanos, que de alguna u otra forma cumplen con estas condiciones, no siempre se encuentran cercanos a las ciudades, provocando que el problema de dispersión sea una constante en las ciudades de México, esta ausencia de planeación y el crecimiento de las zonas urbanas implica mayor tiempo de traslado a los lugares de trabajo, o estudio e incentiva el uso del automóvil particular, lo que trae problemas de congestión vial, mayor tiempo invertido en los recorridos, aumento considerable a las emisiones de CO<sup>2</sup> a la atmósfera, esto impacta directamente en la población pues afecta su productividad, salud y calidad de vida.

En este sentido, el tema central de esta investigación es la movilidad urbana, desde el punto de vista del transporte público, ya que se considera como un tema prioritario a atender desde las instancias gubernamentales federales y de gobiernos locales

que, con base en una planeación y coordinación adecuada incentivar la correcta movilidad dentro de las ciudades, implementando sistemas de transporte público masivos, fomentar el uso de medios de transporte sustentable, como la bicicleta, o los viajes a pie; garantizando la seguridad de la población, situación que podría mejorar la calidad de la sociedad.

A pesar de la existencia de diversos estudios, propuestas y proyectos, la realidad es que no se ha podido concretar alguno de estos, dentro de las problemáticas que se identifican, son las mismas en varios casos, a pesar de que el enfoque del estudio es diferente, como es el caso del que presenta el Centro Mario Molina, el cual realiza un diagnóstico de la calidad del transporte, en el, se proponen estrategias y termina con una propuesta de implementación de un sistema integrado de transporte colectivo. Asimismo, coincidimos en que la problemática va desde que las concesiones particulares al transporte público, son desorganizadas, muchas de las empresas con la finalidad de tener ingresos, mandan sus rutas por las vialidades principales, provocando que algunas de estos derroteros tengan unidades al 50% de su capacidad, que manejen a alta velocidad para obtener o ganar el pasaje, no existe un control, ni paradas de autobús claras y establecidas, estas y más condiciones actuales repercuten incluso en la calidad del servicio como lo mencionan (Sánchez-Flores & Romero-Torres, 2010)

“En un mercado, donde las características de desempeño y costo de los modos existentes sean comparables, es más probable que la calidad de servicio sea el criterio considerado por el usuario para elegir en qué desplazarse. Este es un caso bastante recurrente en las ciudades latinoamericanas donde la prestación de servicio está concesionada a empresas privadas, por lo que varias rutas de transporte público tienen en común su recorrido ya que comparten largos tramos de infraestructura. En segunda, los servicios de transporte no están integrados; de ahí que los concesionarios de los servicios (taxis, autobuses y microbuses) establezcan una competencia para atraer el mayor número de usuarios.

El servicio de transporte público en la ciudad de Toluca y zona metropolitana presenta deficiencias estructurales de organización en los niveles estratégico y

táctico, en consecuencia, operativo. En defecto, la política de transporte público urbano y metropolitano es poco clara y pertinente para orientar tanto el crecimiento como la sustentabilidad de la zona urbana y su ámbito metropolitano. Por otro lado, existe una falta de intervención pública para regular la prestación del servicio y para elegir el esquema de regulación que garantice una calidad de servicio aceptable para el conjunto de los actores. La realidad diaria deja en manifiesto las siguientes deficiencias. 1) falta de integración de los servicios entre la zona metropolitana y la zona conurbada; 2) parque vehicular excesivo: alrededor de 2,400 unidades con tasas de ocupación medias inferiores al 50% (SIPAT, 2005); 3) operaciones de ascenso y descenso en lugares no permitidos; 4) prácticas de monopolio en la operación de unidades: bloqueo de calles, doble fila; 5) forma de conducir inadecuada: exceso de velocidad, no se respetan las señales de tránsito y semáforos. (Sánchez-Flores & Romero-Torres, 2010)

Se toma como zona de estudio la ZMVT la cual fue decretada el día 19 de noviembre del 2009 integrada originalmente por 21 municipios, sin embargo, el 25 de noviembre del 2016 se determina que la creación de la Zona Metropolitana de Santiago Tianguistenco por lo que los municipios de Almoloya del Río, Atizapán, Capulhuac, Texcalyacac, Tianguistenco y Xalatlaco dejan de formar parte oficialmente de la ZMVT, quedando finalmente integrada por 16 municipios, en los que se encuentran. Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Oztolotepec, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, Rayón, Temoaya, Tenango del Valle, Toluca, Xonacatlán y Zinacantepec. (Gaceta de Gobierno, 2009 y 2016)

## **Justificación.**

En la actualidad el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ya no es un tema nuevo, pues el acceso a estas herramientas se ha convertido en algo cotidiano para muchas personas, incluso sin ser usuarios de estas, así como de los distintos profesionales de otras áreas, debido a los rápidos avances tecnológicos y la facilidad que estos representan al momento de plasmar gráfica y espacialmente diversos fenómenos geográficos que facilitan la toma de decisiones.

Por tal motivo, se considera que la planeación del territorio no es un tema ajeno a al uso de estas herramientas, al contrario, emplear los SIG como herramienta que ayude a conocer la dinámica de desarrollo de las ciudades actuales.

*“La determinación de las áreas de y de la demanda que el transporte sirve, real o potencialmente, constituye un componente obligado en los estudios destinados a planificarlo o gestionarlo. Un conocimiento riguroso de las mismas por parte de los responsables de la oferta contribuye a que se pueda tanto diagnosticar mejor las situaciones reales, como anticipar las implicaciones probables derivadas de las intervenciones sobre dicha actividad” (Moreno Jiménez y Flores 2003).*

En general, pretendo hacer uso de diversos recursos vistos y aprendidos en la Especialidad, como: crear una base de datos que pueda verse en tiempo real sobre el uso del transporte público, con esto se pretende tener un diagnóstico de la oferta del transporte público y su demanda, con lo que se podría crear información que sea útil para la toma de decisiones sobre la situación actual que tiene la ciudad de Toluca y en específico de la zona de la zona metropolitana, que como menciono en el planteamiento del problema, este problema no es una situación aislada únicamente a la dinámica del municipio.

## **Objetivo General.**

Realizar el diagnóstico de la oferta y demanda del servicio de transporte público actual de la zona metropolitana de la ciudad de Toluca, mediante un Sistema de Información Geográfico, que ayude a la toma de decisiones.

## **Objetivos específicos.**

1. Describir la conformación actual de la oferta y de la demanda de los servicios de transporte público en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca.
2. Análisis de la Situación actual del transporte público de la ZMVT.
3. Propuesta de un modelo de base de datos dinámico que ayude a la toma de decisiones.

## Marco Teórico.

### **Conceptos**

Antes de comenzar se hablará sobre algunos de los principales conceptos, que se abordan en el documento. El primero de ellos es hablar del proceso de urbanización y como ha sido la evolución de la zona metropolitana, El SUN 2012. Define a la ciudad como; una agrupación de personas en un espacio físico continuo, donde históricamente se han manifestado las realidades sociales, económicas y demográficas. El concepto alude principalmente al componente físico-territorial. El perímetro delimita al área urbana. Este concepto es usado y empleado ya de una forma estándar en el mundo y que deriva del crecimiento urbano, el cual también es definido en el SUN 2012 como la expansión de la superficie de la ciudad, es decir del área urbana; así como el aumento de su población.

El crecimiento de una ciudad también representa una transición productiva, pasando del predominio de la actividad agrícola a los sectores secundarios y terciario. Esta es una situación que esta sucediendo a nivel mundial, quizá impulsado por otros factores que no tomaremos en consideración en este momento, pues no es parte del objeto de estudio, pero si es importante mencionar que este cambio en las actividades del ser humano lleva a que el desarrollo urbano deba de ser considerado como una prioridad y se deben de plantear estrategias para tratar de contener el crecimiento o ordenarlo, para así garantizar muchos de los servicios que ofrece una ciudad. Por tal motivo, conoceremos de igual manera el concepto de Desarrollo Urbano definido por el SUN 2012.

El desarrollo urbano, es el proceso de adecuación y ordenamiento a través del ejercicio de la planeación territorial de los aspectos físicos, económicos y ambientales. Alude a una intervención orientada a la transformación no solo cualitativa de las condiciones de vida de la población, la conservación, uso adecuado de los recursos naturales, así como el mejoramiento de la economía.

En otras palabras, este llamado desarrollo urbano, es un crecimiento que surge a partir de la evolución y crecimiento de la población, que busca mejorar sus

condiciones de vida, con base en el desarrollo económico, acceso a los servicios, mejor educación y por supuesto mayor número de empleos u oportunidades.

En México existen conceptos que, si están estandarizados a nivel mundial, para el caso nacional, el SUN aborda el estudio de las diversas conurbaciones que existen en el territorio, con la finalidad de analizar el sistema urbano nacional.

Centro Urbano; se refiere a ciudades con 15 mil o más habitantes, pero que no esta conurbada a otro centro de población, donde conurbación se entiende como; conformación urbana resultado de la continuidad física entre dos o más localidades geoestadísticas o centros urbanos, constituyendo una sola unidad urbana de por lo menos 15 mil habitantes. El SUN también define un rango de población; ya que dichas conurbaciones pueden ser intermunicipales e interestatales cuando su población no sobre pasa los 50 mil habitantes.

Cuando dichos centros de población comienzan a crecer de forma independiente y alcanzan estos tamaños de población, se observa un claro cambio en sus actividades económicas, como se ha mencionado, lo que provoca que la dinámica e interacción entre los centros de población sea diversa, por lo que existe una etapa más en la forma de entender y de agrupar las ciudades, este se conoce como Zona Metropolitana.

La Zona Metropolitana se define como agrupación en una sola unidad de municipios completos que comparten una ciudad central y están altamente interrelacionados funcionalmente. También se consideran a los centros urbanos mayores a un millón de habitantes, aunque no hayan rebasado su límite municipal y a los centros urbanos de las zonas metropolitanas transfronterizas mayores a 250 mil habitantes.

Este concepto de igual forma es algo estándar a nivel mundial, pero en donde se sigue teniendo un consenso entre científicos es en el siguiente nivel, de como se debe determinar a la conurbación de dos o más Zonas Metropolitanas. Esta agrupación parte de la dinámica que tiene la ciudad central, desde la centralización de las actividades económicas y educativas. Así como las condiciones homogéneas

de la ciudad. En este sentido el presente trabajo busca el análisis y descripción de los elementos de la ZMVT en cuestión de movilidad urbana.

Este proceso de urbanización se ha dado en torno a la Ciudad de Toluca, orientado por el incremento en la oferta de vivienda a las periferias de la ciudad, por lo que los municipios que se encuentran a la periferia, son los que han absorbido dicho crecimiento sin considerar la parte de la movilidad urbana y bajo una clara y evidente ausencia de políticas de desarrollo urbano, las cuales están derivando en problemas de tráfico, contaminación, situación que es más alarmante conforme pasan los años, como ejemplo tenemos dos situaciones de impacto regional; a principios del año 2019, un problema con el combustible, provoco que, varias zonas en el país paralizaran sus actividades debido a que las personas y la dependencia del uso de automóvil, no pudieran realizar adecuadamente sus actividades, por otro lado, diferentes condiciones climáticas, incendios y el evidente exceso de automóviles en las ciudades provocaron una contingencia ambiental sin precedentes en la zona centro del país, con elevados contaminantes presentes en el aire, que impidieron que muchas de las actividades cotidianas de la población no se podían llegar a realizar, lo que una vez más, provocó un paro en la actividades de la población. Como lo menciona el Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP) que es un organismo internacional, sin fines de lucro, que desea un mundo de ciudades saludables, atractivas y prósperas, donde se pueda ir a cualquier lugar caminando, en bici o en transporte público sustentable y de alta calidad.

La actual política de vivienda ha fragmentado el espacio urbano, aumentando las distancias y tiempos de traslado y ha puesto en jaque la estructura territorial y ambiental de las ciudades mexicanas, bajo el patrón de desarrollo disperso, de baja densidad y sin usos de suelo mixtos. (ITDT; Centro EURE, 2012)

Esto hizo evidente que la movilidad urbana se tiene que analizar y actuar en pro de la sustentabilidad, a pesar de la existencia de diversos estudios que abordan el tema, no se ha podido concretar ningún proyecto, en torno a atender la problemática.

La movilidad urbana es definida como un “factor determinante tanto para la productividad económica de la ciudad como para la calidad de vida de sus ciudadanos y el acceso a servicios básicos de salud y educación” (Aguirre Quezada, 2017) otro de los conceptos citado por Aguirre, es el siguiente; “la movilidad urbana, entendida como la necesidad o el deseo de los ciudadanos de moverse es, por tanto, un derecho social que es necesario preservar y garantizar de forma igualitaria”. Por su parte la ONU observa el panorama mundial y dice que la movilidad; “Se ha convertido en uno de los asuntos prioritarios a atender y resolver en las agendas gubernamentales, las estrategias que se han llevado a cabo hasta el momento, en la mayoría de los casos, no han logrado crear las condiciones de bienestar y prosperidad para la población en las áreas urbanas” como podemos ver el tema movilidad es un problema global, en el que urge se tomen medidas adecuadas.

Dicha planeación de la movilidad debe de enfocarse en conseguir que las personas pueden acceder fácilmente a una diversidad de bienes y servicios que les permitan una vida digna, la movilidad esta indisolublemente asociada a los usos del suelo. La localización de cada vivienda, infraestructura, equipamiento, instalación y edificación situaciones que son las que generan necesidades de movilidad. (ITDT; Centro EURE, 2012).

Otro de los intentos viene como propuesta desde el gobierno federal, pues exige la elaboración de planes integrales de movilidad sustentable, llamados PIMUS, cuya finalidad es la de generar el financiamiento para la implementación de los llamados BRT (Bus Rapid Trans) o sistemas de transporte rápidos, ejemplos ya usados en ciudades como la CDMX y el metro bus, o en León y su optibus, que se integran a los demás sistemas que conforman la ciudad. (ITDP, 2013)

Como se menciona anteriormente, el presente estudio no parte de algo que no se haya estudiado con anterioridad, pero a diferencia de los ejemplos consultados, se usaran herramientas SIG que ayudaran a visualizar de forma geoespacial las variables utilizadas en el estudio.

El estudio de la geografía dispone de muchos métodos y técnicas que ahora se pueden poner a disposición en especial para los que toman las decisiones, con la finalidad de enfrentar diferentes problemáticas que están sucediendo en la actualidad. La geografía tiene tres enfoques principales o fundamentales los cuales cita (Mateo Rodriguez, 2002) a (Ordoñez, 1991)

- El enfoque ecológico, Centrado en el estudio de las relaciones entre el ser humano y su entorno.
- El enfoque corológico, dando atención especial al estudio de las áreas o espacios que conforman la superficie terrestre.
- El enfoque espacial: que enfatiza los problemas relacionados con la localización y distribución espacial de los fenómenos de la superficie.

