



Estudio de caso

Metodología identificadora de áreas con congestión, accidentalidad y corredores de movilidad densificados, por automóvil particular

Methodology for identifying areas with congestion, accidents and dense mobility corridors, by private vehicle

Jazon Fabian Hernández Peña¹ , Emilio Bravo Grajales¹ , Carlos Islas Moreno¹ , Pedro Lina Majarrez² 

¹Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Doctor García Diego número 168, Colonia Doctores, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06720, ciudad de México, México.

²Instituto Politécnico Nacional (IPN). Av. Luis Enrique Erro S/N, Unidad Profesional Adolfo López Mateos, Zacatenco, Alcaldía Gustavo A. Madero, C.P. 07738, Ciudad de México

Autor de correspondencia: Jazon Fabian Hernández Peña, Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Doctor García Diego número 168, Colonia Doctores, Alcaldía Cuauhtémoc, C.P. 06720, ciudad de México, México. Correo electrónico: jazon.hernandez@estudiante.uacm.edu.mx. ORCID: 0000-0003-3356-1878.

Recibido: 30 de Julio del 2024

Aceptado: 4 de Febrero del 2025

Publicado: 5 de Marzo del 2025

Resumen. - Las aglomeraciones urbanas que superan la capacidad de los servicios y de la infraestructura generan condiciones negativas para la convivencia del crecimiento y desarrollo poblacional. Disminuyendo los beneficios de habitar en ciudades, sobrepasando el estado óptimo de las relaciones espacio temporales en el que las personas realizan sus actividades cotidianas, como la asistencia al trabajo. Ante lo anterior en esta investigación se presenta una metodología espacial para el análisis de la movilidad de la Ciudad de México y su relación con la Zona Metropolitana del Valle de México considerando dos externalidades negativas del tránsito metropolitano: la congestión y los accidentes viales. Integrando las apreciaciones del usuario afectado en interacción directa con estas externalidades, vertidas en la plataforma de Red Geosocial Waze, en relación con la información de las bases de datos oficiales de instituciones gubernamentales y educativas, como la localización y tamaño de las Unidades Económicas del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, las condiciones de movilidad en automóvil particular de la Encuesta a Hogares Origen Destino 2017 y la extensión y características de la Red Nacional de Caminos 2017. Obteniendo así, parámetros de movilidad con interrelación espacial con base a Sistemas de Información Geográfica, identificando magnitudes de empleos promedio, frecuencias de congestión y de accidentes, para distintas condiciones de espacio, zonificación, territorialidad y tiempos. Hallando que la dinámica de movilidad por auto particular incide notablemente en corredores viales que se relacionan con la Zona centroponiente de la Ciudad de México y en una mayor concentración de reportes de tráfico y de accidentes viales, derivada de la relación con la zona de concentración continua de empleo promedio, la cual demanda ser atendida.

Palabras clave: Movilidad; Origen-Destino; Vehículo particular; Red Geosocial Waze.

Abstract.- Urban agglomerations that exceed the capacity of services and infrastructure generate negative conditions for the coexistence of population growth and development. They diminish the benefits of living in cities, surpassing the optimal state of space-time relationships in which people carry out their daily activities, such as going to work. In light of the above, this research presents a spatial methodology for the analysis of mobility in Mexico City and its relationship with the Metropolitan Zone of the Valley of Mexico, considering two negative externalities of metropolitan traffic: congestion and road accidents. Integrating the assessments of the affected user in direct interaction with these externalities, poured into the Waze Geosocial Network platform, in relation to the information from the official databases of governmental and educational institutions, such as the location and size of the Economic Units of the National Statistical Directory of Economic Units, the mobility conditions by private car of the 2017 Origin Destination Household Survey and the extension and characteristics of the 2017 National Road Network. Thus, obtaining mobility parameters with spatial interrelation based on Geographic Information Systems, identifying average employment magnitudes, congestion and accident frequencies, for different space, zoning, territoriality and time conditions. Finding that the dynamics of mobility by private car has a notable impact on road corridors that are related to the central-western zone of Mexico City and in a higher concentration of traffic reports and road accidents, derived from the relationship with the area of continuous concentration of average employment, which demands to be addressed.

Keywords: Mobility; Origin-Destination; Private vehicle; Waze Geosocial Red.





1. Introducción

Las ciudades actuales representan grandes beneficios de vivir en la aglomeración urbana [1], mismos que pueden ser contrarrestados por aspectos negativos, tales como, el tráfico vehicular, congestionamientos, accidentes viales, contaminación, ruido [2], [3], [4], en una movilidad cotidiana que presenta largos y costosos desplazamientos metropolitanos [5]. Al hablar de la ciudad de México no podemos perder de vista la interrelación del continuum urbano que se presenta en la ZMVM (Zona Metropolitana del Valle de México), desbordando los límites políticos

administrativos, acentuando las problemáticas vividas en el territorio [6]. El análisis temporal y espacial realizado en esta investigación, permite entender la dinámica de movilidad relacionada con las externalidades negativas en las condiciones metropolitanas, la ciudad dispersa, del diseño urbano y su conectividad. Al ser la ZMVM la más poblada del país y de las diez de mayor concentración poblacional en el mundo, se considera la conformada para el 2017 por las Ciudad de México y 60 municipios conurbados y aglomerados, 1 del Estado de Hidalgo y 59 del Estado de México (Ver Figura 1), creciendo la superficie urbana a ritmos superiores del 3% desde la década de los ochenta hasta el 2017 [7].

CIUDADE DE MÉXICO		
Clave	Nombre	
09002	Azcapotzalco	15108
09003	Coyoacán	15121
09004	Cuajimalpa de Morelos	15015
09005	Gustavo A. Madero	15061
09006	Iztacalco	15120
09007	Iztapalapa	15065
09008	La Magdalena Contreras	15122
09009	Milpa Alta	15125
09010	Álvaro Obregón	15109
09011	Tláhuac	15016
09012	Tlalpan	15017
09013	Xochimilco	15068
09014	Benito Juárez	15069
09015	Cuauhtémoc	15020
09016	Miguel Hidalgo	15022
09017	Venustiano Carranza	15023
HIDALGO		
Clave	Nombre	
13069	Tizayuca	15070
ESTADO DE MÉXICO		
Clave	Nombre	
15038	Isidro Fabela	15024
15046	Jilotzingo	15025
15060	Nicolás Romero	15028
15095	Tepotzotlán	15028
15112	Villa del Carbón	15075
15039	Ixtapaluca	15081
15099	Texcoco	15083
15100	Tezoyuca	15083
15010	Apaxco	15029
15011	Atenco	15030
15044	Jaltenco	15030
15050	Juchitepec	15034
15053	Melchor Ocampo	15084
15057	Naucalpan de Juárez	15089
15103	Tlalmanalco	15031
15013	Atizapán de Zaragoza	15091
15104	Tlalnequillan de Baz	15092
15058	Nezahualcóyotl	15033
		15036
		15093
		15094
		15037
		15002
		15009
		15010
		15036
		15069
		15034
		15061
		15016
		15075
		15016
		15065
		15093
		15099
		15039
		15025
		15103
		15009
		15015
		15034
		15034

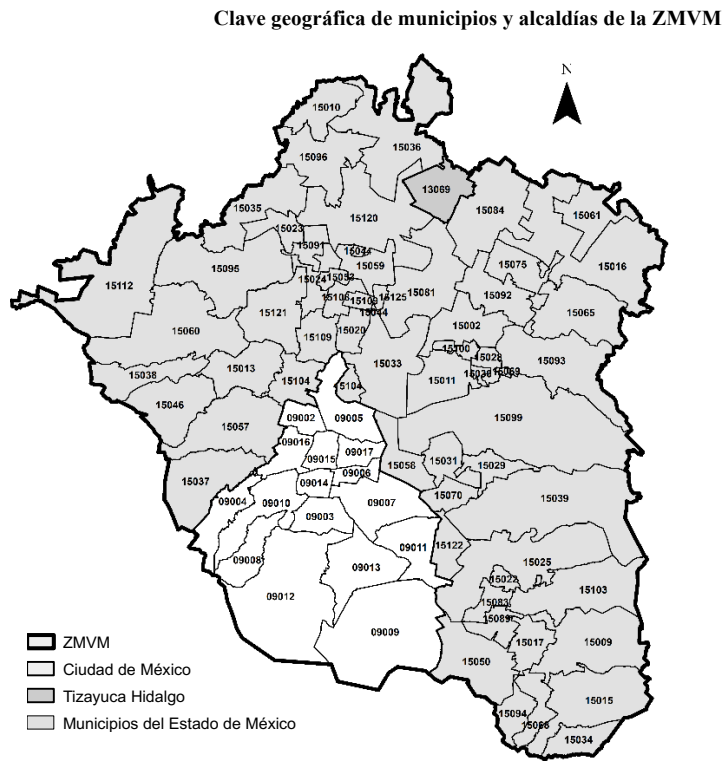


Figura 1. Clave geográfica y nombre de Alcaldías y Municipios pertenecientes a la Zona Metropolitana del Valle de México. Elaboración Propia. Fuente de datos: SCINCE 2020 INEGI.

Se ha experimentado que la urbanización potencializa que las ciudades sean más prósperas y desarrolladas, sin embargo, en la paradoja del crecimiento y desarrollo, esas mismas ciudades alrededor de todo el mundo no han estado preparadas para los cambios multidimensionales y multifactoriales asociados al proceso de

urbanización, razón por la cual se tiene una complejidad de factores que generan problemáticas urbanas como las presentadas en la ZMVM [8].

Uno de los objetivos del actual estudio es establecer una metodología para el análisis de la



movilidad urbana de una Ciudad, su conurbación, y dos de las externalidades negativas del tránsito metropolitano y la infraestructura disponible para ello, la congestión y los accidentes viales. La congestión, derivada de la demanda vial, genera demoras en los desplazamientos, intensificando la liberación de gases de efecto invernadero, disminuyendo la calidad del aire, lo cual afecta directa e indirectamente, a la población expuesta a las emisiones, a corto y mediano plazo. Mientras que a corto plazo el tiempo perdido en el tránsito aumenta el estrés y en lo económico se traduce en pérdidas horas-hombre.

Los accidentes viales, son la otra externalidad, considerada como un problema de salud pública, su ocurrencia merma el sistema de salubridad, las lesiones y muertes en estos hechos repercuten en la estabilidad de las familias afectadas, así como también significan pérdidas para el estado, pues cada ciudadano representa una inversión, de la que se espera una retribución relacionada con el desempeño de las actividades laborales en el sector que aplicase. Para la observación de estas dos condiciones se toma como marco referencia la extensión de interacción espacial dentro del territorio de la ZMVM.

Este territorio representa una centralidad a nivel nacional de la política pública y con ello de la expansión y el crecimiento urbano metropolitano [9].