Si partimos de estas tres premisas, en la actualidad es muy fácil concentrarlas y procesarlas, además de visualizarlas en un dispositivo con una pantalla, pues todo tiene que ver con los avances en la tecnología. Lo que hace importante analizar desde diferentes puntos de vista sus implicaciones (Mateo Rodriguez, 2002, págs. 4-5) lo menciona como tendencias, pero la realidad ya es esa, en este sentido el menciona las siguientes:

- **Globalización:** el llamado proceso de globalización es en realidad la reorganización del sistema mundial de acumulación en el contexto de la nueva civilización iniciada por las nuevas tecnologías. La globalización conlleva a una pérdida del patrimonio económico, cultural y ambiental.
- **Crisis ambientales:** Existen ya señales de la manifestación de los inicios de una crisis ambiental planetaria, el planeta está perdiendo su capacidad y se está deteriorando. Los mecanismos de generación de catástrofes ambientales a escala planetaria se manifiestan en carácter local y regional.
- **Desarticulación del tejido social:** Crisis que se manifiesta en los ciclos económicos críticos, en la pérdida de la identidad cultural de muchos pueblos y naciones, en fragmentación social creciente, en la crisis de gobernabilidad y de credibilidad política, grandes cantidades de población y naciones orientadas al desamparo colectivo, cuya pobreza parece irreversible.

- **Alteración del orden político y territorial de producción del espacio:** el prevaeciente modelo consumista y economicista, globalizado. El desarraigo de cada sociedad de su espacio geográfico, de su territorio, la relación naturaleza-sociedad, es sustituida por relaciones hombre-maquina, hombre-artefacto, en la que los flujos económicos, informáticos y culturales adolecen de referencia espacial o de la falta de localización.

Como se menciona en la publicación de principios del siglo XXI, las condiciones sociales actuales, ya no son un escenario utópico, la globalización es una realidad en nuestro territorio, en el que se busca adoptar nuevos modelos basados en el consumismo, lo que ha reflejado la realidad de la desarticulación social, la disminución en la calidad de vida, marginación, pobreza, entre otras cosas que dañan a las sociedades, y finalmente, la clara realidad de que el aspecto político se involucra en dar soluciones temporales sin estudios y prospectiva de la situación, han llevado a que la concepción del desarrollo sostenible sea la base de como hacer planeación dentro de las ciudades, no solo de México.

En este sentido, (Mateo Rodriguez, 2002), menciona que se deben de adaptar los mecanismos con la que los gobiernos desde las instancias locales, estatales y nacionales deben de considerar al realizar estudios.

- La concepción del desarrollo sostenible: la idea general sobre el Desarrollo Sostenible que ha ido perfilando, ha estado dirigida a reconocer que los fundamentos ecólogo-ambientales, construirían la base de la sostenibilidad y de todo proceso de toma de decisiones, ello significa, que el desarrollo económico y social debe ser esencialmente ecológico y ambientalmente sostenible.
- Nueva cultura de planificación y Gestión: La misma consiste en un cambio del concepto tradicional de planificación normativa, determinista, tecno-burocrática centralizada, para una noción de Planificación estratégica, a través de una gestión democrática del proceso de planificación.

Es evidente que la forma de hacer ciudad no es la correcta, que han existido personas que se han anticipado al problema, pero no se han tomado las medidas ni

las estrategias adecuadas; se debe de fomentar el crecimiento de las ciudades densas y compactas, con lo que se podrían reducir los tiempos de traslado, evitar el uso de los automóviles, que llevan a problemas ambientales, es por eso que, en la actualidad, la Agenda 2030, promueve a que los gobiernos en el mundo, realicen acciones con una nueva cultura de planeación y gestión, enfocada el desarrollo sustentable, en este libro existen 17 objetivos, a los cuales se podrían enfocar las políticas de desarrollo, como ejemplo al tema, solo mencionare el Objetivo 9, el cual dice; Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación. Esto debido a que Las inversiones en infraestructura (Transporte, riego, energía y tecnología de la información y las comunicaciones) son fundamentales para lograr el desarrollo sostenible y empoderar a las comunidades en numerosos países. desde hace tiempo se reconoce que, para conseguir un incremento de la productividad y de los ingresos y mejoras en los resultados y educativos, se necesitan inversiones en infraestructura. El ritmo de crecimiento y urbanización está generando la necesidad de contar con nuevas inversiones en infraestructuras sostenibles que permitirán a las ciudades ser más resilientes al cambio climático e impulsar el crecimiento económico y la estabilidad social. (ONU, 2016).

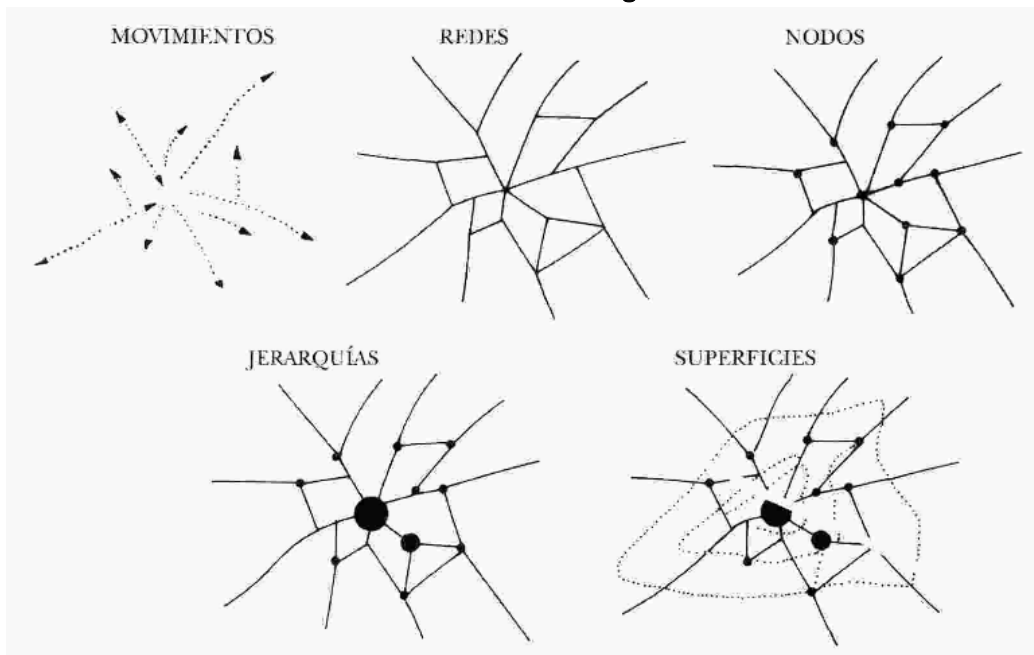
Sin embargo, para poder llevar a cabo estas acciones no basta en solo promover las estrategias, es necesario conocer y comprender como es el territorio, para esto existen diferentes formas de poder analizarlo, (Mahecha, 2003) cita a Gámir, et al., 1995: 91. De un manual sobre análisis espacial:

“En el análisis espacial, los nodos o vértices de la red pueden venir constituidos por los puntos de origen y destino de los intercambios (ciudades, puertos, aeropuertos o centros de zona-denominados centroides si trabajamos a escala urbana, a los que se contribuyen en las características del área que representan) los arcos o aristas se identifican con las rutas, tanto si tienen una estructura física o soporte (Rutas Terrestres) como si no cuentan con ella (Rutas marítimas, aéreas. O referidas a teleflujos), o con los flujos (Pasajeros, mercancías, flujos telemáticos...) que por ellos circulan, cuando se trata de redes valorizadas. En las redes urbanas de

transporte público, como puede ser, por ejemplo, una red de metro, los nodos pueden venir constituidos por las paradas de las líneas de la red (o de forma más simple, por los puntos de origen y destino de estas) y las aristas pueden identificarse con los recorridos de las líneas... los resultados de este tipo de análisis de cara a la planificación permiten potenciar nodos a través de las mejoras en las conexiones de red.”

Asumiendo esto, el presente trabajo de investigación parte de los nodos que se forman en la región que integra la ZMVT, donde es evidente que existen jerarquías constituidas por la interrelación de los lugares por funciones similares, debido al flujo de personas que acuden a satisfacer la necesidad acudir a un espacio educativo y a un centro de trabajo.

Ilustración 1. Estadios en el análisis de los sistemas regionales.



*Fuente: Tomado de (Mahecha, 2003, pág. 46)*

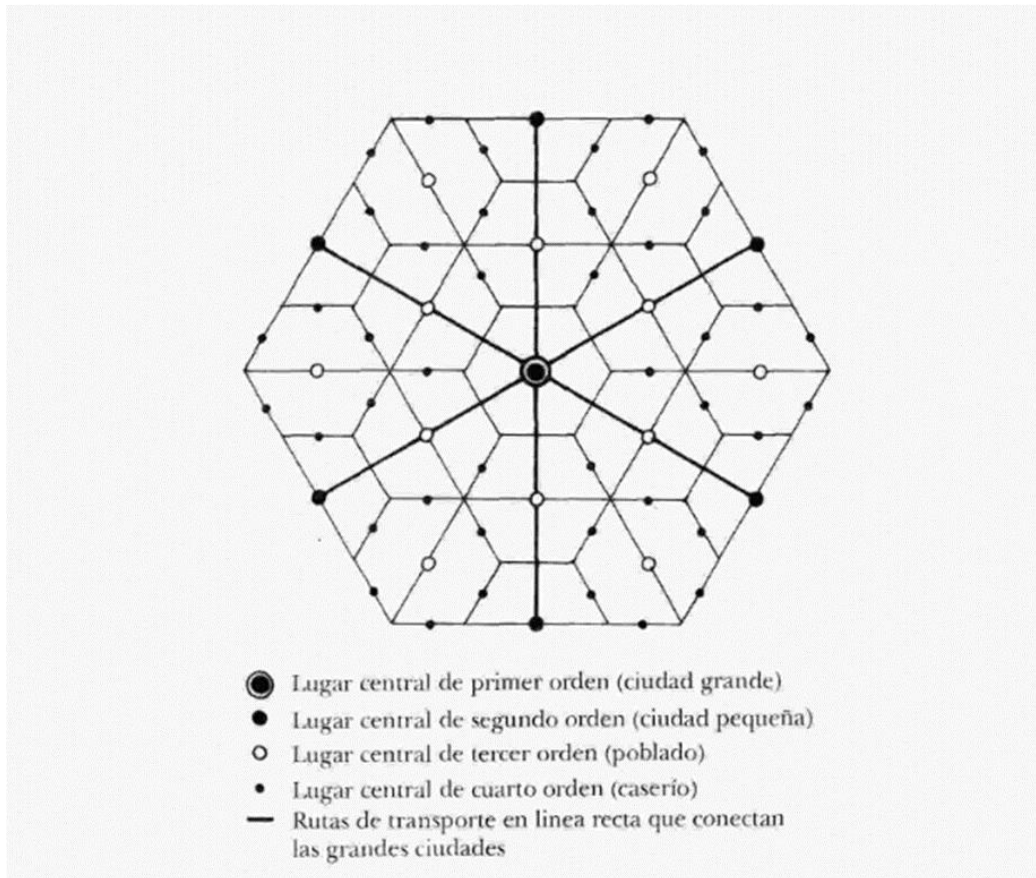
Modelo propuesto por Haggett en 1976. Que consiste en entender a la región nodal como un sistema espacial abierto constituido por movimientos o flujos, redes, nodos, jerarquías y superficies gradientes, representables en un modelo geométrico abstracto, e identificables en la realidad empírica en movimientos de personas, mercancías e información; en redes de carreteras; ciudades de distinto rango y

tamaño como nodos articulados de las redes, con sus respectivas áreas de influencia, citado por (Mahecha, 2003). En referencia a la ilustración 1.

Lo que sirve como referencia para entender como se da localización de las actividades humanas, a esta teoría se le conoce como la “teoría locacional” desarrollada por economistas alemanes. Thünen, Weber y Lösch. Quienes fueron los primeros en utilizar el factor o la variable espacial, la ubicación de un fenómeno en el espacio, lo que dio paso a la teoría de los lugares centrales desarrollada por el geógrafo alemán Walter Christaller. La cual se relaciona con la distribución espacial de la demanda del consumidor y los patrones de ubicación de los servicios, y con la distribución espacial y las funciones de los centros urbanos; lo que ayuda a explicar dos aspectos interrelacionados del desarrollo urbano: (Mahecha, 2003)

- 1) La ubicación de los asentamientos humanos como centros de óptimos de distribución para los servicios y ciertas mercancías.
- 2) La forma en la cual estos servicios y mercancías se distribuyen dentro del sistema espacial de los lugares urbanos.

Esquema 1. Ciudades centrales.



*Fuente: Tomado de (Mahecha, 2003, pág. 62)*

Con tal modelo se pretende comprender como es que la región de la ZMVT tiene un número de consumidores que demandan un bien o un servicio y como es la relación existente entre la oferta y la demanda, para poder vincular a la variable espacial se hace uso del avance de las tecnologías de la información.

### **Herramientas geo-tecnológicas**

Los Sistemas de Información Geográfica, herramientas empleadas cada vez más por diversas instituciones de gobierno, espacios académicos y especialistas de diversas áreas de estudio están empleando estas como parte fundamental y base en sus estudios, que ayudan a comprender y representar fenómenos de la superficie terrestre, Victor Olaya define al SIG de acuerdo con sus componentes que lo integran, los Datos, la visualización y creación cartográfica y el análisis en otras palabras, estos tres elementos son los que van a formar parte del estudio, pues para

que exista un elemento que representar, se necesita de un dato, el cual deberá de estar ligado a información espacial, es decir coordenadas, lo que da paso a que se pueda efectuar un proceso o el uso de algunas de las herramientas integradas en el software, por lo tanto una vez que se representa la información se pueda efectuar un análisis de los datos.

- **Subsistema de Datos:** El cual se va a encargar de las operaciones de entrada y de salida de los datos y la gestión de estos dentro del SIG. Permitiendo de esta manera que los otros subsistemas tener acceso a los datos y realizar funciones en base a ellos.
- **Subsistema de visualización y creación cartográfica:** Crea representaciones a partir de los datos (Mapas, leyendas, etc.), permitiendo así la interacción con ellos. Entre otras, incorpora también funcionalidades de edición.
- **Subsistema de análisis:** Contiene métodos y procesos para el análisis de los datos geográficos.