El crecimiento de población vertiginoso, las unidades económicas, así como los comportamientos temporales y territoriales de los accidentes [10] [11], además del personal ocupado y viajes registrados, sucedidos y estimados dentro de los municipios que conforman la ZMVM, son las variables principales a partir de los cuales se pueden extraer parámetros de estimación de la dinámica metropolitana y su relación en el espacio vial con las cuestiones de tránsito que derivan en externalidades negativas [12].

2. Antecedentes

El tráfico y los accidentes viales, son fenómenos ampliamente estudiados a nivel mundial en los ámbitos académicos, gubernamentales y del sector privado. En años recientes los estudios muestran el uso de una variedad de técnicas de recopilación de datos [13] [14] [15] para su análisis, como las encuestas origen destino que permiten contextualizar la ocurrencia de estos fenómenos derivados de la expansión urbana. Así mismo la inferencia de esta en el incremento de los costos individuales y sociales con mayores distancias y tiempos de viaje [16], el aumento en la demanda de las vialidades, que conectan las zonas que conservan su poder de atracción con las nuevas áreas que se suman al continuo urbano, cuyos valores del uso de suelo distan entre ellas significativamente, como se observa en la ZMVM [17]. Así las vialidades que con mayor frecuencia conforman rutas entre zonas de generación de viajes, estas elegidas por los usuarios del vehículo motorizado, derivado de sus características viarias que les conforman, como capacidad, diseño geométrico, baja o nula presencia de control semafórico o con alto rango de velocidad permitida.

Esto presenta una mayor ocurrencia de congestión y posibilidades de colisión, con lo que el planteamiento de: la ocurrencia de accidentes genera congestión y la relación inversa, la congestión genera accidentes [18], recae en la demanda temporal, la jerarquía vial y las diversas áreas urbanas donde se ubican los extremos de los viajes. Interviniendo en ello, los horarios origen del viaje y las rutas coincidentes, donde a cada hora de salida le deviene un costo de viaje [19], implicado en un nivel de competencia por el espacio de circulación, que se traduce en la saturación vial en las horas de mayor demanda (HMD) y/o accidentes en horarios y grados diferentes.

Los estudios y métodos tradicionalmente y en gran medida, se basan en datos históricos de



accidente para la identificación de ubicaciones de alto riesgo, las cuales no se pueden detectar hasta qué suceden una cantidad suficiente de choques, lo que a menudo requiere una significativa cantidad de tiempo.

La implementación de nuevos enfoques toma en cuenta elementos que intervienen en las colisiones y puntos de conflicto registrados mediante tecnologías de punta implementadas en los vehículos conectados [20], cuyas características permiten igualmente la identificación de la congestión puntual, como los sistemas de comunicación V2X que permiten a los vehículos, mediante el uso colectivo de estas tecnologías y mecanismos de interacción, interactuar con su entorno para mejorar la comodidad del conductor y el rendimiento del tráfico y reducir los riesgos de accidentes [21].

Teniendo bases de datos suficientemente robustas se han estimado patrones de localización en relación con la ocurrencia de accidentes que derivan de las actividades humanas, tanto en diferentes tipos de estas como en grados de afectación en los accidentes [22]. Si como actividad humana el trabajo se reconoce, según lo indican las EOD2007 (Encuesta a Hogares Origen Destino 2007) y EOD2017 (Encuesta a Hogares Origen Destino 2017) en la ZMVM, el principal motivo de traslado después del propósito de regresar al hogar con un 26.7 % y 28.6 % respectivamente [23], considerando los días laborales martes, miércoles y jueves como los días de la semana en los que se presentan las condiciones típicas de viajes. La desagregación de las particularidades de las diversas clases de viajeros proporciona elementos de análisis y resultados de proporción espacial donde se sigue manifestando la importancia del centro de las ciudades y la localización de la industria, como lo visto en Reino Unido [24], derivados de los fenómenos heredados de la ciudad industrial, cuyo crecimiento exponencial urbano y sus procesos demográficos se repiten en muchas ciudades de manera global.

El incorporar información histórica de alguna característica relacionada con la movilidad que no se manifiestan en un ejercicio temporalmente puntual como son las EOD's, permite, si es que existe esta para las consideraciones espaciales de la zona de estudio, predecir las condiciones de movilidad en el futuro. Utilizando los datos y las variables de información recopiladas en el pasado, que mediante el análisis de los mismos se pueden obtener una tasa de flujo de entrada para la predicción de los datos de tráfico ya sea de una intersección de destino [25] o zonas desde el enfoque macroscópico. Donde la complejidad temporal del crecimiento urbano, puede resolverse incorporando información histórica a una simulación del crecimiento urbano utilizando autómatas celulares, llevando a otro grado el índice de expansión urbana [26].

Este aumento no unidimensional desde la perspectiva sistémica del transporte y movilidad urbana, enfoca algunos estudios en estimar el número de vehículos de motor que intervendrán en el tráfico futuro sobre las vías de comunicación entre zonas o áreas urbanas, utilizando el número de vehículos de motor registrados anualmente permitiendo prever desequilibrios en la red [27], más relacionados con la congestión que con los accidentes, aunque esto depende de los alcances del tipo almacenamiento de los registros y escala espacial, permitiendo la identificación de los parámetros microscópicos del tránsito [28].

Es preciso indicar que una de las principales limitaciones ha sido contar con datos homogéneos, con la disponibilidad, cantidad y calidad suficiente para el mismo espacio y tiempo del estudio, si bien hay una tendencia del análisis en los que intervienen la congestión y los accidentes [29], [30], [31], esto tiene posibilidad de robustecerse al incorporar la información vertida a partir de dispositivos móviles, considerado un nuevo paradigma, llamado Mobile CrowdSourcing (MCS). Aprovechando



los recursos informáticos móviles el MCS coordina mediante plataformas como Waze u OSM, una multitud de usuarios móviles equipados con teléfonos inteligentes para realizar de forma cooperativa algunas tareas complejas a gran escala [32]. El MCS vehicular participativo (P-MCS) requiere la participación humana explícita, donde el participante en cuestión ingresa manualmente contribuciones en forma de reportes, publicaciones o cualquier pieza de información, en una aplicación móvil dedicada a la detección de multitudes vehiculares que detecta el estado del mundo físico [33].

El Internet de los vehículos (IoV por sus siglas en inglés) es un elemento importante del transporte inteligente, los vehículos autónomos y las redes sociales vehiculares, permitiendo actualizaciones en tiempo real sobre el mapa de carreteras con eventos viales, como accidentes y congestión de tráfico o los relacionados con la seguridad y emergencias. También el IoV se aplica en el monitoreo de la superficie de la carretera, ubicación y calidad de la ruta mediante la recopilación y detección de datos continuos, y actualizaciones de mapas en tiempo real para vehículos autónomos [34]. Waze es un MCS participativo para el descubrimiento de eventos vehiculares, donde los participantes informan manualmente varios incidentes de tráfico observados, a un servidor MCS a través de una aplicación para teléfonos inteligentes. [33].

Los conductores comparten los eventos (como accidentes o atascos) que encuentran a lo largo de sus trayectorias [35]. La información que se comparte entre los usuarios del Waze, es en tiempo real de manera autogestionada y validada por los demás usuarios. El servidor MCS agrega estos informes y toma decisiones sobre qué evento ha sucedido de acuerdo con un esquema de toma de decisiones. Según el tipo de evento, emite acciones recomendadas (por ejemplo, recomendaciones de desvío, tiempos de viaje, precios de la gasolina, presencia de vehículos estancados y obstáculos, accidentes, peligros

climáticos y escena del crimen) [33]. Tal como se aplica en los reportes de tráfico y accidentes en los noticiarios cotidianos de radio y televisión, los reportes in situ de los usuarios registrados en la plataforma Waze, proveen de información de las condiciones de tránsito vehicular a un gran número de personas, sumando a ello la omnipresencia de dispositivos móviles y el potencial de comunicación con multitudes (interesadas en esas condiciones), hacen que el Crowdsensing impulsado por la Movilidad Urbana UMCS (Urban Mobility-Driven Crowdsensing) sea cada vez más relevante [36].

3. Metodología

Basado en la información de la movilidad metropolitana más reciente, se realiza la estimación de los posibles parámetros derivados de la estadística aplicada a la base de datos que nos proporciona la EOD2017 y en la delimitación geográfica de los 194 distritos como unidades de observación de la misma encuesta, estimándose los viajes atraídos por motivo, para cada distrito [22]. Para ello se considera la localización espacial de las Unidades Económicas (UE), extraídas y validadas por el INEGI del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), que se encuentran dentro de la ZMVM en el periodo de marzo del 2017 [37].

Al georreferenciar las UE se relaciona espacialmente la actividad económica, tamaño de las unidades económicas activas, así como el sector económico al cual pertenece la actividad de cada unidad, (considerando los 2 primeros dígitos del código de actividad) según el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN). Identificando así el impacto territorial de los sectores, mediante la oferta de empleo promedio, a partir de considerar su relación directa con la realización de viajes cotidianos debido las actividades laborales [38].

Como un parámetro de interrelación entre distritos se realizan tres procesos metodológicos



mediante la utilización de SIG (Sistemas de Información Geográfica) para determinar las condiciones entre distritos con una mayor desagregación a partir de la densidad y/o cercanía entre manzanas, considerando que la ciudad es un mosaico urbano de distintas densidades [39].

Se consolida la estructura manzanas establecida por el INEGI en el 2016 en bloques condensados por una distancia máxima de 50 metros entre manzanas, obteniendo 7,308 áreas de observación de mayor dimensión, que suman 2351.75 km², segregadas por los anchos de vía de la infraestructura vial mayores a 50 metros, divididas por los límites de las demarcaciones y de los distritos de la EDO 2017, más una segmentación de cuatro cuadrantes de la ZMVM. Esto para poder relacionar la información espacial disponible del continuo urbano y respectiva dinámica, contabilizando el número de empleados promedio y reportes de accidentes y tráfico Waze [40]¹, dentro de las zonas de manzanas consolidadas. Donde la movilidad ejercida por la atracción de viajes con motivo de trabajo y las ocurrencias de estas externalidades negativas no exceden los 50 metros de separación, se relacionan con la superficie urbanizada de cada distrito y la interacción espacial de estas a los municipios y alcaldías dentro del polígono límite de la ZMVM con 7,859.426 km².

En el segundo proceso utilizando los conjuntos de datos puntuales de reportes de tráfico y accidentes generados en los días, martes, miércoles y jueves del periodo de realización de la EOD2017, se contempla la ocurrencia de congestión y accidentes sin segregación, comparando su aglomeración puntual por mapa de calor para determinar en la continuidad urbana de la ZMVM la recurrencia de los dos parámetros negativos del tránsito y su relación con las

diferentes delimitaciones territoriales y las zonificaciones hasta ahora planteadas.