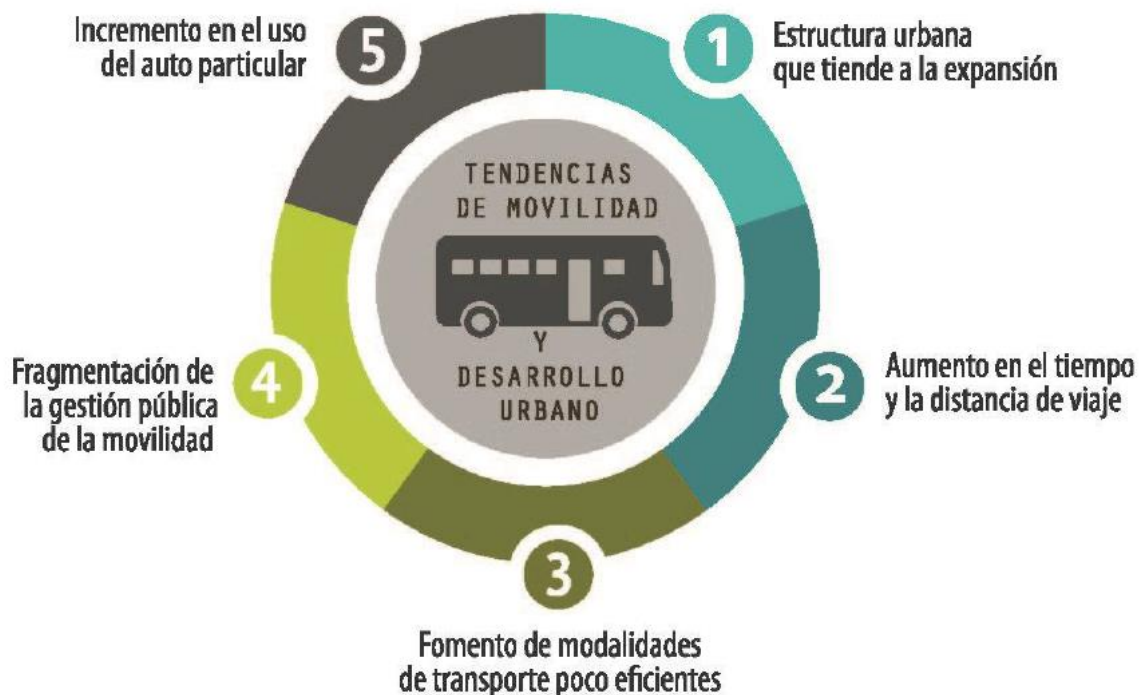
Algunos otros autores en este sentido incluyen, que debe de existir un usuario que va a ser el experto que va a realizar desde la entrada de los datos, su representación, el análisis y finalmente un punto más. El hardware, pues para la entrada de datos muchas veces se hace uso de herramientas, como el GPS, o sensores remotos, además de que para poder representar esta información también se emplea un elemento de salida, como un plotter, por ejemplo.

## **Estudios previos**

En el año del 2014 se llevo a cabo un proyecto sobre la movilidad en la Zona Metropolitana de Toluca, el cual fue liderado por el Centro Mario Molina, con el apoyo de diferentes instituciones de gobierno y de participación social. Dentro del panorama de movilidad, resalta que la superficie urbana creció a un ritmo 8 veces superior al crecimiento poblacional, lo que derivó en la necesidad de realizar más largos, los cuales tienen una duración promedio de 39 minutos, lo que representa que el gasto asciende a más de una cuarta parte su ingreso. Lo que incentiva la

motorización de la ciudad, que en definitiva es la cuestión principal a los problemas de congestionamiento vial y mayores emisiones de contaminantes. El estudio considera a la ciudad de Toluca como policéntrica, el estudio arroja aproximadamente un millón de viajes diarios, donde el 70% tienen como destino la capital del Estado de México. Del total de los usuarios que usa el sistema de transporte el 76% está insatisfecho con el servicio, principalmente por la mala calidad y el deterioro de las unidades 43% tiene más de diez años de servicio. El 7% de los viajes se realiza a pie o en bicicleta. Se habla de la llegada del Tren México-Toluca como oportunidad para comunicar la ZMVT con la ZMVM y propone una serie de estrategias para lograr la movilidad sustentable en la metrópolis de Toluca. La cual responde a cinco tendencias identificadas en términos de movilidad y desarrollo urbano. 1) Estructura urbana que tiende a la expansión, 2) aumento en el tiempo y la distancia del viaje, 3) fomento a las modalidades de transporte poco eficientes, 4) fragmentación de la gestión pública de la movilidad y 5) incremento en el uso del auto particular.

Esquema 2. Tendencias de movilidad y desarrollo urbano.

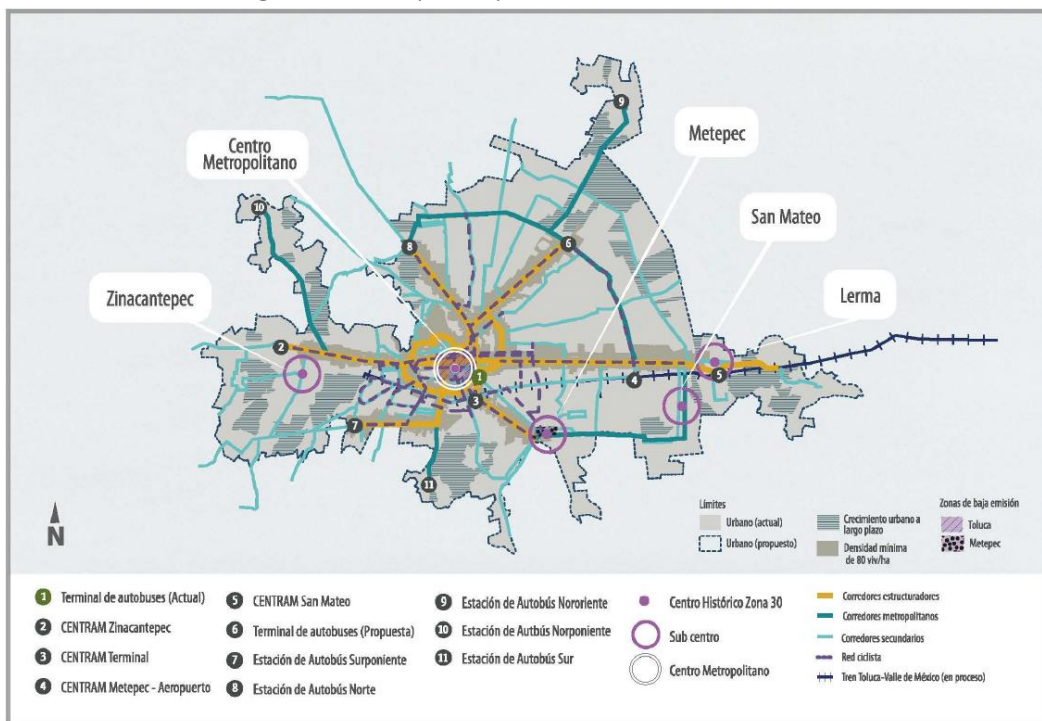


Fuente: Tomado de (Centro Mario Molina, 2014)

Para atender cada una estas tendencias proponen igual número de estrategias en un horizonte de planeación al año 2025. Objetivo 1) Crear una estructura policéntrica a través de la consolidación de subcentros alternativos, 2) Garantizar la accesibilidad, la cobertura, la calidad del servicio y el equilibrio financiero del sistema de transporte, 3) Adoptar y dotar de infraestructura de calidad que priorice los modos colectivos y de bajo impacto ambiental, 4) crear un marco regulatorio e institucional que transforme y regule la movilidad hacia la sustentabilidad apoyado de la participación ciudadana. 5) desincentivar la utilización de los modos privados motorizados como forma primordial de transporte. Con lo que pretende, estabilizar a que el 71% de los usuarios usen como medio de transporte, el transporte público, reducir al 14% el uso de un medio motorizado privado y aumentar al 15% el uso de bicicleta o el número de peatones para el año 2025.

Finalmente, la parte más importante es la propuesta de crear corredores estructuradores de transporte público, corredores metropolitanos y corredores secundarios, bajo un sistema integrado de transporte público.

Esquema 3. Sistema integral de transporte público.



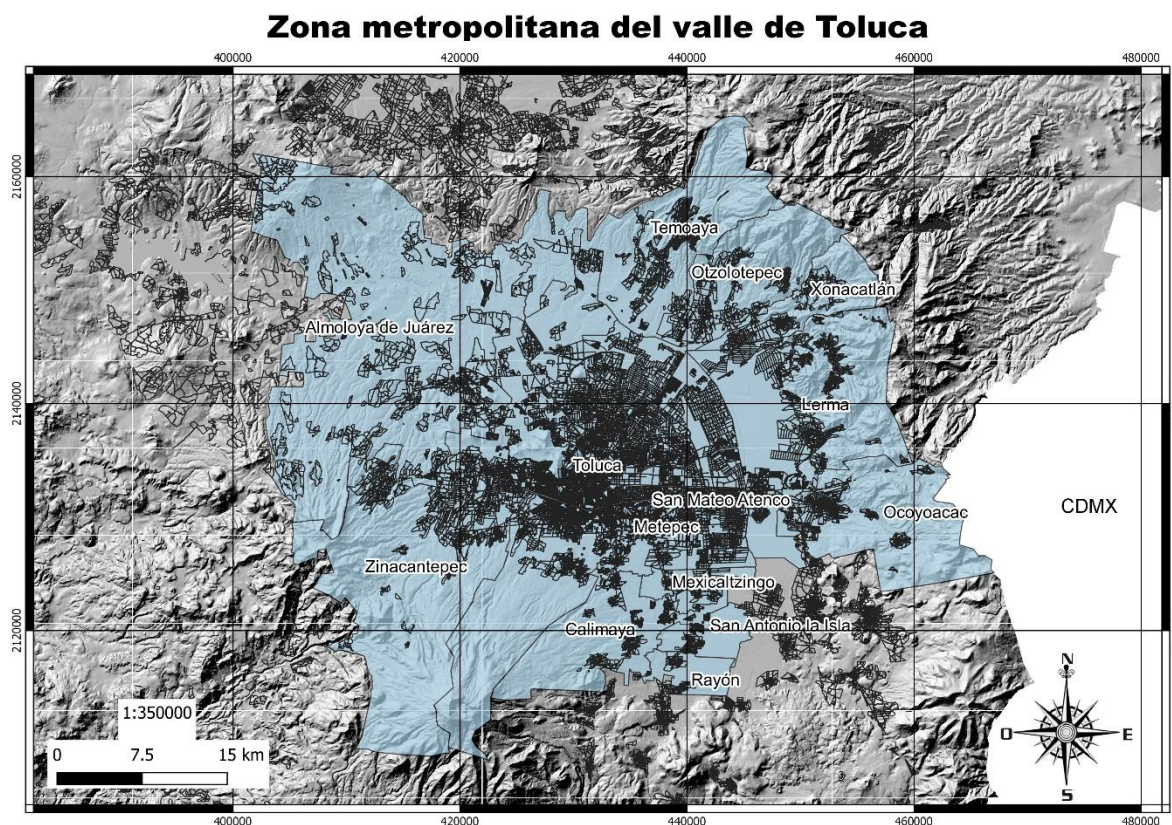
Fuente: Tomado de (Centro Mario Molina, 2014)

## Metodología

### *Delimitación de la Zona de Estudio.*

Se toma como zona de estudio la ZMVT integrada por 16 municipios, en los que se encuentran. Almoloya de Juárez, Calimaya, Chapultepec, Lerma, Metepec, Mexicaltzingo, Ocoyoacac, Otzolotepec, San Antonio la Isla, San Mateo Atenco, Rayón, Temoaya, Tenango del Valle, Toluca, Xonacatlán y Zinacantepec. Con una población aproximada de 2,189,000 millones de habitantes, (SUN 2018). Es una de las 15 zonas metropolitanas con más de 1 millón de habitantes. Por su tamaño de población la convierten en la quinta ciudad más importante del país. Además de la importante dinámica que presenta con la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) y con la Zona Metropolitana de Santiago Tianguistenco (ZMST).

Mapa 1. Delimitación de la Zona de Estudio



*Fuente: Elaboración Propia, con datos del MGM 2018 INEGI*

Actualmente la zona urbana crece a un ritmo de 188 mil habitantes por quinquenio, contra los 776 mil habitantes que creció la ZMVM, dando un resultado de aproximadamente 22.72 millones de habitantes. Factores que ponen en alerta el desarrollo de la ciudad de Toluca. Pues los factores atractores de vivienda y servicios se encuentran en los municipios alrededor de la ciudad.

### ***Método***

La investigación analiza una serie de elementos que convergen en la ZMVT, y cómo es su distribución espacial, por tal motivo se toma como base la metodología propuesta por (Salado García, y otros, 2006) bajo un sistema de indicadores compuesto de componentes que se derivan directamente de lo que ellos llaman atributos de un modelo de movilidad sostenible.

- Patrones de movilidad caracterizados por un bajo número de desplazamientos, especialmente los que se efectúan en la ZMVT enfocados a actividades educativas y de trabajo.
- Sistema de transporte público, el cual debería de ser eficaz y espacialmente equitativo, que favorezca la accesibilidad y la movilidad de la población. Con lo que se va a partir de la capa de derroteros en la ZMVT.
- Un modelo urbano caracterizado por la densidad y mezcla de usos de suelo, que minimice la necesidad de desplazamientos de largo radio y por el bajo impacto ambiental y social de las infraestructuras de transporte.

### **Componente 1: Movilidad observada.**

VARIABLES:

- Desplazamientos transporte público.
- Medio de transporte según motivo.
- Duración de los desplazamientos por motivo.

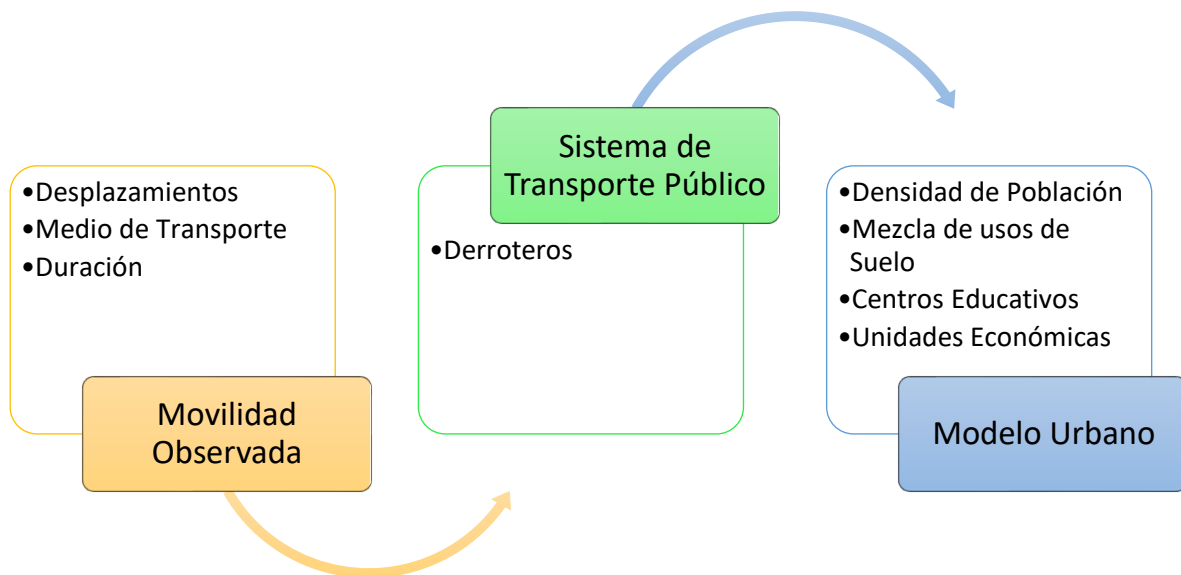
### **Componente 2: Sistema de transporte Público.**

- Distribución espacial. (Derroteros)

### Componente 3: Modelo Urbano.

- Densidad de Población.
- Mezcla de usos de suelo. Se determina la concentración de establecimientos educativos y de actividades económicas únicamente el sector secundario y terciario.
- Impacto de infraestructura: Centros educativos.
- Impacto de infraestructura: Servicios.

Esquema 4. Metodología.



*Fuente: Elaboración propia.*

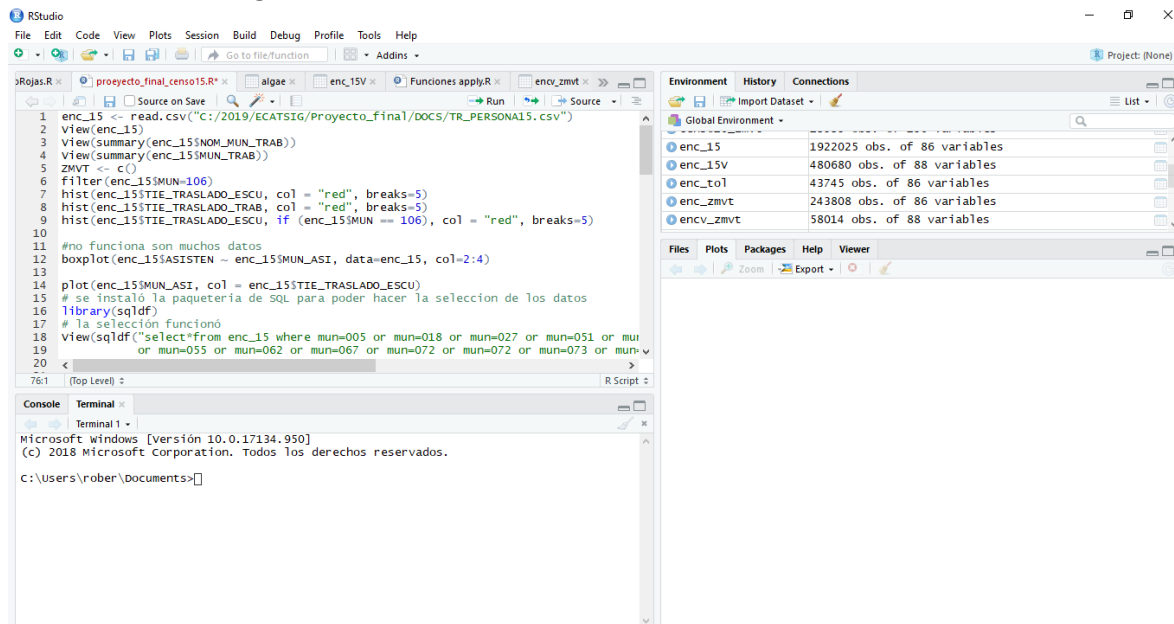
Para llevar a cabo el análisis espacial de las variables cuantitativas se empleó el método de densidad de Kernel, el cual calcula una magnitud por unidad de área a partir de entidades de punto o polilínea mediante una función, que adapta una superficie suavemente estrechada a cada punto o polilínea. (ESRI, 2019) lo cual permitió que mediante la concentración de los puntos de las unidades económicas de espacios académicos y de actividades del sector secundario y del sector terciario, al usar esta herramienta, se obtiene un resultado suavizado, por el proceso kernel, en formato raster; pero que también se interpreta como un mapa de calor

debido a que muestra donde existe la mayor concentración de puntos, asimismo, se aplico el proceso a las líneas de los derroteros existentes.

Para el análisis de las variables y poder extraerlos de la base de datos se utilizo el Software R el cual es definido como un lenguaje y entorno para computación estadística y gráficos, proporciona una amplia variedad de técnicas estadísticas (Modelos lineales, y no lineales, pruebas estadísticas clásicas, análisis de series de tiempo, clasificación, agrupamiento, ...) es altamente extensible, debido a que se pueden acceder a diferentes librerías, que los usuarios pueden incluir a sus entornos de trabajo. (R-project, 2019)

R esta disponible como un software libre bajo los términos de la Free Software Foundation y tiene una Licencia Pública General de GNU, lo que posibilita su uso sin tener que licencia comercial para su uso. En propias palabras de (R-project, 2019). Dentro de la plataforma se escribe un código, como se muestra a continuación:

Ilustración 2. Vista general software R.

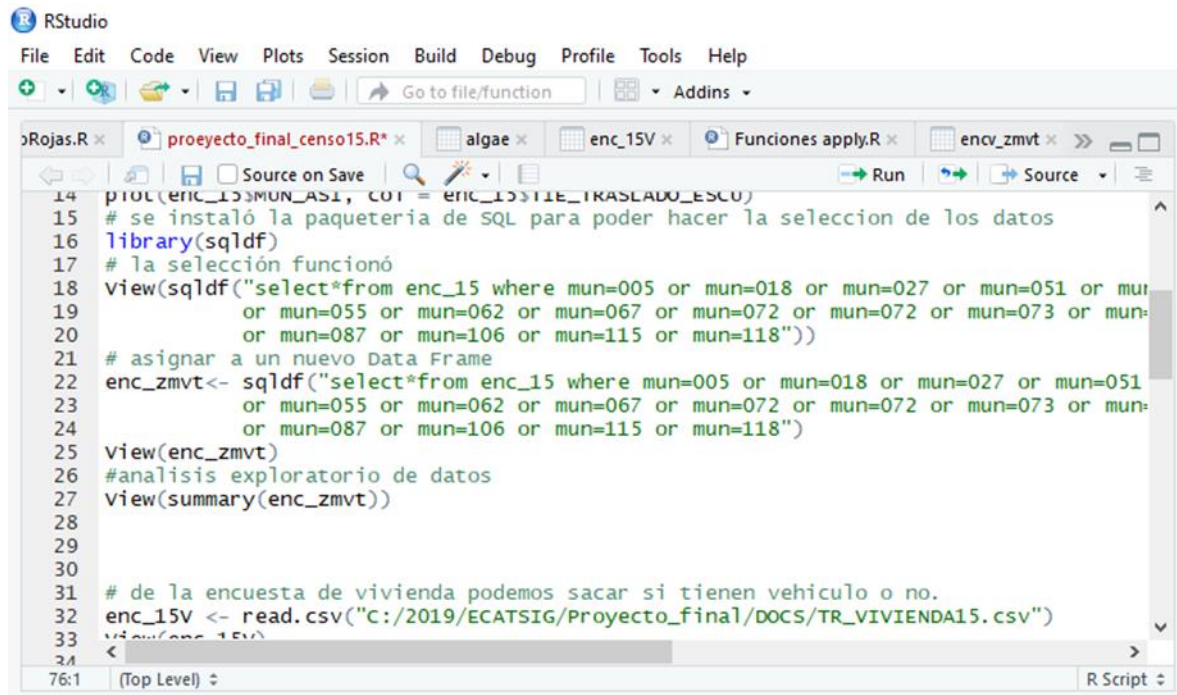


Fuente: Elaboración propia

En este se partió del análisis exploratorio de datos, se decidió usar esta herramienta debido a que la información contenida en la encuesta intercensal de INEGI 2015

contiene cerca de 2 millones de renglones, otros software no son capaces de trabajar con esta cantidad de información y al ser un software de uso libre, facilitó las cosas, una vez que se obtuvo el análisis de los datos, se escribió un nuevo código, para poder extraer a un nuevo Data Frame, únicamente las variables y los renglones, propios a los municipios que integran la ZMVT, objeto de estudio.

Ilustración 3. Código en R



```
14 plot(enc_15$MUN_ASI, col = enc_15$TIE_TRASLADO_ESCU)
15 # se instaló la paquetería de SQL para poder hacer la selección de los datos
16 library(sqldf)
17 # la selección funcionó
18 view(sqldf("select*from enc_15 where mun=005 or mun=018 or mun=027 or mun=051 or mun=
19           or mun=055 or mun=062 or mun=067 or mun=072 or mun=072 or mun=073 or mun=
20           or mun=087 or mun=106 or mun=115 or mun=118"))
21 # asignar a un nuevo Data Frame
22 enc_zmvt<- sqldf("select*from enc_15 where mun=005 or mun=018 or mun=027 or mun=051
23           or mun=055 or mun=062 or mun=067 or mun=072 or mun=072 or mun=073 or mun=
24           or mun=087 or mun=106 or mun=115 or mun=118")
25 view(enc_zmvt)
26 #análisis exploratorio de datos
27 view(summary(enc_zmvt))
28
29
30
31 # de la encuesta de vivienda podemos sacar si tienen vehiculo o no.
32 enc_15V <- read.csv("C:/2019/ECATSIG/Proyecto_final/DOCS/TR_VIVIENDA15.csv")
33 view(enc_15V)
34 <
```

Fuente: Elaboración propia.

Una vez se obtuvo un nuevo Data Frame o base de datos, se agruparon las variables, se incluyeron las coordenadas centrales, y se convirtió la información a formato vectorial en un shape file, lo que permitió entre otras cosas realizar el análisis espacial de la información y crear las llamadas líneas de deseo, que básicamente es una matriz de puntos, con coordenadas XY de inicio y coordenadas XY de destino, al estar agrupados, por una clave, se pudieron agrupar y contar el número de repeticiones que se dio entre un punto. De igual manera, la matriz permitió que se obtuviera una dirección, la cual se ve reflejada en los esquemas 7 y 8.

## Herramientas

Para llevar a cabo el análisis, se usan las siguientes herramientas o software, en el caso de la cartografía, se utilizaron las plataformas de ArcMap 10.5 y Qgis 3.6. para el manejo de la base de datos, se utilizó PostgreSQL y R.

## Datos

### Origen-Destino

Como parte del **componente 1**, se cuenta con la información de la Encuesta Intercensal 2015 del INEGI, la cual tiene datos estadísticos sobre el origen y destino de la población, que proporciona datos para las variables referentes a la movilidad, una vez que se realizó el análisis exploratorio de datos, se creó una base nueva, únicamente con la información de los municipios que integran la ZMVT. Quedando una base de datos cercana a las 300,000 consultas, donde se conserva la información sobre el origen – destino de acuerdo con la actividad, esta puede ser si asiste a la escuela o si va a trabajar, se desagrega la información en cuanto tiempo dedica al traslado y cuál es su modo de transporte.

En el siguiente caso y como se puede apreciar en la ilustración 4. De los municipios que más personas asisten a la escuela es el municipio de Toluca, seguido de Metepec, en tercer lugar, Temoaya y por último Almoloya de Juárez.

Ilustración 4. Tabla de frecuencias asisten a la escuela

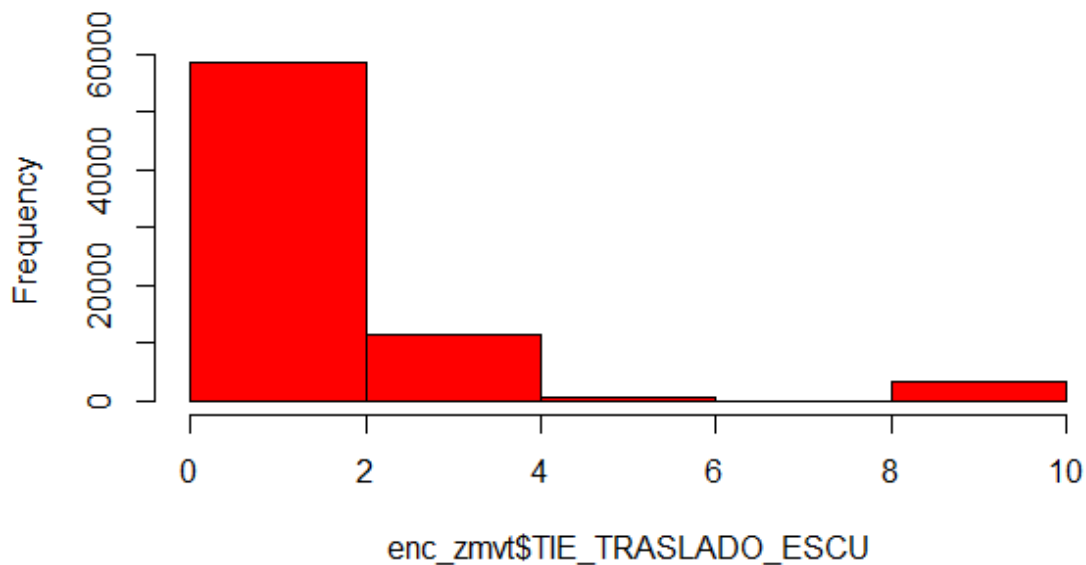
Var2	Freq
NOM_MUN_ASI	.170070
NOM_MUN_ASI	Toluca : 18964
NOM_MUN_ASI	Metepec : 6453
NOM_MUN_ASI	Temoaya : 5942
NOM_MUN_ASI	Almoloya de Juárez: 4842

Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Intercensal 2015 INEGI.

### Tiempo de traslado

La segunda de las variables a analizar es la del tiempo de traslado, en este caso, el periodo de tiempo que predomina es el que está entre los 0-30 minutos seguido de 31 minutos hasta una hora de viaje, desde su lugar de origen a dónde estudia.

Ilustración 5. Tiempo de traslado a la escuela.

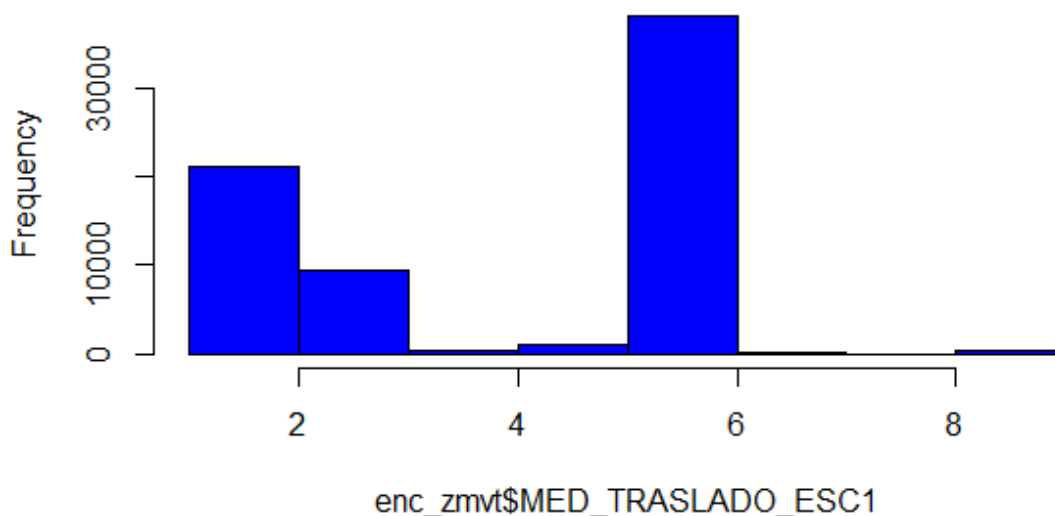


Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Intercensal 2015 INEGI.