En un tercer acercamiento para analizar la frecuencia de congestión y accidentes se utiliza un proceso de generación de malla, grid o rejilla, creada en un Sistema de Información Geográfica (SIG), conformada por hexágonos espaciados vertical y horizontalmente por 500 metros sobre la extensión de la ZMVM. De esta manera se contabiliza, considerando en el periodo de recolección EOD2017, tanto la estimación promedio de personas que trabajan en las unidades económicas, como los reportes de accidentes y congestión de la Red Geosocial Waze (aplicación de crowdsourcing del tipo MCS), que se encuentran dentro de cada una de las divisiones en dicha malla.

3.1. Concentración de empleo promedio, congestión y accidentes viales en zonas de manzanas consolidadas.

En cuanto a la presencia de atracción de viaje por motivo de empleo se tiene que en el 26 % de las zonas de manzanas consolidadas esto es nulo y que la suma de los reportes de accidentes y tráfico en estas mismas es de 7 y 1093, que representan el 0.27 % y 0.83 % de los totales respectivos en la ZMVM. Al representar las tres condiciones mediante la clasificación, de cortes naturales de Jenks [42], se observa que los dos cortes que corresponden a las 49 zonas que concentran el mayor número de empleos representan el 1.17 % y suman el 24.34 % del total de empleos en la ZMVM en el 2017 (Ver NúmeroEmpleoPromedio en Figura 2). Mientras que la congestión en el periodo de análisis de la EOD2017 concentra reportes en 6, que es el 0.14 % de las zonas, con el 21.89 % de estos representadas en tres de los cortes Jenks con el mayor número (ver Congestión en Figura 2). En cuestión de accidentes 9 de las zonas (el 0.21 %)

¹ Los reportes de tráfico y accidentes fueron obtenidos mediante una aplicación web que recopiló los informes enviados por los usuarios [41]

y cuyo protocolo de recolección deriva de un proyecto de investigación interdisciplinario [11].



que se muestran dentro de los cuatro rangos más elevados de las rupturas Jenks, concentran el 22.03 % de los accidentes reportados en el periodo analizado (Ver Accidentes en Figura 2). De estas tres observaciones, 9 zonas de manzanas consolidadas coinciden con los cuatro rangos Jenks de mayor conteo e incidencia esto es en el 0.21 %, las cuales se encuentran dentro de la delimitación de los Distritos EOD2017,

Condesa, Nápoles, Chapultepec-Polanco, Viveros, Las Lomas, Cuajimalpa y CC Interlomas de Tecamachalco, el 3.61 % del total de distritos, este porcentaje se encuentra dentro de los límites de las alcaldías de Álvaro Obregón, Cuauhtémoc, Benito Juárez, Coyoacán, Miguel Hidalgo y los municipios de Huixquilucan y Naucalpan de Juárez.

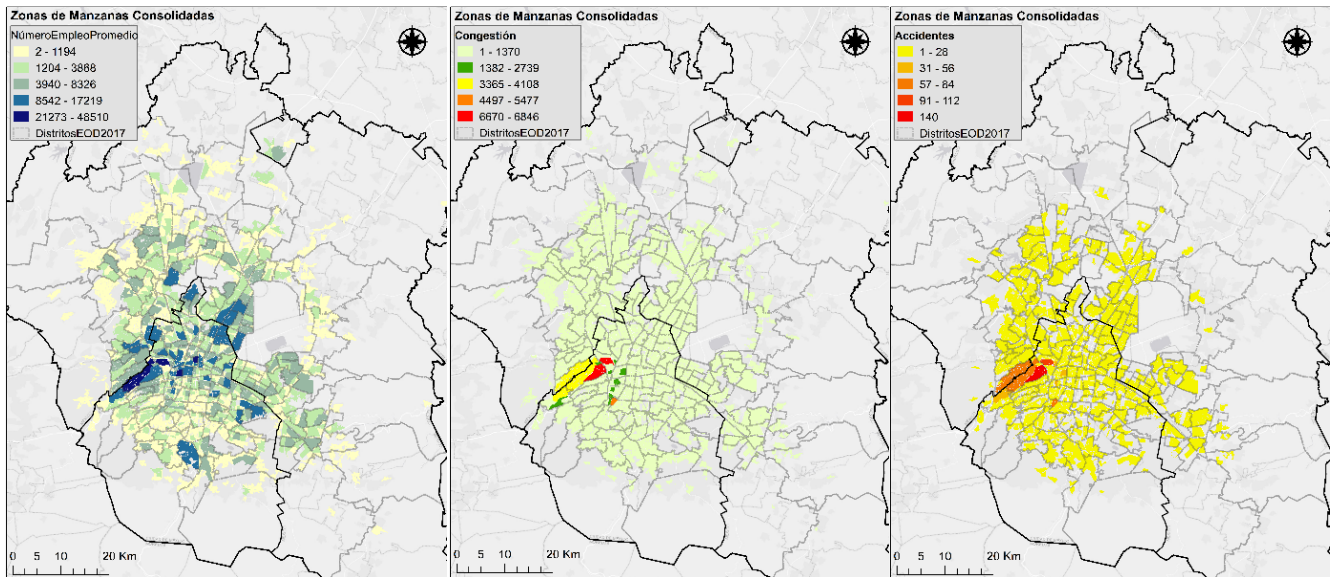


Figura 2 Coincidencia de concentración de Empleos Promedio-Reportes de Trafico-Accidentes: Zona Centro Poniente de la Ciudad de México. Elaboración Propia con geoprocесamientos SIG, agregación de polígonos y de conteo de puntos, a partir de datos SCINCE y DENUE de INEGI y base de datos de Plataforma Waze CITMA.

3.2. Concentración de densidad de reportes puntuales de congestión y de accidentes viales

Para encontrar la relación entre la congestión vial y los accidentes se realizó el análisis espacial para identificar donde se percibe mayormente la concentración de estas externalidades, utilizando datos de reportes de tráfico y accidentes de la red *Waze* [11] 229,131 y 10,084 respectivamente, de los días martes, miércoles y jueves (que se consideran como días típicos) del periodo de realización de la EOD2017, a través de un análisis de concentración mapa de calor mediante un sistema de información geográfica, se determinan a nivel metropolitano la ocurrencia de ambos fenómenos.

Las áreas de representación de mayor calor se encuentran en el sur poniente de la ZMVM dentro de los límites de las alcaldías Álvaro Obregón, Benito Juárez, Coyoacán, Cuajimalpa de Morelos, Cuauhtémoc, La Magdalena Contreras, Miguel Hidalgo, Tlalpan y los municipios Huixquilucan y Naucalpan de Juárez.

La intensidad se refleja mayoritariamente recurrente dentro del área de la ciudad de México, en la zona centro poniente de la misma, en las alcaldías Miguel Hidalgo, Álvaro Obregón, Cuauhtémoc y Benito Juárez, observándose que la congestión se reporta en su



mayoría dentro de áreas continuas (Ver Densidad de congestión en Figura 3) mientras que los accidentes tienen concentraciones dentro de las mismas alcaldías y también dentro de Tlalnepantla de Baz Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Venustiano Carranza y en los límites que se

conforman con las alcaldías de Iztacalco Coyoacán, Tlalpan, Cuajimalpa y Venustiano Carranza, revelando las concentraciones en vialidades particularmente importantes dentro de la red vial de la ZMVM (Ver Densidad de Accidentes en Figura 3).

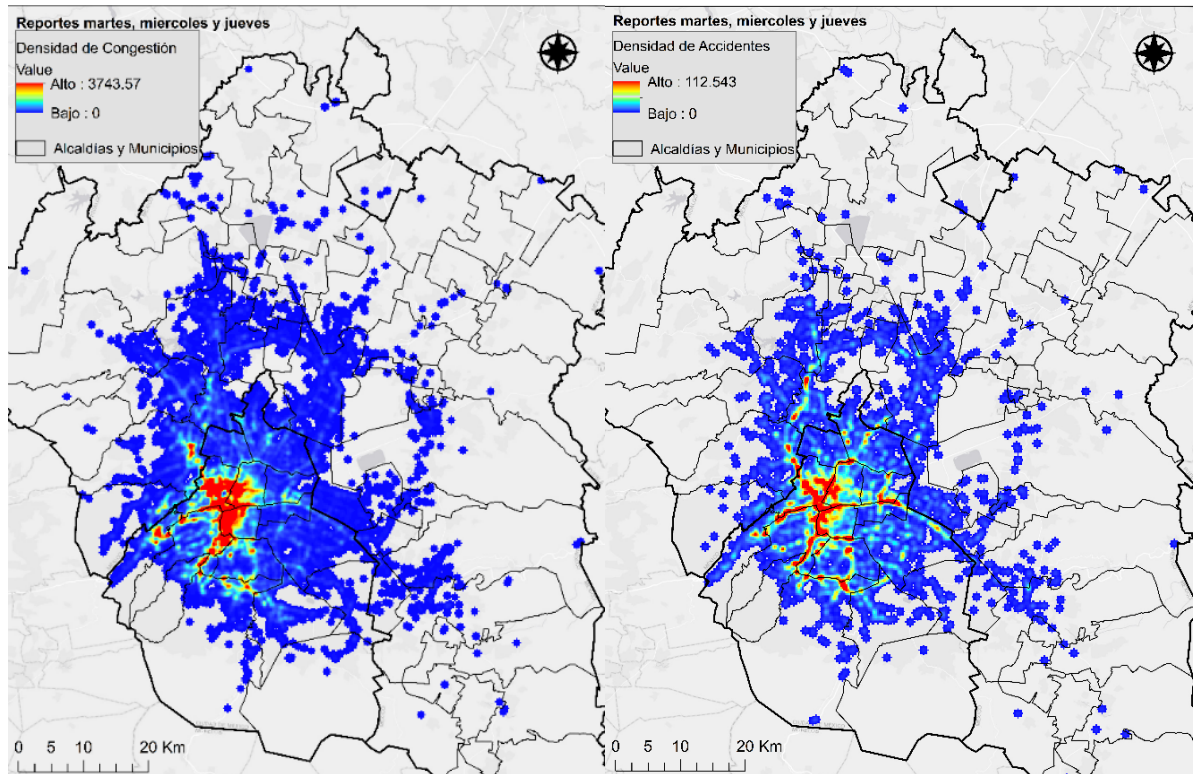
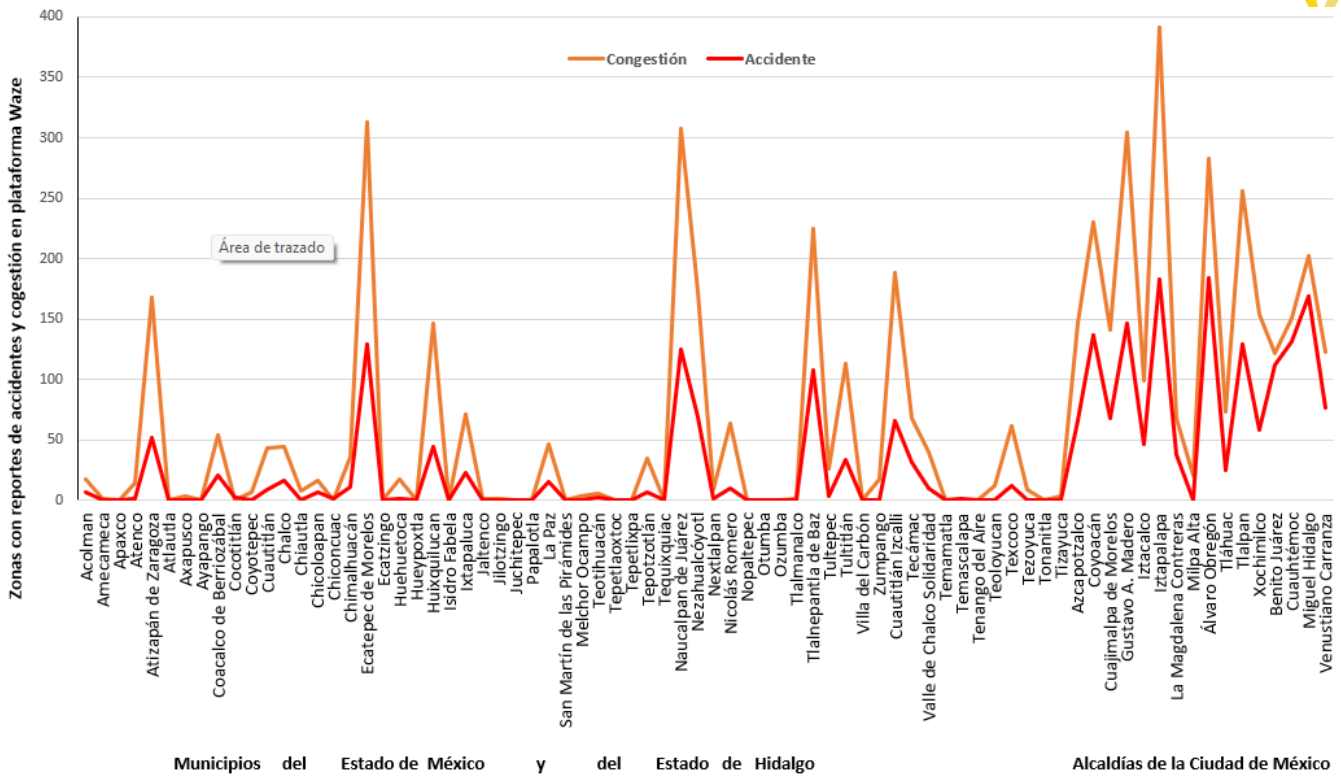