### Modo de transporte

Para la tercera variable, el *modo de transporte* existe una diversidad de datos, sin embargo, la categoría dos, se omite, pues hace alusión a medios de transporte que no existen en la ZMVT. En la que resalta que la población estudiantil, se mueve en su mayoría caminando desde su hogar a su escuela, en segundo grado, el uso de un sistema de transporte colectivo, camión, taxi, colectivo o combi, en menor grado, la población que usa automóvil o vehículo privado.

**Ilustración 6.** Modo de transporte utilizado para asistir a la escuela.



*Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Intercensal 2015 INEGI.*

*Población que se desplaza por motivo de trabajo*

La población que se desplaza por motivos de trabajo, el municipio de Toluca es el que cuenta con mayor número de habitantes realizando alguna actividad económica remunerada, seguido de Metepec y finalmente Lerma, como se observa en la ilustración 4.

**Ilustración 7.** Movilidad urbana por trabajo.

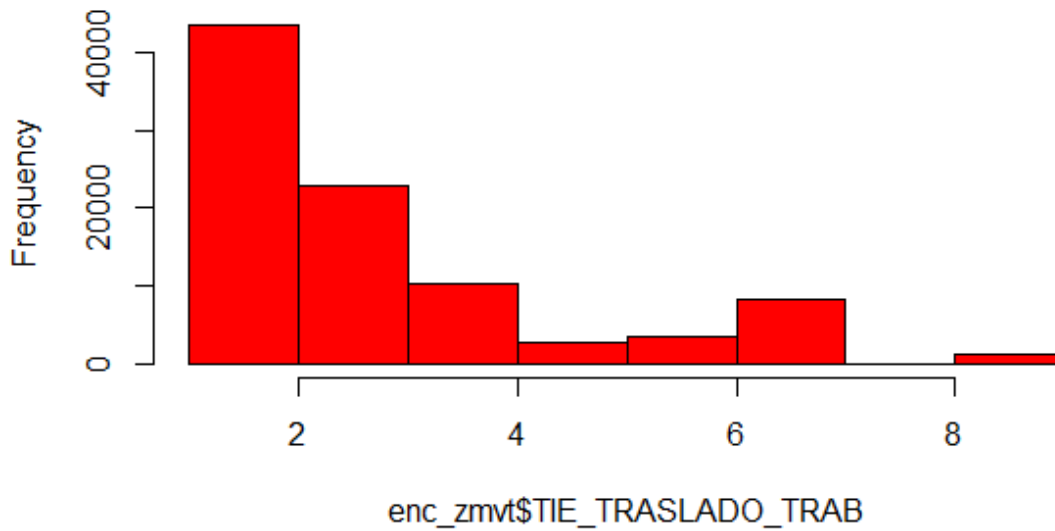
NOM_MUN_TRAB	Toluca : 33416
NOM_MUN_TRAB	Metepec : 7743
NOM_MUN_TRAB	Lerma : 7540

*Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Intercensal 2015 INEGI.*

*Tiempo de traslado de la población que se desplaza por motivo de trabajo*

En este sentido, el tiempo de traslado tiende a ser más variado, comparado con el de la escuela, principalmente la población invierte de 0 a 30 minutos en desplazarse, en segundo lugar, la población que tarda aproximadamente 1 hora en llegar a su lugar de trabajo.

Ilustración 8. Tiempo de traslado al trabajo

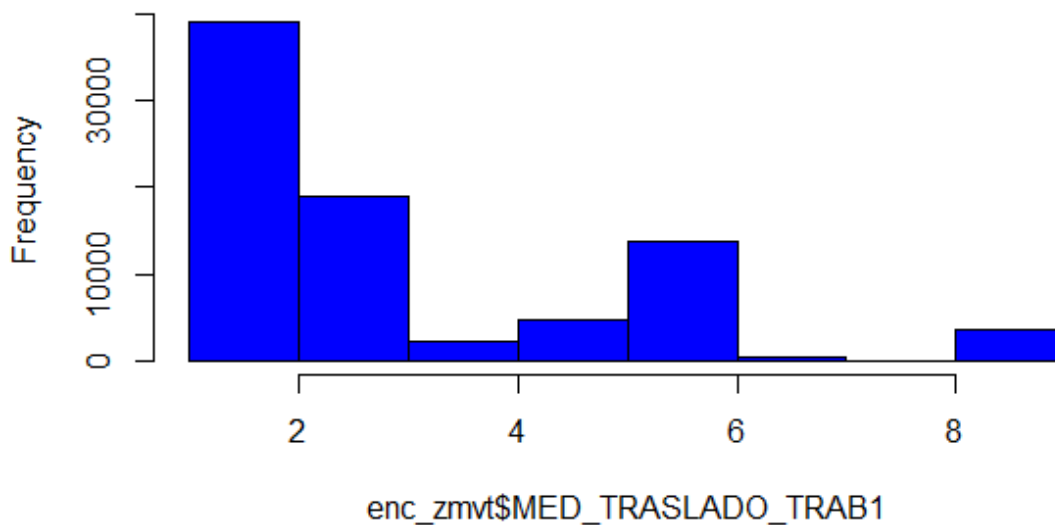


Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Intercensal 2015 INEGI.

*Modo de traslado de la población que se desplaza por motivo de trabajo*

En el ámbito del modo de transporte más utilizado para llegar a su destino, es el de: algún modo de transporte público sea camión, taxi o colectivo, en segundo lugar, también está el transporte masivo, como el metro y finalmente un gran número de personas, usa el automóvil, ver ilustración 9.

Ilustración 9. Modo de traslado al trabajo

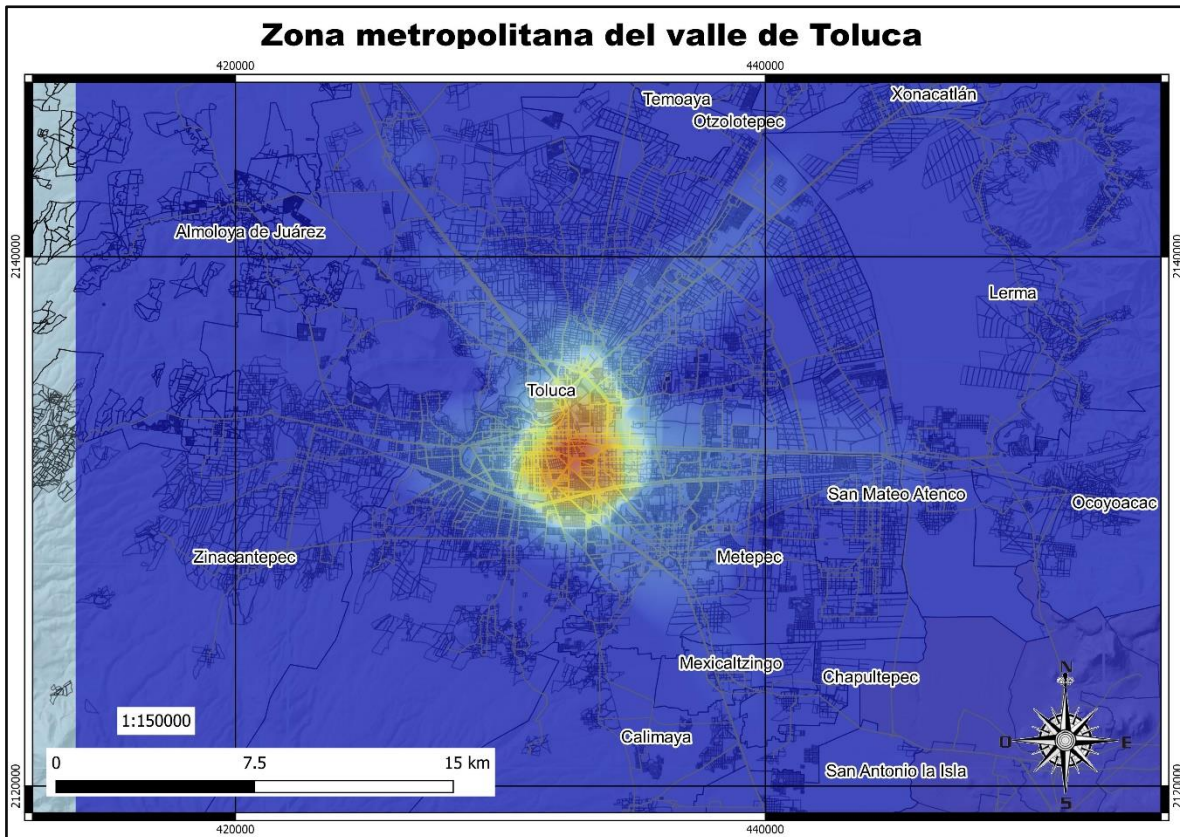


Fuente: Elaboración propia con datos de la Encuesta Intercensal 2015 INEGI.

### Rutas de transporte público ZMVT

Con base en la metodología **componente 2**. Sistema de transporte Público, en este sentido se va a representar la información correspondiente a 276 derroteros que tienen relación directa dentro de la ZMVT, algunas de estas líneas son foráneas, y representa la información existente sobre el sistema de transporte. La fuente de estos datos es derivada de una solicitud de información a la Secretaría de Comunicaciones y Transporte del Estado de México, actualizadas al año 2018.

Mapa 2. Mapa de calor, concentración de Derroteros ZMVT.



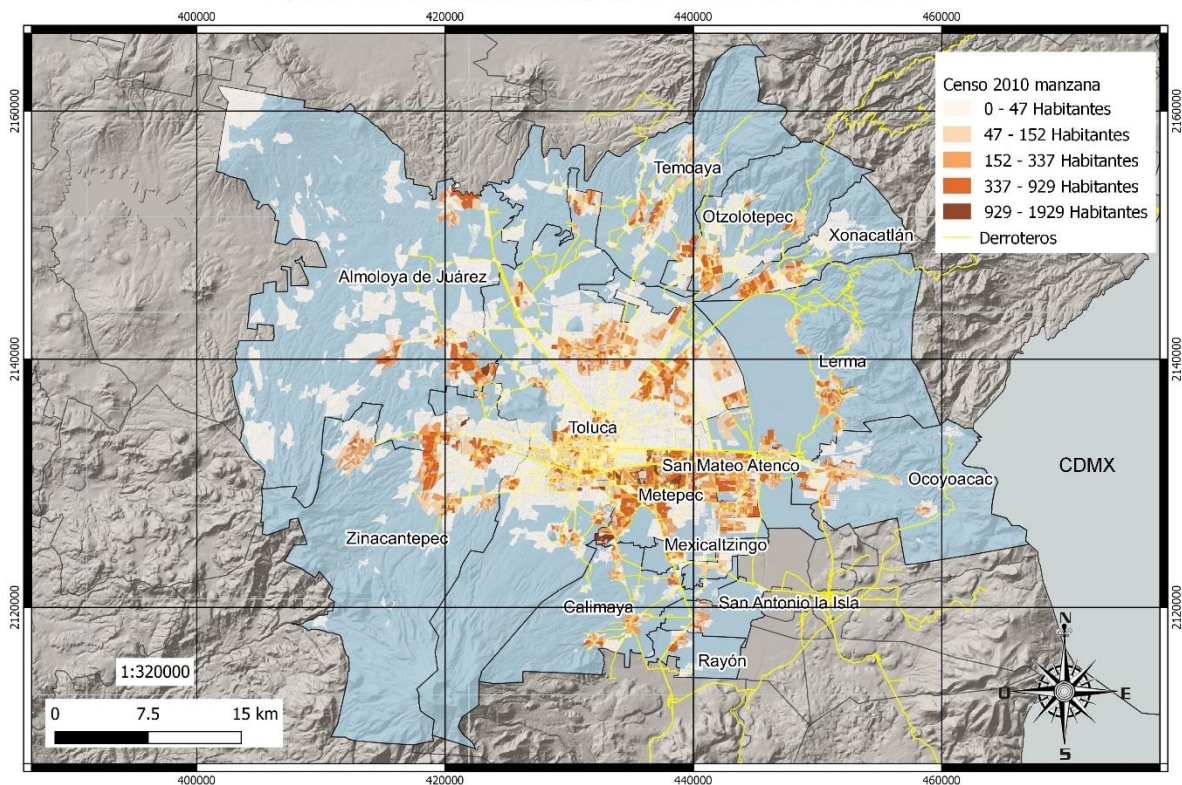
Fuente: Elaboración propia con información de la SCT del Estado de México.

El mapa representa en un punto de calor, el lugar dónde más derroteros convergen, como se puede apreciar en el mapa, esta zona es la terminal e Isidro Fabela, lugar en el cual convergen aproximadamente 76 líneas con diferente origen, son líneas, urbanas, suburbanas y foráneas.

### *Población de la ZMVT*

Para el **componente 3**, referente al Modelo Urbano, se tomó información del marco geoestadístico municipal del año 2018 INEGI, en el que se obtuvo la información a nivel manzana de la ZMVT a la cual se integro la información estadística a nivel manzana, producto del Censo de Población y Vivienda del año 2010, además, se descargo la base de datos de la Densidad Nacional de Unidades Económicas (DNUE) con la información del Censo económico del INEGI, para obtener únicamente los datos de los establecimientos del sector secundario y del sector terciario, así como, la información de las unidades escolares, del nivel medio y superior, ver mapa 3.