Figura 3 Concentración de densidad de reportes Tráfico y Accidentes en los días martes, miércoles y jueves (EOD 2017) en la ZMVM. Elaboración Propia con geoprocesamiento SIG, densidad de puntos, a partir de datos de Plataforma Waze CITMA.

Para verificar esta relación entre la congestión y los accidentes (advertida en análisis de mapa de calor) se realiza un análisis de concentración, dividiendo el área que cubre los reportes en la superficie de la ZMVM en celdas hexagonales de espacio tanto horizontal como vertical de 500 metros, generándose 41,600 zonas hexagonales de inspección. De estas el 12.4 % (5,159 zonas) contiene por lo menos un reporte de congestión, en el 76.31 % de municipios de la ZMVM, donde Atlautla, Ecatingo, Papalotla, Tepetlixpa, Tequixquiac, Otumba, Ozumba, Villa del Carbón, Ayapango, Isidro Fabela, San Martín de las Pirámides, Tenango del Aire, Amecameca,

Jilotzingo, Axapusco, Melchor Ocampo, Chiautla y Tezoyuca, no presentan ningún reporte de congestión. En el 5.8 % (2,414 zonas) con por lo menos un reporte de accidente en el 85.52 % de los municipios de la ZMVM, siendo los que no reportan externalidades de este tipo Apaxco, Atlautla, Chiconcuac, Ecatingo, Papalotla, Tepetlixpa, Tequixquiac, Otumba, Ozumba, Villa del Carbón y Temamatla. Con el 10.52 %, los municipios de Atlautla, Ecatingo, Papalotla, Tepetlixpa, Tequixquiac, Otumba, Ozumba y Villa del Carbón, son los municipios que no presentan conflictos viales de congestión ni accidentes (Ver Gráfica 1).



Gráfica 1. Numero de Zonas con reportes de accidentes y congestión en el Municipio del Estado de Hidalgo, Municipios del Estado de México y del Estado de Hidalgo, Municipios del Estado de México y Alcaldías de la Ciudad de México.

Al tomar en cuenta las zonas coincidentes donde la ocurrencia de un solo accidente en 18 días (días entre semana evaluados en el periodo de la EOD 2017), es la ocurrencia más baja que se presenta en el 41 % de las zonas coincidentes en 34 municipios (44.73 %) y en el caso de los reportes por congestión al establecer 20 reportes como cifra mínima de ocurrencia en la misma zona durante los días analizados se tiene el 37.34 % de zonas con ambos casos, en 35 municipios (46.05 %).

Derivado de que en el 91.96 % del total de las zonas donde existen accidentes también se presenta el fenómeno de congestión y que, en la perspectiva opuesta, en el 43.03 % de las zonas donde se reporta congestión hubo al menos un evento de accidente durante los días analizados,

la coincidencia se da en el 63.15 % de los municipios ZMVM. En el análisis de concentración en las zonas hexagonales de inspección, se determina que, en 2,220 de estas se presentan ambas externalidades negativas representando el 5.34 %, de las 41,600 zonas de inspección sobre la superficie de la ZMVM, observándose, como ya se había advertido, un diferente patrón de concentración en el análisis de densidad entre congestión y accidentes.

Con valores mayores a 262 reportes de congestión se encuentran áreas de continuidad de zonas dentro de los límites de las alcaldías, Benito Juárez, Miguel Hidalgo y Cuauhtémoc y en valores mayores a 11 accidentes se presentan patrones lineales en los límites entre estas mismas (Ver en Figura 4).

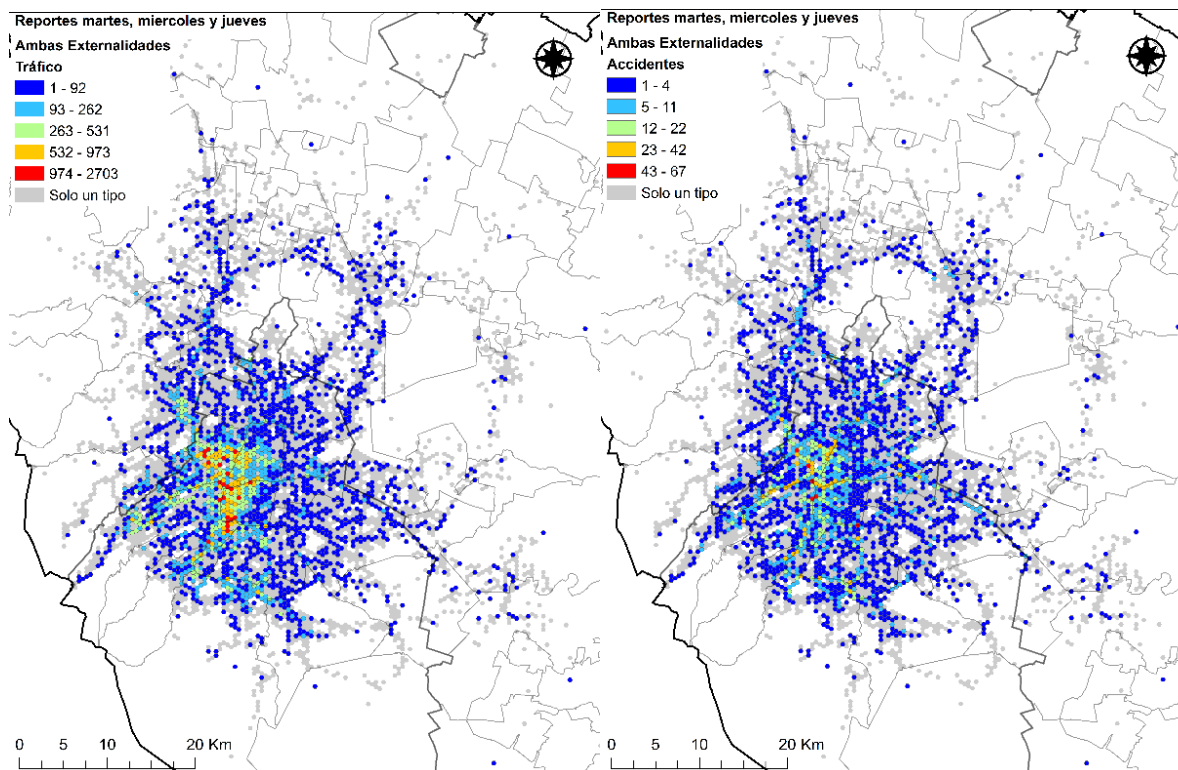


Figura 4. Concentración en zonas de reportes de Tráfico y Accidentes, en los días martes, miércoles y jueves (EOD 2017) en la ZMVM. Elaboración Propia con geoprosesamiento de conteo de puntos SIG, a partir de datos de Plataforma Waze CITMA.

Para determinar las zonas coincidentes con los más altos valores tanto de accidentes como de congestión se aplica la distribución de frecuencia de reportes mediante las relaciones 70/30 y 80/20 de Pareto, respectivamente, estimando 667 zonas (30%) con un número de accidentes que representan el 72.9 % coincidente con valores igual o mayores de 4 accidentes en una zona. Del porcentaje acumulado de reportes de congestión a partir del 77.27 % acumuladas en 529 con valores mayores o iguales a 130, que corresponden al 23.82% del total de zonas.

Al ordenar cada una de estas proporciones en 5 grupos de cortes naturales Jenks, se consideran los tres rangos más altos de estos: para valores de accidentes iguales o mayores a 17, 143 zonas y de congestión iguales o mayores a 395, al fusionarlas se conforman 175 zonas, lo cual es 26.23 % de lo obtenido con la relación 70/30 (ver Accidentes en Figura 5) y 33.08% de lo considerado con 80/20 de Pareto (ver Tráfico en

Figura 5). Estas zonas destacan el impacto de las externalidades negativas reportadas, en la sección centro sur poniente de la ZMVM, con el 41.11 % intersecando con los límites de las alcaldías de este cuadrante y el 58.86 % se encuentran contenidas totalmente dentro de ellas.

En condiciones de continuidad el 22.29 % se encuentra dentro de la alcaldía Miguel Hidalgo, 11.57 % en la alcaldía Benito Juárez, en Álvaro Obregón el 8.00 %, con un 7.47 % en la alcaldía Cuauhtémoc, 2.86 % dentro de Cuajimalpa de Morelos y 2.29 % en el municipio de Naucalpan de Juárez. Con menos del 2.00 % y en condiciones de no más de zonas continuas, las alcaldías Tlalpan, Coyoacán, Gustavo A. madero y Venustiano Carranza. En la frontera de la alcaldía Miguel Hidalgo, con las alcaldías Cuauhtémoc, Álvaro Obregón y Benito Juárez intersecan el 41.67 % de las zonas que impactan entre los límites de alcaldías en esta sección de la ZMVM (ver Figura 5).

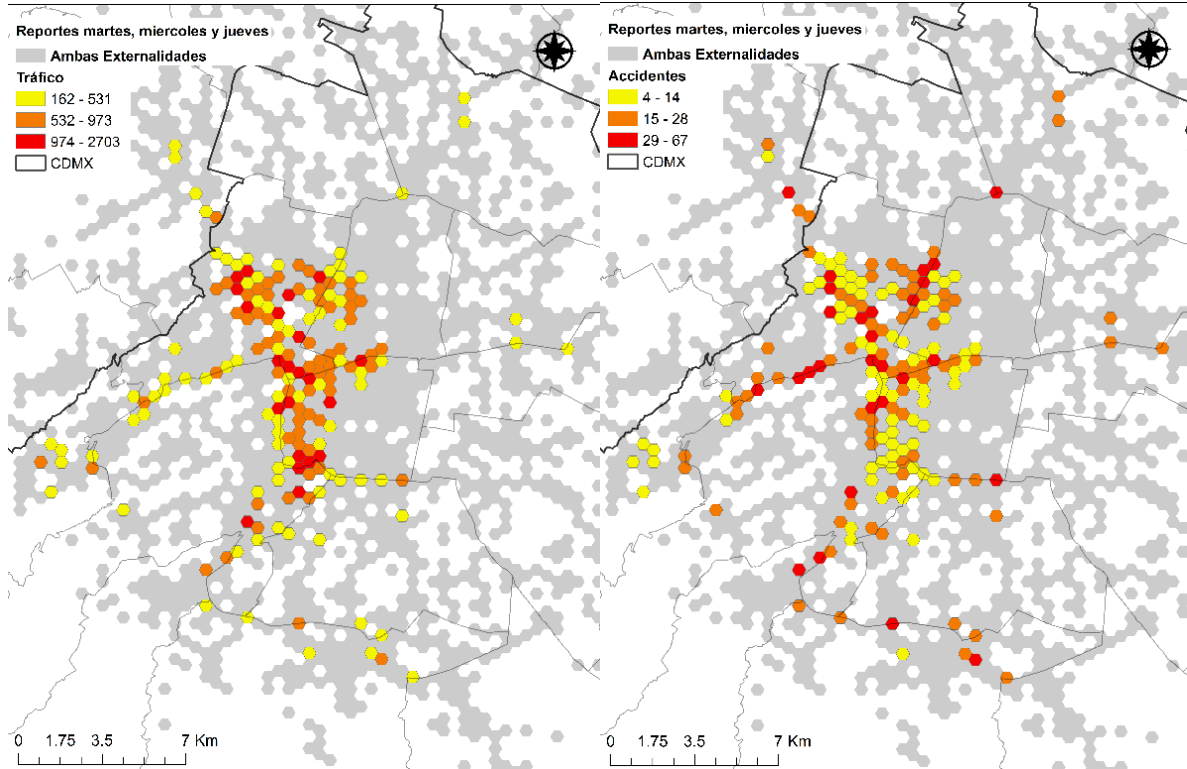


Figura 5. Zonas coincidentes con mayor número de reportes Waze de acuerdo a las relaciones 80/20 de Tráfico y 70/30 en Accidentes generados en la ZMVM en los días martes, miércoles y jueves (EOD 2017) en la ZMVM. Elaboración Propia con geoprocésamiento de conteo de puntos SIG, a partir de datos de Plataforma Waze CITMA.

3.3. Concentración de densidad de empleos promedio en las unidades económicas

Para determinar la relación espacial del empleo promedio con la concentración de congestión y de accidentes viales, advertida en el análisis de manzanas consolidadas, se utiliza la zonificación hexagonal. En cada una de las celdas, se contabiliza empleo promedio de las unidades económicas contenidas (estimado del valor medio rango de personal ocupado), como un campo de peso. En 11,091 divisiones, con al menos una UE, se estiman en conjunto 6,111,400 empleados promedio obtenidos al sumar el valor medio del rango de personas ocupadas en cada una de las unidades económicas. Con una relación 75/25 se tienen 2,818 zonas (25.4 %) con más de 657 empleos promedio en cada división, se estiman 4,583,904 empleos (75.01 %). Se agrupan las 2818 zonas en 5 clases con igual

número de zonas en cada clase mediante la clasificación de cuantiles, con los siguientes rangos 658-792, 793-976, 978-1275, 1276-1940 y 1943-27640 (Ver Figura 6). Conformada por 252 hexágonos regulares se encuentra en el último y mayor ancho de rango, el área de Máxima Continuidad de Empleo en Zonas Hexagonales (MCEZH) de UE DENUE 2017, conteniendo en ella 1,277,825 empleos promedio, intersecando con las alcaldías Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo, Benito Juárez, Álvaro Obregón y Coyoacán de mayor a menor proporción respectivamente (Ver mayor continuidad marrón en Figura 6). Al alrededor de la MCEZH se configuran a no más de 9 km de manera satelital (a excepción del sur), 7 Áreas de Continuidad de Empleo (ACE) entre 1,500 y 5,000 km², con concentraciones entre 22 mil y 62 mil de empleo promedio (Ver fronteras cian en Figura 6).

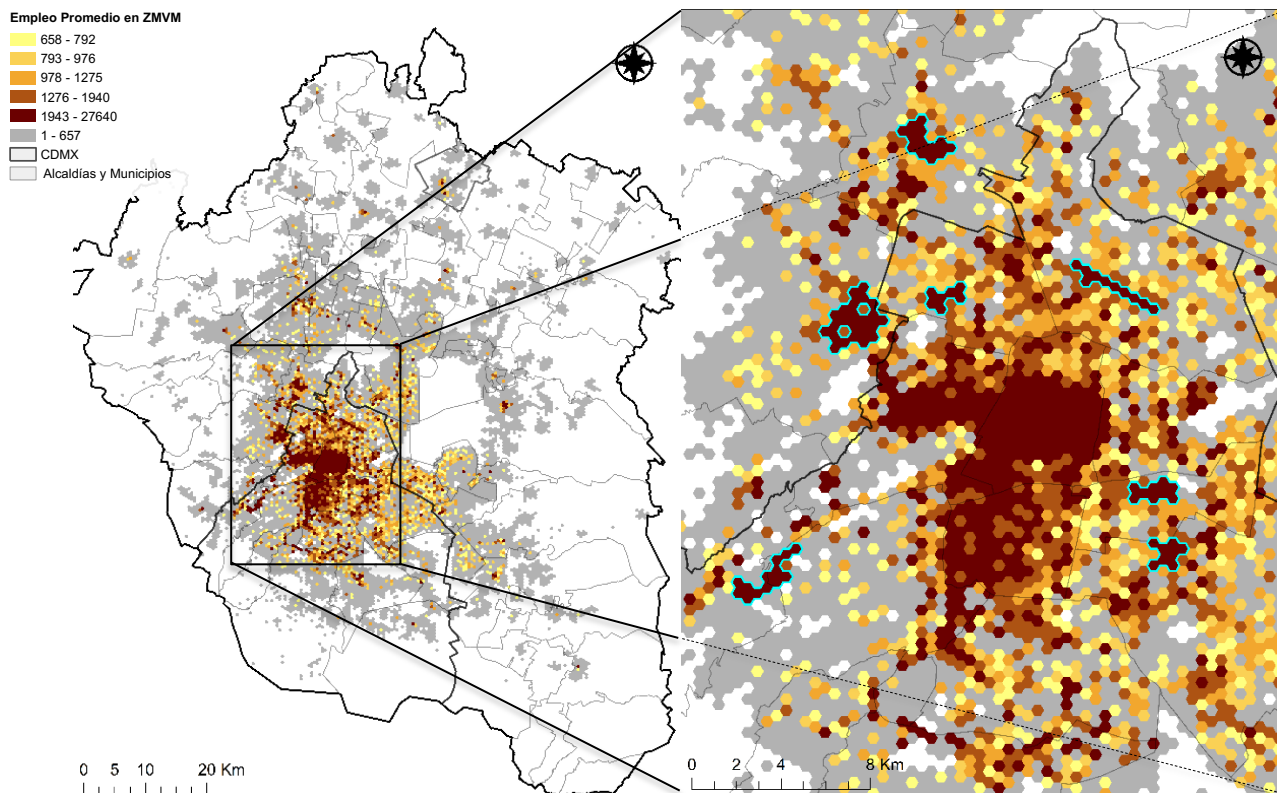


Figura 6. Concentración de Empleo Promedio en zonas, con acercamiento a la mayor continuidad en Alcaldías: Cuauhtémoc, Miguel Hidalgo y Benito Juárez. Elaboración Propia a partir de datos INEGI, DENUE 2017/03.

De las áreas satelitales de la segunda mayor continuidad suman entre ellas 7,280,171 empleos promedio, cuatro se encuentran al norte de la primera mayor continuidad. En la más alejada de estas, se contabilizan el 12.89 % dentro de la sección poniente del municipio de Tlanepantla de Baz y en el área más cercana y con mayor concentración, con el 24.56 % dentro del municipio de Naucalpan de Juárez. El área de menor dimensión de estas tiene el 7.89 % del empleo promedio de la segunda mayor continuidad dentro de la alcaldía de Azcapotzalco, mientras que dentro de la alcaldía Gustavo A. Madero se configura una distribución lineal con el 9.59 % de empleo promedio. Al oriente, se concentran dos de las zonas de empleo promedio de segunda mayor continuidad con 9.08 % y 11.73 %, una dentro la alcaldía

Iztacalco y la otra en Iztapalapa, respectivamente. Al poniente entre las alcaldías Álvaro Obregón y Cuajimalpa se conforma con igual proporción entre ellas, el 24.26 % un área de empleo promedio (Ver Figura 6). El área de MCEZH de relación 75/25 con mayor número de empleos promedio, interseca con 118 Zonas Hexagonales Coincidentes con Mayor Número de Reportes, que contienen entre 252 y 2703 reportes de congestión (Ver Tráfico en Figura 7) y entre 4 y 67 reportes de accidentes (Ver Accidente en Figura 7), acumulados en el periodo de realización de la EOD 2017, de las cuales el 26 % está totalmente contenido en la alcaldía Miguel Hidalgo, 9 % en Cuauhtémoc, 17 % Benito Juárez, 3 % Álvaro Obregón y con 1 % Coyoacán y Naucalpan de Juárez cada uno, mientras que el 43 % interseca con los límites entre las mismas entidades.