Mapa 3. Concentración de la Población (Densidad)  
**Zona metropolitana del valle de Toluca**



*Fuente: Elaboración propia con información del MGM y Censo de población y vivienda INEGI 2010.*

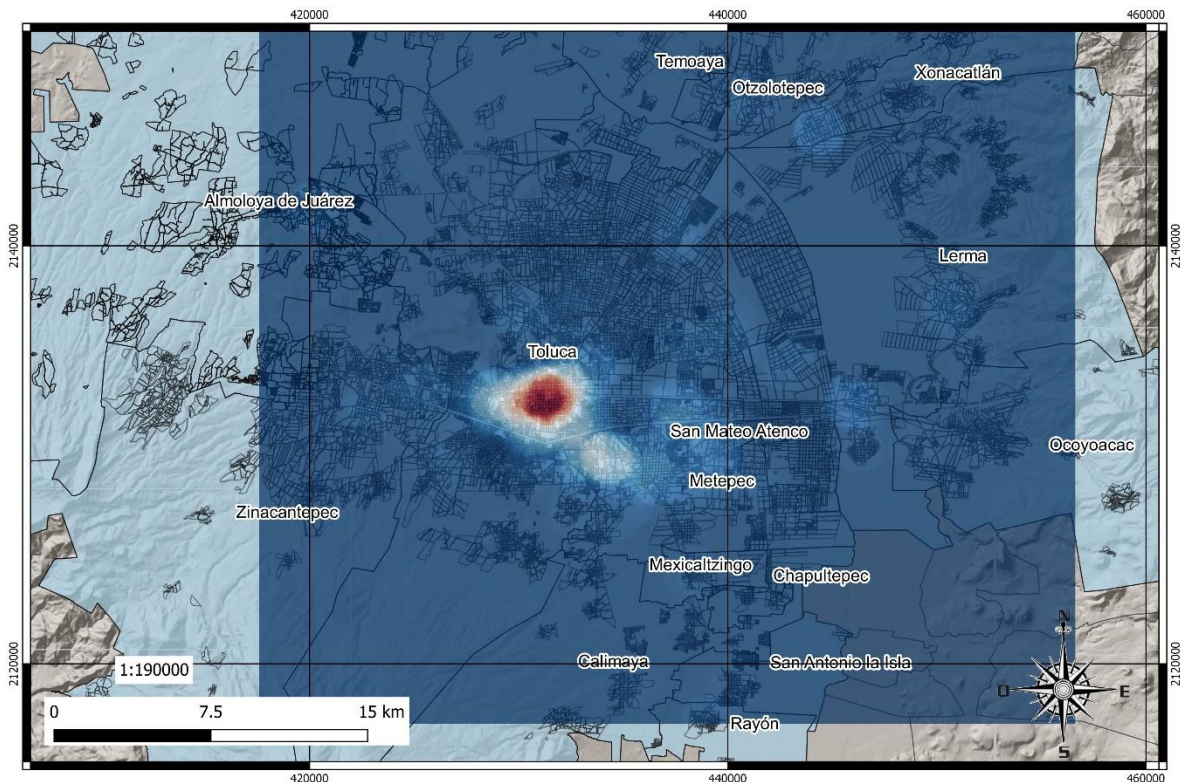
EL proceso de urbanización y la oferta de vivienda se comenzaron a dar alrededor de la ciudad, en este sentido, se observa que la mayor densidad de habitantes se encuentra en el municipio de Metepec y San Mateo Atenco.

### *Concentración de servicios de espacios académicos*

Para la variable de espacios académicos, se utilizaron datos del DNUE, en el que se seleccionaron únicamente las escuelas de nivel medio y superior, pues la encuesta intercensal, solo fue aplicada a mayores de 18 años, por lo que estos son los que proporcionaron información acerca de sus desplazamientos, en este sentido en el mapa 4, se observa una concentración de este tipo de servicio principalmente en la localidad de Toluca, en menor medida en el municipio de Metepec, para obtener el mapa de calor se empleó el método de kernel, en el que con base a la concentración de los establecimientos se obtiene el mapa de densidad a partir de la capa de puntos.

Mapa 4. Mapa de Calor. Concentración de espacios académicos.

### **Zona metropolitana del valle de Toluca pob 18-24**



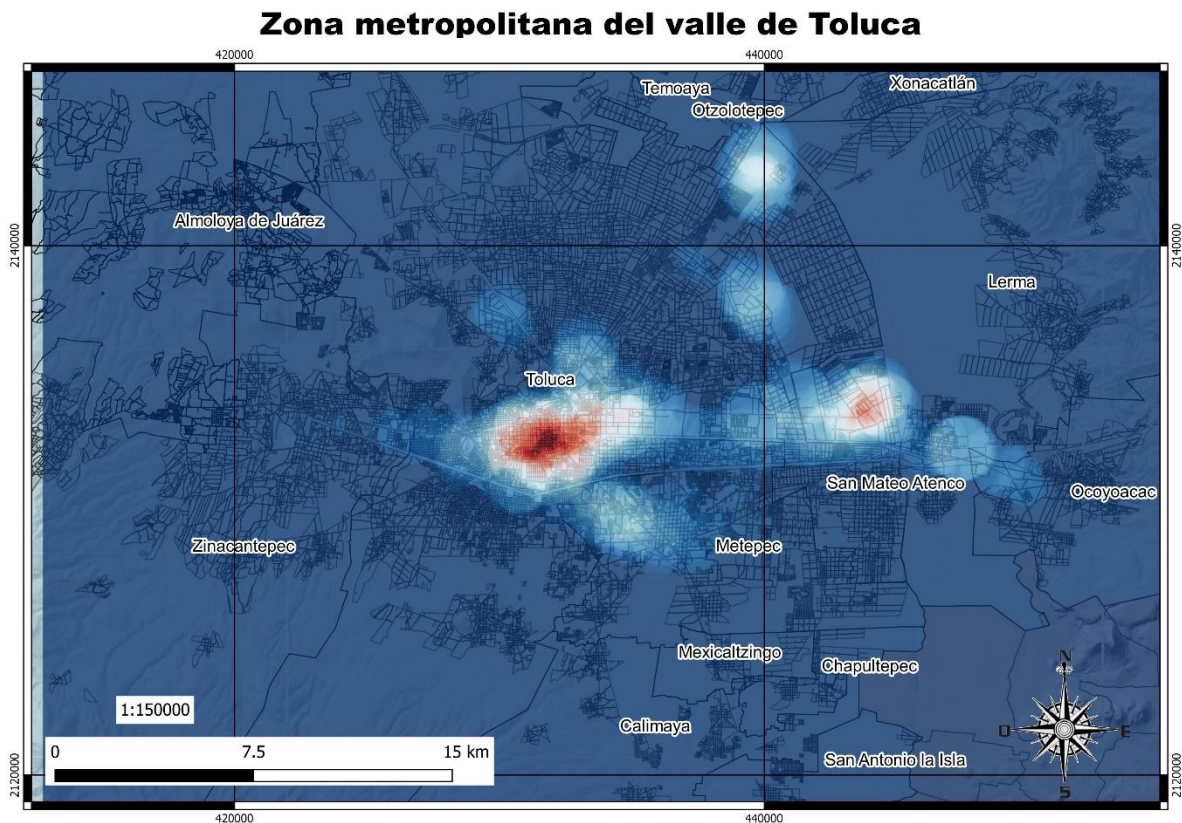
Fuente: Elaboración propia con datos del DNUE, INEGI.

### Concentración de lugares atractores de empleo.

Para la variable de los lugares atractores de empleo, solo se utilizaron los del sector secundario y terciario, ya que estos son los que predominan en la ZMVT, debido a su gran actividad industrial y la clara tendencia a la terciarización de las actividades económicas, se aplicó el mismo proceso de kernel, con base a la densidad de puntos, obtenidos del DNUE, ver mapa 5.

Toluca como es de suponerse, por obvias razones, en su carácter de ciudad central tiene la concentración de los servicios, sin embargo, se nota que el corredor industrial de Paseo Tollocan el cual termina o comienza en el municipio de Lerma, donde se concentran principalmente las actividades secundarias. El caso de Toluca es claro que la concentración se debe principalmente a las actividades terciarias.

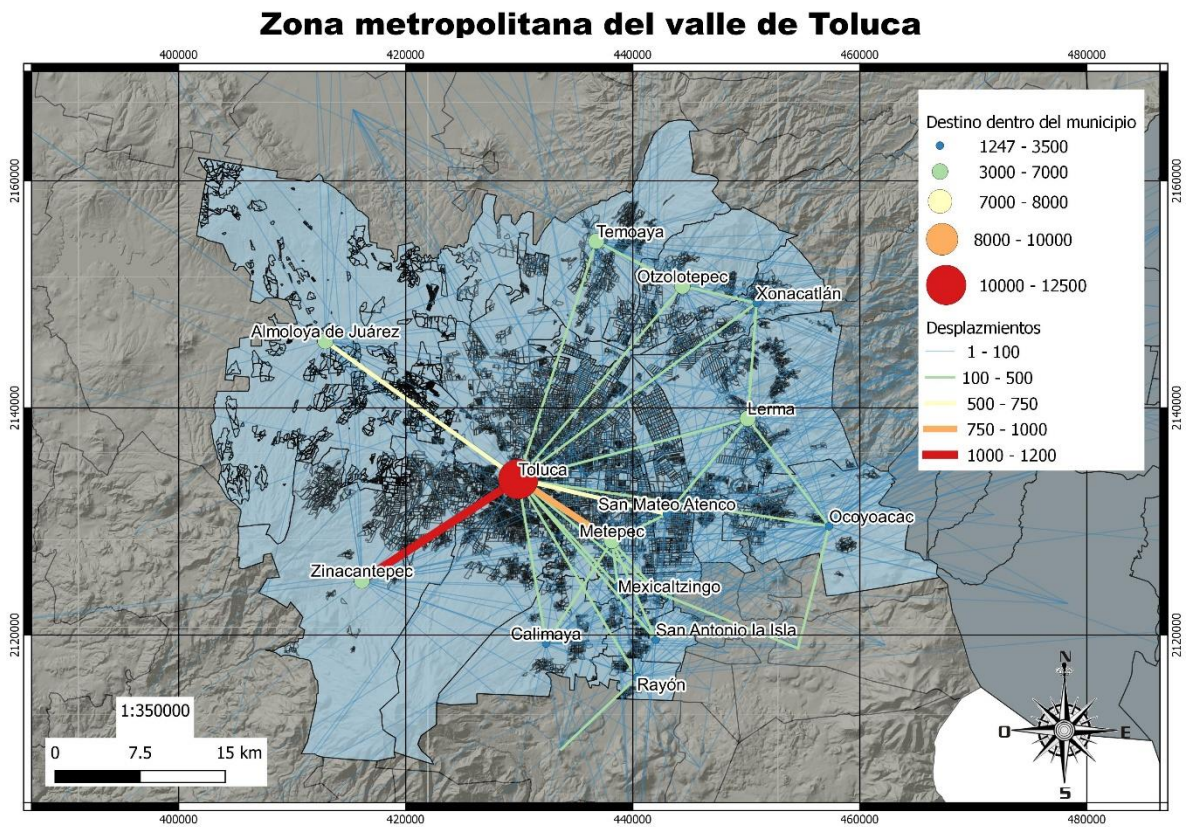
Mapa 5. Mapa de Calor, Concentración de actividades económicas.



Fuente: Elaboración propia con datos del DNUE, INEGI.

## Resultados

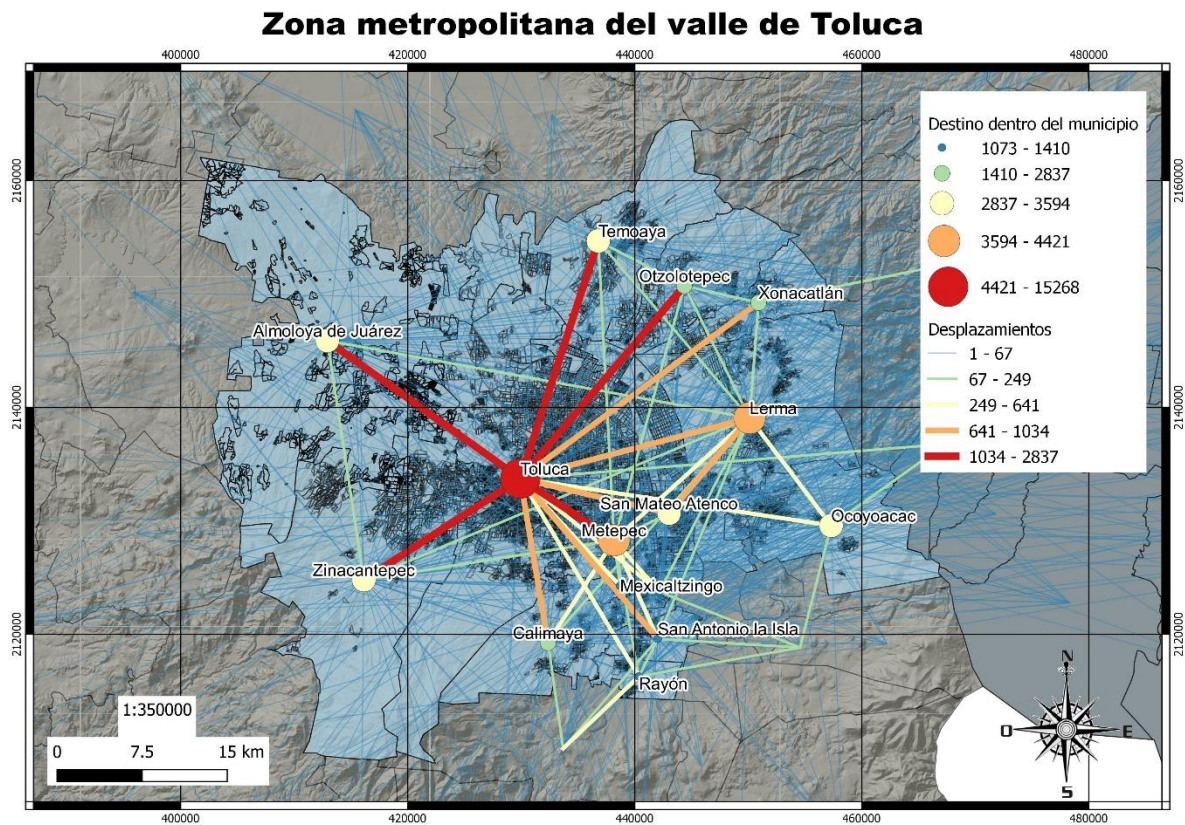
Se tomaron como base los datos de la encuesta intercensal 2015, en la variable origen-destino, se tomo la base de datos previamente empleada en el Software R, donde se agruparon únicamente los datos que contuvieran un origen y un destino de personas que asisten a una institución, se obtuvieron dos bases de datos, los que tienen movilidad dentro de la zona metropolitana y los que acuden a estudiar dentro del municipio en el que radican.



Como se puede observar con la capa de puntos, la ciudad de Toluca es la que cuenta con un mayor número de estudiantes que viven y asisten dentro del mismo municipio, la capa de líneas muestra los desplazamientos entre los municipios que conforman la ZMVT, donde Zinacantepec es el municipio que muestra un mayor número de desplazamientos a la ciudad de Toluca, Seguido del Municipio de Metepec, y tercer lugar los municipios de Almoloya de Juárez y San Mateo Atenco.

De igual forma, se analizaron los datos de Origen-Destino de las personas que se trasladan con motivos de trabajo, el resultado es similar, Toluca vuelve a ser la ciudad con el mayor número de habitantes que viven en el municipio y trabajan dentro del municipio, en segundo lugar, tenemos a los municipios de Metepec y Lerma, en un cuarto orden los municipios de Almoloya de Juárez, Zinacantepec San Mateo Atenco, Ocoyoacac y Temoaya.