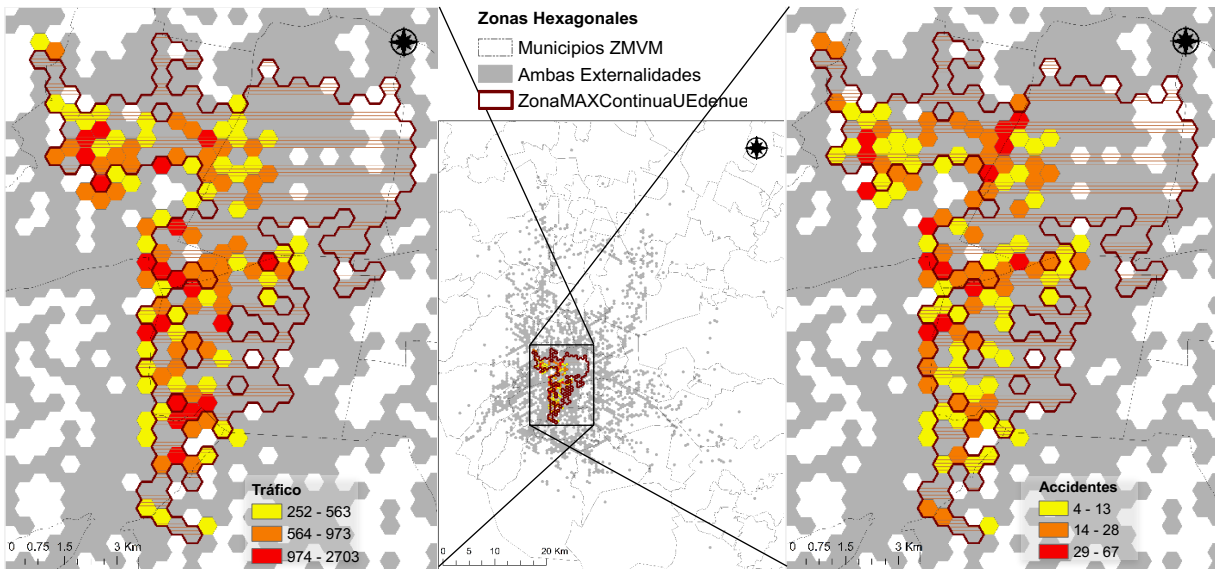


Figura 7. Zonas Coincidentes con mayor número de reportes Tráfico y Accidentes en plataforma Waze, en intersección con la zona de mayor continuidad Concentración de Empleo Promedio. Elaboración Propia a partir de datos de Plataforma Waze CITMA e INEGI, DENUE 2017/03.

En el área de MCEZH suma 110,854 empleos promedio, intersecando con los Distritos de la EOD2017: 001 Centro Histórico, 008 Condesa, 009 Nápoles, 015 De Valle, 007 Obrera, 002 Buenavista-Reforma, 016 Chapultepec-Polanco, en más del 50 % de su área y con menos del 30 % 18 distritos más. Estos siete Distritos nombrados, junto con el 004 Morelos y el 003 Tlatelolco, tienen más de 5 mil empleos promedio, concentrando el 86.5 % de los mismos, generados por 23 sectores económicos. Sin embargo, el 83 % deriva de solo 6 sectores (46, 72, 81, 54, 62, 43), lo cual revela el principio de Pareto, al ser el 26 % de los sectores que se encuentra en esta zona. El sector 46 “Comercio al por menor” es el que más unidades económicas

tiene en muchas de las zonificaciones urbanas, concentrando un 42 % de la mayor continuidad (Verificar en Tabla 1).

Dentro de esta misma área continua el sector 72 “Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas” concentra el 12 % de empleos promedio, mientras que el sector 81 “Otros servicios excepto actividades gubernamentales” el 9 %, a su vez el sector 54 “Servicios profesionales, científicos y técnicos” un 8 %, con un 6% el sector 62 “Servicios de salud y de asistencia social” al igual que “Comercio al por mayor” numerado como el sector 43.

Tabla 1 Empleo promedio por sectores económicos en Distritos de la EOD 2017 que intersecan el área de mayor continuidad de empleo en Zonas Hexagonales Jenks, distinguiendo 6 sectores de concentración. de Fuente: INEGI, DENUE 2017.

Concentración del empleo promedio por distrito y sector económico (mayores a 5 mil empleos)																									
Distritos OD			Sectores Económicos																						
ID	Empleo Promedio	%	11	21	22	23	31	32	33	43	46	48	49	51	52	53	54	55	56	61	62	71	72	81	93
001	29221	26.4		4	6	23	415	638	371	1983	18598	27	29	70	117	201	693	1	268	204	314	281	2344	2428	206
008	12722	11.5		2	3	194	172	110	94	474	2551	94	35	188	219	257	1669	4	548	383	2456	170	1778	1235	86
016	11215	10.1		11	9	177	195	128	96	618	3115	121	35	196	355	321	1351	22	545	222	764	140	1565	1127	102
002	10640	9.6		1	27	124	145	90	68	459	3073	92	28	107	342	221	1026	27	491	284	429	174	1933	1220	279
004	8181	7.4			2	1	73	30	20	378	6419	26	59	2	12	65	8		24	7	30	65	710	228	22
015	6805	6.1	1		4	140	71	74	36	367	1503	52	14	89	235	165	928	8	294	254	638	113	917	819	83
007	5985	5.4	1		6	19	211	805	136	502	1884	31	6	16	44	27	302		111	54	135	47	851	720	77
009	5737	5.2		4	5	133	97	49	52	327	1216	61	21	85	142	197	1024		321	183	377	67	701	610	65
003	5364	4.8				5	72	28	46	121	3952	3	8	1	3	22	16		26	19	44	27	602	342	27
Subtotal	95870	86.5	2	22	62	816	1451	1952	919	5229	42311	507	235	754	1469	1476	7017	62	2628	1610	5187	1084	11401	8729	947
Concentración de 6 sectores	79874	83.3								5229	42311						7017				5187		11401	8729	



Los viajes en automóvil particular en los Distritos de la EOD 2017 con más de 113,896 en cada uno, los generan el 36.6 % (71 delimitaciones) de esta zonificación, sumando el 63.21 % de todos los viajes generados en la ZMVM, en cuya distribución espacial destaca tres continuidades. Dos en los extremos nororiente y sur-centro de la ZMVM con 4 y 2 distritos, respectivamente, que no superan los

208,741 viajes en automóvil particular en cada uno. La mayor continuidad y proporción de distritos con más viajes generados (suma de producidos y atraídos) se concentra en el sector centro poniente de la ZMVM, donde 22 distritos superan la cifra anterior, sumando el 27.84 % a nivel metropolitano y el 47.21 % de los que están arriba de los 113 mil (Ver Figura 8).

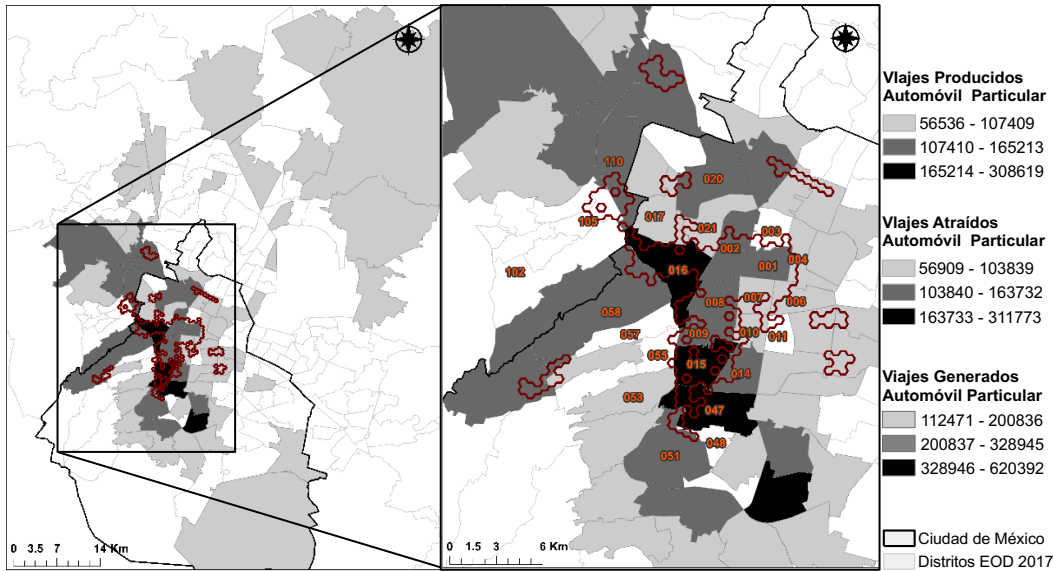


Figura 8. Zona de mayor continuidad de Concentración de Empleo Promedio con relación a el mayor número de Viajes en Automóvil Particular, Producidos y Atraídos en los Distritos: Chapultepec-Polanco, Del Valle, Viveros, Ciudad Universitaria, Condesa, Buenavista-Reforma, Las Lomas, Centro Histórico (Ver Tabla 2). Elaboración Propia a partir de INEGI, EOD 2017.

El área MCEZH interseca en diferentes proporciones con el 13 % de los distritos de la ZMVM de la EOD 2017 (26 delimitaciones) que suman cerca del 25 % de viajes atraídos y también producidos dentro de la ZMVM. Tanto para la ZMVM como para este conjunto, tienen mayor generación de movilidad en auto los distritos: 016 “Chapultepec-Polanco”, con 311,773 viajes atraídos y 308,619 viajes producidos y el 015 “Del Valle” con 219,226 y 221,806 viajes atraídos y producidos respectivamente, el tercero a nivel metropolitano es el 044 “Coapa” (polígono negro sin etiqueta en Figura 8), que no interseca con esta zona solo

con las alcaldías Coyoacán y Tlalpan. mientras que con 193,071 viajes atraídos y 190,810 producidos el distrito 047 “Viveros”, que es el tercero dentro de este 13% de distritos de la ZMVM. Los distritos 058 “Las Lomas”, 110 “CC Cd Satélite-Industrial Alce Blanco” y 020 “Industrial Vallejo” con 147,315, 130,583 122905 viajes producidos y 145561, 130,215, 120,562 atraídos en auto particular respectivamente, que intersecan con el área MCEZH también intersecan con tres de las ACE identificadas satelitalmente alrededor de esta (Ver Figura 8 y Tabla 2).

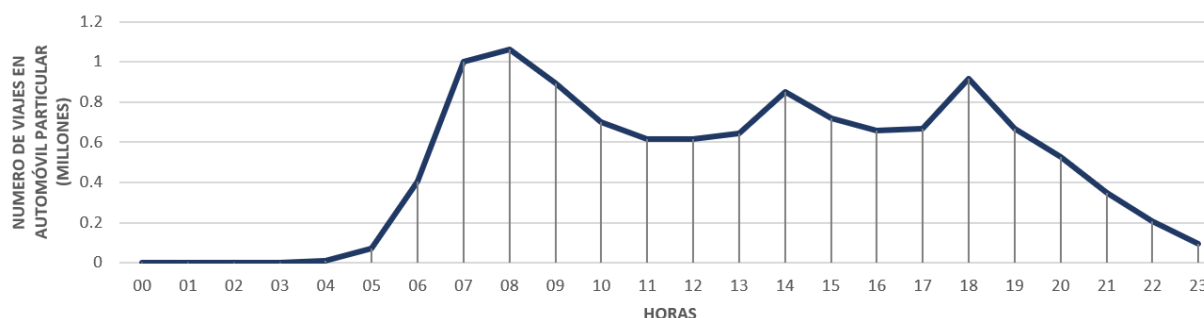


Tabla 2. Número de Viajes en Auto Producidos y Atraídos en los Distritos que intersecan con la Zona de mayor continuidad de Concentración de Empleo Promedio. Elaboración Propia a partir de INEGI, EOD 2017.

	Distrito	Distrito Nombre	Producidos	% Producidos ZMVM	Atraídos	% Atraídos ZMVM	Suma A P	% Suma AG ZMVM
1	016	Chapultepec-Polanco	308619	2.52%	311773	2.55%	620392	5.07%
2	015	Del Valle	221806	1.81%	219226	1.79%	441032	3.61%
3	047	Viveros	190810	1.56%	193071	1.58%	383881	3.14%
4	051	Ciudad Universitaria	161015	1.32%	163303	1.34%	324318	2.65%
5	008	Condesa	160314	1.31%	162336	1.33%	322650	2.64%
6	002	Buenavista-Reforma	152548	1.25%	149293	1.22%	301841	2.47%
7	058	Las Lomas	147315	1.20%	145561	1.19%	292876	2.40%
8	001	Centro Histórico	135218	1.11%	136569	1.12%	271787	2.22%
9	110	CC Cd Satélite-Industrial Alce Blanco	130583	1.07%	130215	1.06%	260798	2.13%
10	014	Portales	127657	1.04%	126291	1.03%	253948	2.08%
11	009	Nápoles	124093	1.01%	126284	1.03%	250377	2.05%
12	020	Industrial Vallejo	122905	1.01%	120562	0.99%	243467	1.99%
13	021	La Raza	103169	0.84%	103123	0.84%	206292	1.69%
14	053	Las Águilas	100491	0.82%	95609	0.78%	196100	1.60%
15	017	Panteones	87265	0.71%	83465	0.68%	170730	1.40%
16	006	Balbuena	83729	0.68%	84633	0.69%	168362	1.38%
17	010	Vértiz Narvarte	72990	0.60%	70890	0.58%	143880	1.18%
18	004	Morelos	67479	0.55%	67021	0.55%	134500	1.10%
19	007	Obrera	57904	0.47%	56909	0.47%	114813	0.94%
20	003	Tlatelolco	54052	0.44%	55762	0.46%	109814	0.90%
21	057	Observatorio, Terminal de Autobuses Observatorio	53882	0.44%	54469	0.45%	108351	0.89%
22	055	Molinos	51699	0.42%	52513	0.43%	104212	0.85%
23	048	Pedregal de Santo Domingo	49284	0.40%	48032	0.39%	97316	0.80%
24	011	Reforma Iztaccíhuatl	39864	0.33%	40393	0.33%	80257	0.66%
25	105	Fraccionamiento Industrial Naucalpan Poniente	37910	0.31%	38279	0.31%	76189	0.62%
26	102	Club de Golf Lomas-Campo Militar Naucalpan	35939	0.29%	29497	0.24%	65436	0.54%

Tomando en cuenta de la suma de viajes producidos [P] y atraídos [A], los dos rangos de mayor dimensión de cortes naturales Jenks agrupan a doce distritos con viajes en auto mayores a 243,466 (Ver Suma A P en Tabla 2 y Figura 8). Al revisar de estos en los registros de la EOD 2017, las magnitudes de inicio y llegada de viaje en auto durante el día, en el periodo del

estudio, después de las 5 y antes de las 23 horas, existen significativamente más de 100 mil viajes sumados en estos distritos en cada una de las horas, se tiene picos máximos dentro de las 7 y 8 a.m., 2 p.m. y 6 p.m. superando en dos horas consecutivas el millón de viajes en auto (Ver Grafica 2).



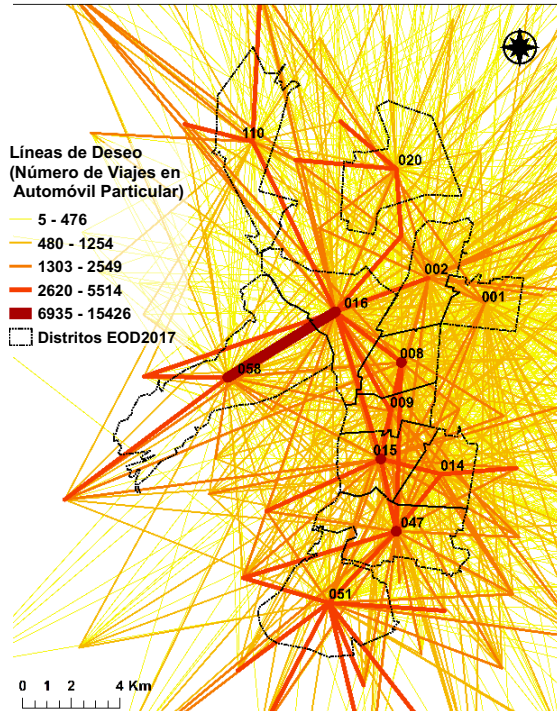
Gráfica 2. Horas de máxima demanda 7:00 a 8:00 y 18:00 a 19:00 de generación de viajes en automóvil particular, en promedio martes, miércoles y jueves, en los distritos con mayor número de reportes Tráfico y Accidentes en plataforma Waze, en coincidencia con la zona de Concentración de Empleo Promedio. Elaboración Propia a partir de INEGI, EOD 2017.

Analizando las dos horas consecutivas con máxima demanda que pertenecen al periodo de 6

a 9 a.m., la movilidad generada en auto tiene sus máximos en una dinámica origen-destino dentro



de los mismos distritos, en el 016 con 15426, en el 015 con 11010, en el 047 con 9109, en el 008 con 7476, en el 058 con 7093, y desde el 047 al 016 con 6935 viajes en auto (Ver Mapa 1).



Mapa 1 Concentración de líneas de deseo (6:00 a 9:00 hrs), en los distritos con mayor número de reportes de Tráfico y Accidentes en plataforma Waze, en coincidencia con la zona de Concentración de Empleo Promedio: Las Lomas Chapultepec-Polanco, Condesa, Del Valle, Viveros. Elaboración Propia a partir de INEGI, EOD 2017.

Así la concentración de la superficie urbanizada en un continuo, presenta alta probabilidad de satisfacción de las necesidades que ofrecen las urbes. Cuya atracción depende tanto del número y tipo de actividades del sector o sectores que alberga, como de la cantidad de personal requerido para que estas se desarrollen, derivando en concentraciones de viajes en las vialidades que sirven de enlaces, conectores y rutas entre varias zonas a determinadas horas del día, donde el grado de demanda del espacio vial se transforma en congestión y/o accidentes en las mismas zonas donde se localiza el continuo urbano, más que en las zonas desagregadas.

4. Resultados y Discusiones

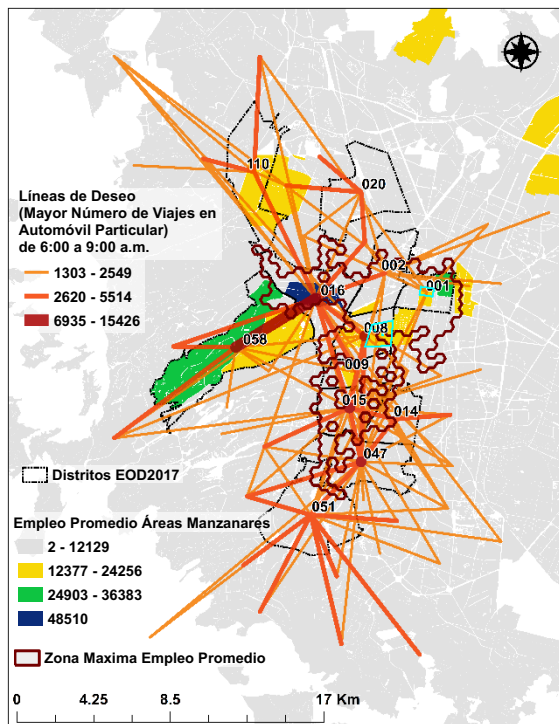
Relacionado directamente dentro de los propósitos de viajes obligados [43], al analizar el número promedio de personal ocupado del conjunto de unidades económicas en la ZMVM en cada una de las áreas manzaneras, se observa que las dos áreas consolidadas en las que se concentran las cantidades máximas de personal ocupado dentro la ZMVM en el periodo de análisis, intersecan en significativa proporción con el área de MCJZH y están contenidas en dos distritos atractores de viajes.

Se cuentan arriba de cuarenta y ocho mil empleos promedio dentro de lo que es la área máxima de esta concentración en la alcaldía Miguel Hidalgo (zona azul en Mapa 2) y en el área dentro de la alcaldía Cuauhtémoc (polígono verde de menor área en Mapa 2) se tienen más de veintisiete mil empleos promedio, dentro de zonas agregadas de manzanas con el espacio de configuración del diseño no mayor a 50 m de separación entre las vialidades, (Ver Mapa 2) las cuales se encuentran dentro de los distritos EOD2017 016 “Chapultepec-Polanco” y 001 “Centro Histórico” respectivamente. Junto con estos distritos, parciales dentro de las mismas alcaldías, el 058 “Las Lomas” contiene zonas amanzanadas, donde una de las cuales concentra el tercer mayor número de empleos promedio (Ver polígono verde de mayor tamaño en Mapa 2) mayormente contenido en alcaldía Miguel Hidalgo.

Con valores cercanos a los 16 y 21 mil empleos promedio en zonas contenidas en los distritos 001 “Centro Histórico” y 008 “Condesa” respectivamente, dentro de la delimitación de la alcaldía Cuauhtémoc (Ver los dos polígonos amarillos con límites cian en el Mapa 2), mientras que entre estos dos valores esta una zona manzanar en el distrito 009 Nápoles de la alcaldía Benito Juárez con más de 17 mil empleos promedio (Ver polígono amarillo al sur en el Mapa 2).