Mapa 6. Origen-Destino Escuelas.



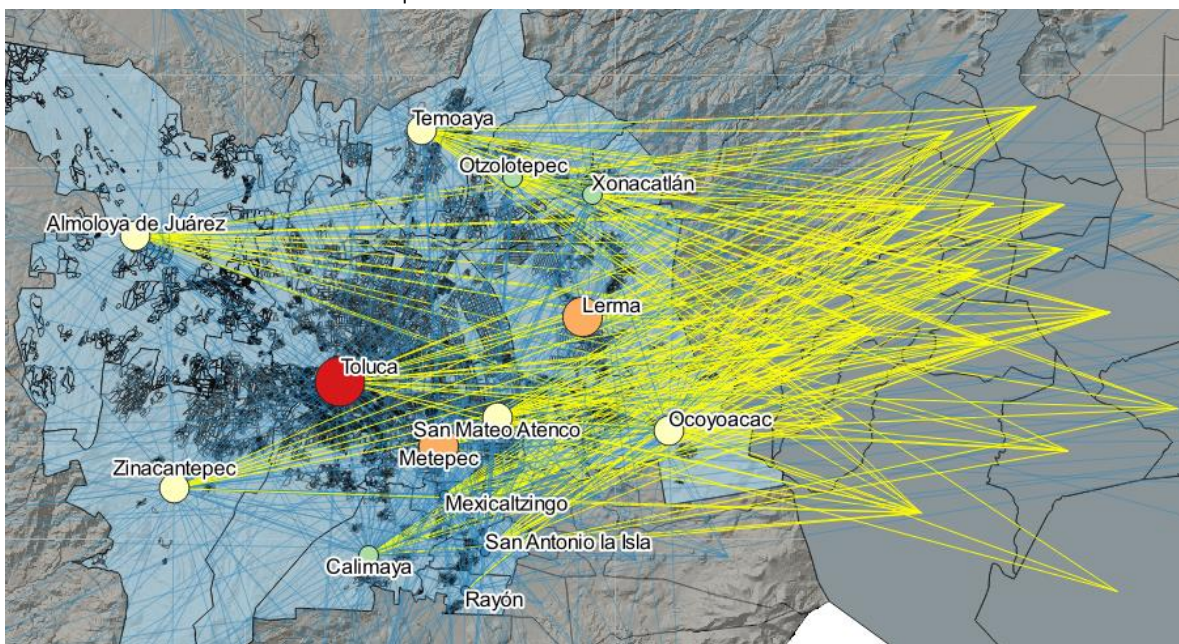
*Fuente: elaboración propia con información de la Encuesta intercensal 2015  
INEGI.*

Para el Origen-destino, son 5 municipios los que presentan mayor número de interacciones en su origen y el Destino, el cual el municipio de Toluca, es el de primer orden, tenemos a los municipios de Almoloya de Juárez, Temoaya, Otzolotepec, Metepec y Zinacantepec, en el segundo orden, Xonacatlán, Lerma, San Mateo Atenco, San Antonio la Isla y Calimaya. Sin embargo, en el segundo y tercer orden, ya se muestra una interacción entre los municipios, donde origen y

destino, es evidente en una relación secundaria. Es evidente como toda la ZMVT, tiene una interacción entre varios de sus municipios y principalmente Toluca.

Así también se observa una dinámica clara con la Zona Metropolitana con el Valle de México, que si bien, como parte de la metodología se tomo información a nivel municipal, pero en caso de que el analisis fuera en una escala superior, es decir se tomara la suma de los municipios integrantes de las zonas metropolitanas alrededor de la ZMVM el resultado, sería similar al que tiene la ciudad de Toluca, pues se encontró que el número de desplazamientos de los municipios de la ZMVT asciende a un total de 1,982. Como lo podemos apreciar en el esquema 1.

Esquema 5. Dinámica con la ZMVM.



*Fuente: elaboración propia con información de la Encuesta intercensal 2015  
INEGI.*

La mayoría de estos desplazamientos son por la carretera México-Toluca, donde existe un número elevado de viajes por autobús, la única opción al momento en cuanto a transporte público. La segunda opción el automóvil particular. Existe una situación similar en el caso de personas que se desplazan a estudiar. Así como diversos desplazamientos a otros municipios del Estado de México, que no forman parte de la ZMVT.

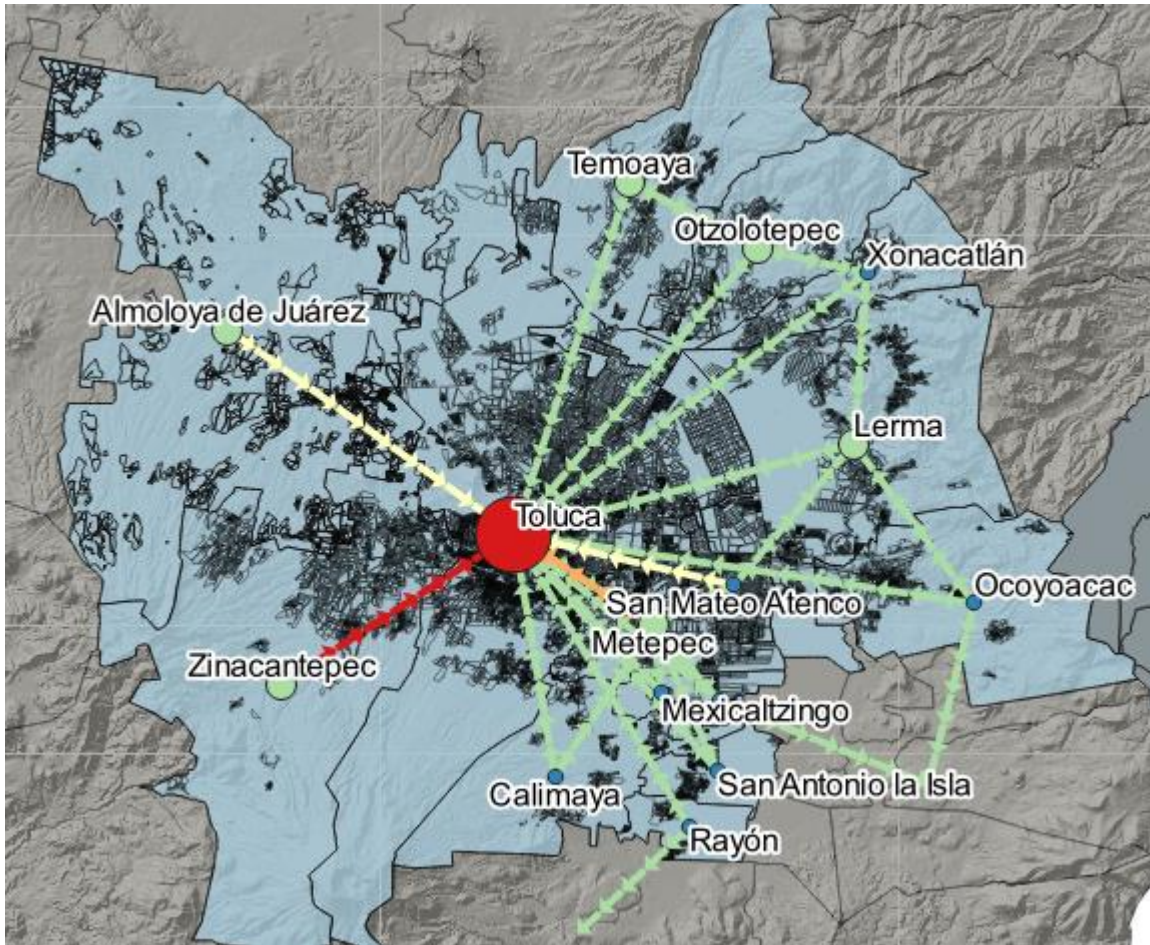
Se observa una evidente concentración de servicios en la ciudad de Toluca, es el municipio mas poblado de la ZMVT, concentra el mayor número de derroteros vigentes, con la existencia de 76 rutas distintas en la zona de la terminal, vialidades como Lerdo, a la altura del cosmovitral, con 56 diferentes rutas, la mayor concentración de espacios educativos del nivel medio y superior, la mayor concentración de espacios que ofertan un empleo a la población, dicha concentración espacialmente se puede ubicar dentro del circuito que hacen paseo Tollocan y paseo Matlazincas.

En el caso de los desplazamientos a los espacios académicos, se puede observar una evidente centralización de los servicios, como lo explica el modelo de lugares centrales del geógrafo alemán Walter Christaller, el cual lo describe como “las ciudades y los poblados son centros de intercambio que tienen como función abastecer de bienes y servicios a sus propios habitantes y a los que se encuentran en su área de influencia, es decir, son los lugares centrales con respecto a su área de dominio o de mercado. Las actividades comerciales y de servicios prestadas por cada centro se organiza en una jerarquía determinada por la frecuencia de su uso y la demanda” (Mahecha, 2003), ver esquema 7.

En este sentido, se observa una concentración de las actividades académicas en la ciudad central, la cual es la ciudad de Toluca, esta sirve de abastecedora de los servicios a las ciudades de segundo orden, generalmente estás de acuerdo con el modelo, se encuentran claramente conectadas por un eje, este eje lo entendemos como las vialidades y las rutas de transporte, que son parte de este diagnóstico.

En el esquema 7, se observa como las actividades se centran hacia la ciudad de Toluca.

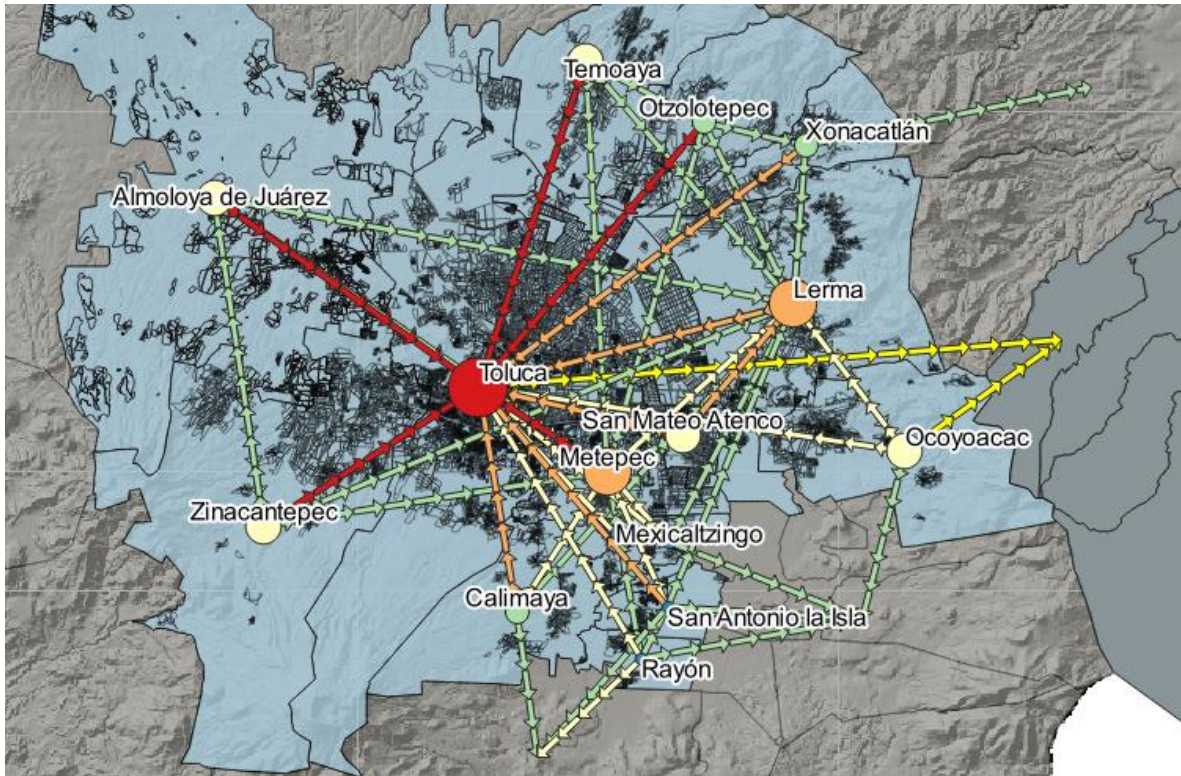
Esquema 6. Dirección de destino Escuelas.



*Fuente: elaboración propia con información de la Encuesta intercensal 2015 INEGI.*

Se usa el mismo modelo, para entender la dinámica de los lugares de trabajo, pues otra de las premisas que se emplean para explicar este modelo, es el de la relación que existe con las áreas de mercado, como lo menciona (Mahecha, 2003, pág. 61) cuando cita a Méndez, 1997 “ los lugares centrales se jerarquizan según sus funciones y sus áreas de mercado, tendiendo a una espacial regular, con cada centro generando un cono de demanda y un área de mercado” de igual forma el siguiente diagrama explica esa centralidad hacia una ciudad central, pero en este caso se pueden observar las ciudades de segundo orden, la cuales ya se relacionan entre sí, ver esquema 4.

Esquema 7. Destinos de trabajo

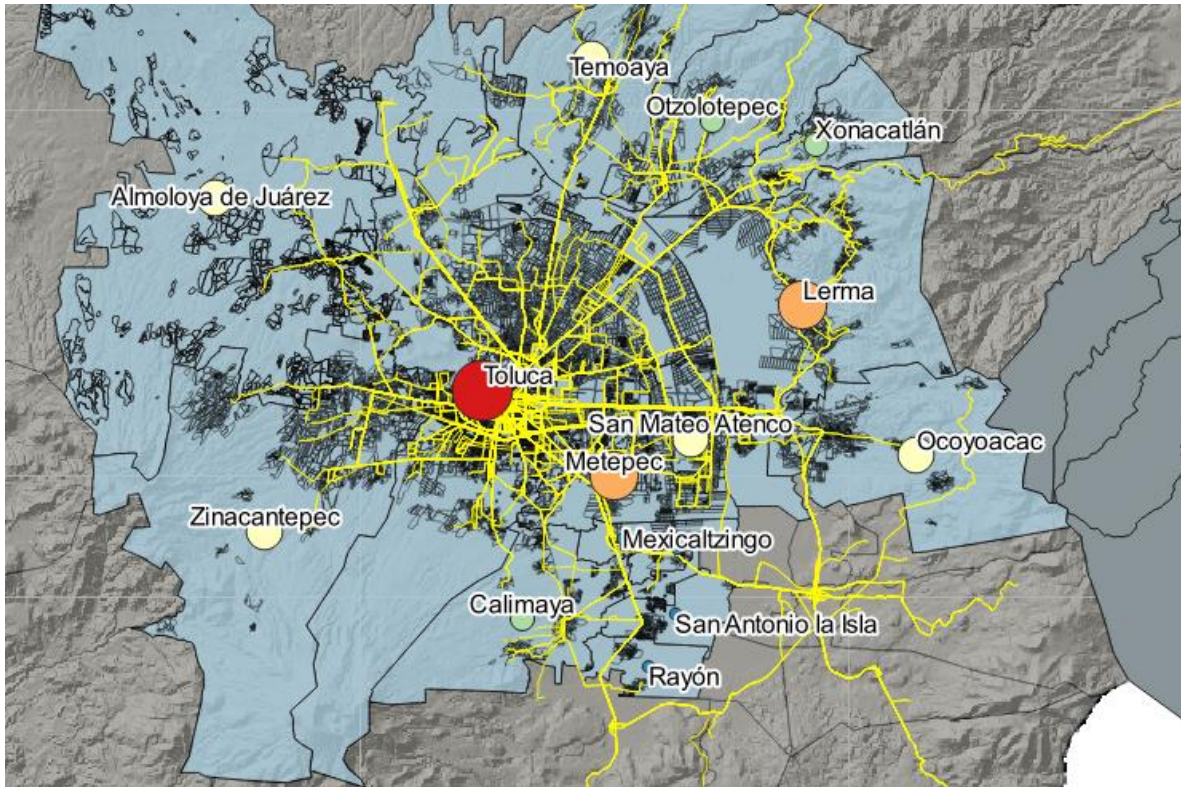


*Fuente: elaboración propia con información de la Encuesta intercensal 2015  
INEGI.*

Como se puede observar esta dinámica es mucho más compleja, pues mayor número de la población tiene que realizar una actividad económica y dicha relación se da principalmente a la ciudad central, la ciudad de Toluca, pero es evidente la interacción entre las ciudades de segundo y tercer nivel como a tractoras de las actividades económicas.

El tiempo de traslado que predomina en la zona es de 1-30 minutos, en ambos casos el tipo de transporte que predomina es el de transporte público, el cual puede ser del tipo autobús, taxi, o colectivo, pues no existe otro medio de transporte en la ZMVT. En el esquema 5 se muestra la cobertura de los derroteros existentes.

Esquema 8. Distribución de los Derroteros en la ZMVT.



*Fuente: Elaboración propia con datos del SCT del Estado de México.*

La cobertura del servicio, por como se observa con la capa de los derroteros cubre gran parte de las localidades de los municipios que integran a la ZMVT, pero el hecho de que el servicio de las rutas de transporte sea completo, no significa que este sea eficiente, en el presente estudio no se abordaron temas en cuanto a la calidad, pero como ya se mencionó, existen diversos estudios que integran estas variables, en las que los resultados no son los mejores, si bien existe una oferta del servicio para una demanda del mismo donde la demanda se entiende como “la cantidad de un bien o servicio que los sujetos económicos adquieren (en la práctica) o están dispuestos a adquirir (en un período futuro concreto) en condiciones determinadas. De este modo la primera condición define la demanda actual y la segunda demanda potencial. (izquierdo 2001:348)” (Parras & Ramírez, 2016).

Al asociar este concepto con el de transporte público podemos expresar que su demanda potencial hace referencia a aquellos colectivos poblacionales que están dispuestos, bajo ciertas circunstancias de contexto, a utilizar el servicio de

transporte público de pasajeros para movilizarse y acceder a otros servicios, bienes, equipamientos e instalaciones. De tal modo, la tasa de ocupación de las unidades es por debajo del 50% trayendo consigo de las llamadas “carreras por el pasaje” las cuales suelen provocar accidentes, no existe un adecuado sistema de paradas, la mayoría de las personas tanto usuarios como operadores suben y bajan pasaje en cualquier punto, otra causa de accidentes, las dobles filas traen consigo un conflicto vial, y si le sumamos otros datos cualitativos, como el de la seguridad, muchas personas no se sienten seguras viajando en el sistema de transporte, el echo de que la mayoría de las rutas atraviesen el centro de la ciudad, y la zona de la terminal provocan un mayor tiempo de traslado, lo que orilla a las personas a comprar un vehículo propio, pues como se observó en el estadístico, es la segunda forma de transporte más empleada en la ZMVT, derivando en problemas de tráfico, que traen consigo problemas ambientales, pues a mayor uso del vehículo, más emisiones de Co2 a la atmosfera.

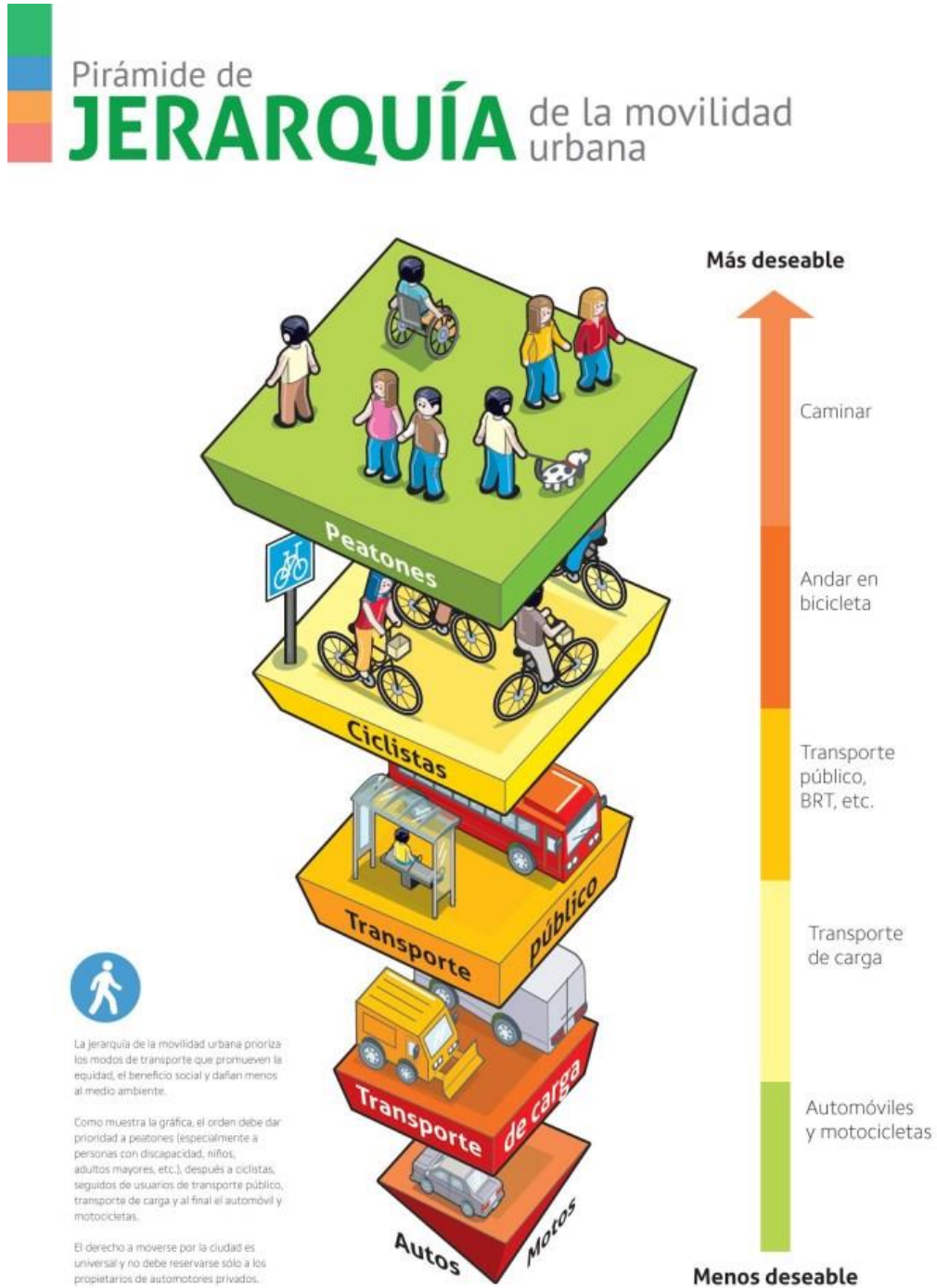
La planificación de las rutas de transporte y su optimización favorecen al movimiento de las ciudades... el problema de la dispersión de la población hace necesario disponer de un instrumento de gestión y optimización de las rutas de transporte que se adopte dinámicamente a las necesidades de la población. (Seguí Pons, Ruíz Pérez, Guaita Mas, Escalas, & Bauza) ya que la centralización de las actividades no es el problema, sino, el acceso a estos servicios, pues no todas las personas tienen la posibilidad de acceso, provocando marginación en la población que se encuentra alejada a los servicios.

El uso de los SIG es idóneo para analizar el modo en que se miden las distancias, el modo en que se realizan los análisis de accesibilidad y conectividad, el modo en que se agregan espacialmente y representan los resultados de esos análisis de conectividad, o en que se establecen escenarios alternativos. Dichas herramientas deberían de ser empleadas para que los tomadores de decisiones puedan hacer las cosas de mejor forma y con se de solución a los problemas de movilidad.

Como recomendaciones, es evidente la necesidad de llevar a cabo estrategias que impulsen el desarrollo sustentable, que de paso a los proyectos inclusivos, donde

mujeres y hombres tengan acceso a un transporte público de calidad como los PIMUS, donde el peatón es la prioridad, por lo que los métodos de planeación territorial deben de ser más permisivos en la mezcla de los usos de suelo, lo que fomente a la densificación de las ciudades, para que los habitantes puedan realizar un mayor número de desplazamientos a pie, que se incentiven los medios de transporte no motorizado, con la creación de más y mejores ciclovías, la urgencia del reordenamiento del transporte público, integrado a los sistemas RBT ya usados en otras ciudades del país, que brinde seguridad a sus usuarios, que sea más eficiente, rápido y masivo. De igual forma el sistema de transporte de carga debe de ser regulado, debido a que estos, son los que provocan que las vialidades sufran de fracturas, que se convierten baches, ya que no existe una norma que regule el peso de las unidades, ni las vialidades se hacen considerando estas situaciones, finalmente si se logra tener este sistema, el uso del automóvil particular se desincentivaría, pues como ya se mencionó, al no existir un transporte de calidad, la opción siempre será el uso del automóvil, a continuación se muestra un esquema, llamado la pirámide de la jerarquía de la movilidad urbana.

Esquema 9. Pirámide de jerarquía de la movilidad urbana



[www.mexico.itdp.org](http://www.mexico.itdp.org)



Fuente: Tomado de Lineamientos para una Movilidad urbana sustentable

## Conclusiones

Como resultado, el análisis espacial es importante para ayudar en la toma de decisiones, pues hace evidente que el uso de los Sistemas de Información geográfica, son herramientas que pueden fusionar las variables cualitativas y cuantitativas para representar la información sobre la superficie del territorio, esta visualización a su vez permite tener una idea clara de como se da el proceso de planeación dentro del territorio, además, de que se explican procesos teóricos dentro del territorio.

Por otra parte, pone en evidencia que la política vigente, de ciudades bicentenario y con la creación de polígonos urbanos cada vez más dispersos, no es la estrategia para hacer ciudad, pues esto solo esta dejando que la población tenga que invertir cada vez más tiempo en sus traslados y que, al no tener un servicio de transporte confiable, seguro, eficiente, limpio, moderno y accesible, fomente el uso de transportes colectivos piratas, o el uso de automóviles particulares, lo que se observa claramente en ese aumento de transito en las vialidades.

La necesidad de hacer planes integrales de transporte, que no solo sean propios de los límites administrativos de un territorio, sino, que estos incluyan a la zona metropolitana por completo, con ejes estructuradores, como los son los propuestos en el estudio del Centro Mario Molina. Sin embargo, también cada centro de población deberá de trabajar en sus propios proyectos de movilidad urbana sustentable, donde se desincentive el uso de vehículos automotores y se potencialice el uso de bicicletas y espacios para los peatones.

El proyecto en puerta del tren suburbano Toluca-México, es una buena oportunidad para realizar proyectos que integren un sistema de transporte masivo, así como de tomar medidas de prevención, pues esto puede ser un detonante más del desarrollo inmobiliario.

## Referencias

- Aguirre Quezada, J. P. (2017). *Movilidad Urbana en México*. CDMX.
- Centro Mario Molina. (2014). *Estudio del Sistema Integral de Movilidad Sustentable para el Valle de Toluca*. CDMX: Centro Mario Molina.
- ESRI. (26 de Agosto de 2019). <http://desktop.arcgis.com/es/>. Obtenido de <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/kernel-density.htm>
- INEGI. (2014). *Directorio Nacional de Unidades Económicas* . México.
- INEGI. (2015). *Encuesta Intercensal*. Aguascalientes, México.
- ITDP. (2013). *Desarrollo Orientado al Transporte, regenerar las ciudades mexicanas para mejorar la movilidad*. CDMX.
- ITDT; Centro EURE. (2012). *Planes Integrales de Movilidad Lineamientos para una movilidad urbana sustentable*. México.
- Mahecha, D. O. (2003). *Debates sobre el espacio en la geografía contemporánea*. Bogotá, Colombia : Unibiblos.
- Mateo Rodriguez, J. M. (2002). El Mundo en el Siglo XXI y los desafíos para la geografía. *Conferencia Magistral Primer encuentro Latinoamericano y Caribeño de Estudiantes de Geografía* (págs. 1-17). La Habana: Universidad de la Habana.
- México., G. d. (19 de noviembre 2009). *Periodico Oficial del Gobierno del Estado Libre y Soberano de México*. Toluca: Gaceta de Gobierno.
- Olaya, & Victor. (22 de agosto de 2019). *Libro SIG*. Obtenido de <https://volaya.github.io/>: [https://volaya.github.io/libro-sig/chapters/Introduccion\\_fundamentos.html](https://volaya.github.io/libro-sig/chapters/Introduccion_fundamentos.html)

- ONU. (2016). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una Oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile : Organización de las Naciones Unidas .
- Parras, A. M., & Ramírez, L. M. (2016). Propuesta Metodológica para el modelado de la demanda potencial de transporte público mediante el empleo de sistemas de información geográfica. *Transporte y Territorio*, 109-121.
- R-project. (25 de agosto de 2019). <https://www.r-project.org>. Obtenido de <https://www.r-project.org>
- Salado García, M., Díaz Muñoz, M., Bosque Sendra, J. C., Rojas Quezada, C., Jiménez Gigante, F., Barnett, I., . . . Muñoz rueda, C. (2006). Movilidad Sostenible y SIG. propuesta de evaluación del transporte público en Alcalá de Henares .
- Sánchez-Flores, Ó., & Romero-Torres, J. (2010). Factores de calidad del servicio en el transporte público de pasajeros: estudio de caso de la ciudad de Toluca, México. *Economía Sociedad y Territorio* , 49-80.
- Seguí Pons, J., Ruíz Pérez, M., Guaita Mas, F., Escalas, F., & Bauza, A. (s.f.). La planificación de rutas de transporte escolar a través de un SIG: El Proyecto SIGTEBAL. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, 58-76.