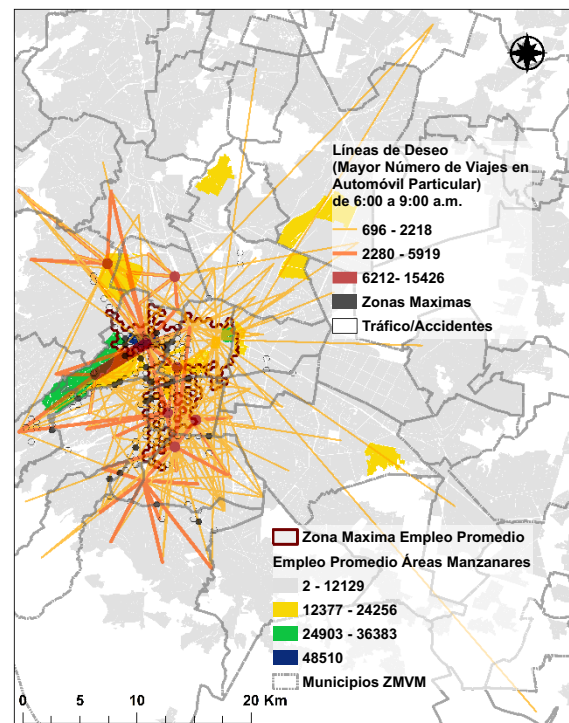
Bajo estas condiciones se identifica la correspondencia del número de viajes atraídos a las áreas por empleos y el uso del automóvil particular, dados los datos de la EOD2017 representados en el Mapa 1 y perceptibles en el Mapa 2, donde el par OD 058 al 016 es de mayor número de viajes en auto del periodo matutino de máxima demanda que se muestra en la gráfica 2 cuya cifra es parte de la proporción de atracción del 2.55 % del distrito 016 “Chapultepec-Polanco” y del 1.2 % de la proporción de producción de viajes del distrito 058 “Las Lomas”, identificados en la Tabla 2 y en Mapa 1.



Mapa 2. Líneas de deseo (origen-destino) con mayor número de viajes en automóvil particular en zonas de manzanas consolidadas y de Concentración de Empleo Promedio. Elaboración Propia a partir de DENUE y EOD 2017, INEGI.

Considerando de los pares O-D, la suma de los viajes en auto de la Encuesta en Hogares 2017 en los periodos de máxima demanda, de 6 a 9, de 12 a 15 y de 18 a 21 horas, se observa que los mayores números de estas interacciones se dan en la parte central, sur, poniente y norponiente de la Ciudad de México, impactando en las alcaldías

Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Benito Juárez, Cuajimalpa de Morelos, Álvaro Obregón, Coyoacán, Tlalpan y los municipios colindantes de Tlalnepantla de Baz, Atizapán de Zaragoza y Huixquilucan. Esto tiene relevancia en relación a las 175 zonas 70/30 en accidentes y 80/20 en situaciones de tráfico, donde se identifica como Zonas Máximas a el 20 % de estas (35 zonas) en las que se contabilizan 20 o más reportes de accidentes junto con 500 o más reportes de tráfico, estando el 66 % de estas próximas a la continuidad MJCJZH (Ver Mapa 3).



Mapa 3. Zonas de coincidencia máxima de reportes de tráfico y accidentes viales en plataforma Waze en líneas de deseo (origen-destino) con mayor número de viajes en automóvil particular. Elaboración Propia a partir de datos de Plataforma Waze CITMA, EOD 2017 INEGI.

En la HMD de 06 a 09 h, 25 distritos atraen desde 47, el mayor número de viajes en autos, conformando 139 pares origen-destino, donde el distrito 016 “Chapultepec-Polanco”, es el mayor atractor en este horario, formando 24 pares OD, que, incluyendo sus viajes internos, suman el 21.34 % de los que son superiores a 1303 viajes ente distritos. De estos, atraen cerca del 12 % los



distritos 051 “Ciudad Universitaria” y 015 “Del Valle” conformando 15 pares OD cada uno, el distrito 047 “Viveros” al igual que estos dos, junto con sus viajes internos, forma 14 pares OD, llegando a sumar entre estos cuatro el 54.16 % de los viajes atraídos. Siendo “Viveros” el de mayor número de viajes producidos en auto en el mismo horario, sumando junto con los distritos 015 “Del Valle”, 058 “Las Lomas”, 016 “Chapultepec-Polanco”, 009 “Nápoles”, 008 “Condesa”, 020 “Industrial Vallejo”, 110 “CC Cd Satélite-Industrial Alce Blanco” y 052 “Olivar de los Padres-San Jerónimo”, una producción de viajes en auto del 50.68 % del número de viajes en el rango de mayores o iguales a 1303 (Ver 06 a 09 en Tabla 3 & HMD 6 a 9 h en Figura 9). Mientras que en HDM de 12 a 15 horas existen 97 pares OD entre 30 distritos productores y 33 distritos atractores de viajes en auto arriba de 1118, de los cuales “Chapultepec-Polanco” es de mayor producción y atracción de este periodo, con 14.2 % y 11.8 % respectivamente. Sumando en la atracción los distritos 058 “Las Lomas”, 015 “Del Valle”, 047 “Viveros”, 51 “Ciudad Universitaria” y 110 “CC Cd Satélite-Industrial Alce Blanco” el 52.52 % y en la producción con 53.03 % los distritos 015 “Del Valle”, 047

“Viveros”, 058 “Las Lomas” y 051 “Ciudad Universitaria” (Ver 12 a 15 en Tabla 3 & HMD 12 a 15 h en Figura 9). En el periodo ultimo de máxima demanda, desde 31 distritos se generan 230 pares O-D a 68 distritos destino, con viajes superiores a los 695, el 54.34% los producen los distritos 016, 015, 002 y 001 “Centro Histórico”, y los distritos atractores del 50.14 % son el 047, 016 “Chapultepec-Polanco”, 015 “Del Valle”, 008 “Condesa”, 009 “Nápoles”, 058 “Las Lomas”, 110 “CC Cd Satélite-Industrial Alce Blanco”, 020 “Industrial Vallejo”, 044 “Coapa”, 002 “Buenavista-Reforma” y 045 “Culhuacán CTM” (Ver 16 a 21 en Tabla 3 & HMD 16 a 21 h. en Figura 9). Siendo seis los agrupamientos de distritos que concentran poco más del 50 % de viajes en auto, dos por periodo, los distritos 016 y el 015 son constantes en los tres periodos del día, tanto de producción como de atracción, el distrito 047 al igual que estos dos también es de los que suman este porcentaje en los tres periodos pico de viajes en auto, excepto en la producción del periodo de 18 a 21 h, mismo en el cual no concentra en esta suma el distrito 058 ni en la atracción del primer periodo, teniendo al igual que el distrito 051 4 agrupamientos (Ver Tabla 3 & Figura 9).

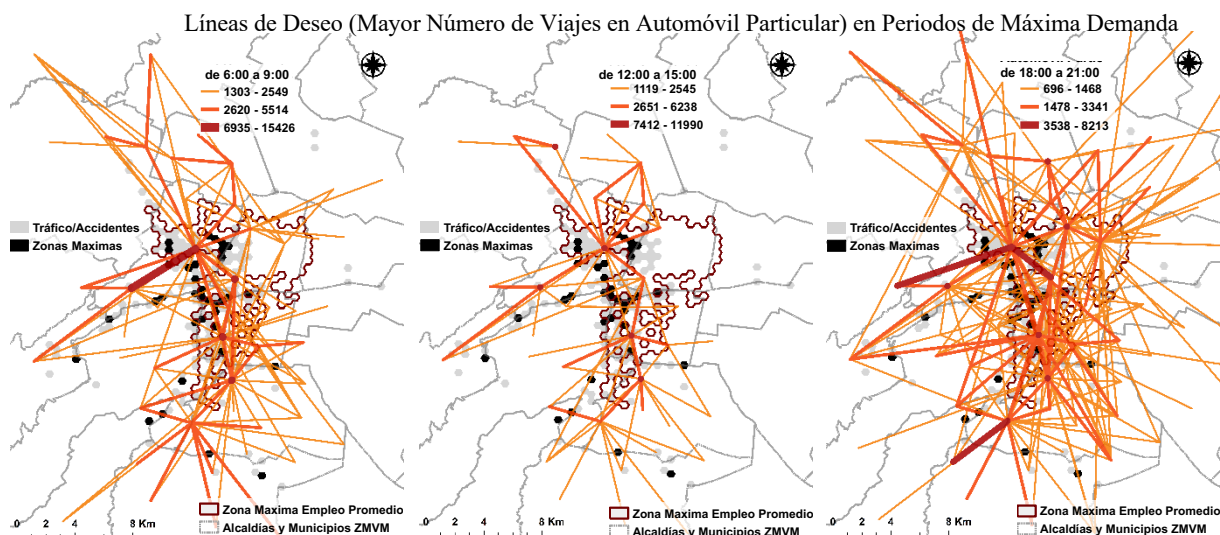


Figura 9. Concentración mayor de Líneas de deseo (origen-destino) coincidentes con las zonas máximas en las horas de máxima demanda (6:00 a 9:00, 12:00 a 15:00, 18:00 a 21:00) de viajes en automóvil particular en alcaldías de la CDMX: Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc, Benito Juárez y Coyoacán. Elaboración Propia a partir de datos de Plataforma Waze CITMA, EOD 2017 INEGI.



Tabla 3. Generación máxima de viajes en auto producidos y atraídos en los distritos ZMVM 2017 en los horarios de Máxima Demanda de los días martes miércoles y jueves del periodo de la EOD 2017 en relación con la cobertura espacial de los mismos en los periodos de 06 a 09, 12 a 15 y de 18 a 21 con las zonas de máxima ocurrencia de tráfico-accidentes en Waze (mismos días de la EOD2017) Elaboración Propia a partir de datos de Plataforma Waze CITMA, EOD 2017 INEGI.

Distrito	Viajes Producidos	Viajes Atraídos	Distrito	Viajes Producidos	Viajes Atraídos	Distrito	Viajes Producidos	Viajes Atraídos
47	36549		47	36549		47	36549	24383
15	31383		15	31383		16	24109	24222
58	24399		58	24399		15	22025	22025
16	24109		9	15619		8	14293	14703
9	15619		8	14293		9	14180	14180
8	14293		20	12985		58	13289	13289
20	12985		110	12319		110	12044	12044
110	12319		52	10732		20	11620	11620
52	10732		101	9699		44	8633	8633
101	9699		45	9604		2	8452	8452
45	9604		2	9561		45	7600	7600
2	9561		53	9312		101	7445	7445
53	9312		21	8467		52	7214	7214
21	8467		59	7647		53	6556	6556
59	7647		51	7023		21	6362	6362
51	7023		8	26042		14	6284	6284
8	26042		65	6636		63	5395	5395
65	6636		13	6499		26	5210	5210
13	6499		112	6472		59	4994	4994
112	6472		18	6426		111	4824	4824
18	6426		10	5750		48	4796	4796
10	5750		14	5486		13	4782	4782
14	5486		64	5241		17	4508	4508
64	5241		111	5124		54	4299	4299
111	5124		17	5103		68	4054	4054
17	5103		109	4887		10	3934	3934
109	4887		63	4816		109	3828	3828
63	4816		49	4647		51	3658	3658
49	4647		46	4457		18	3551	3551
46	4457		66	4392		31	3425	3425
66	4392		43	3526		65	3388	3388
43	3526		62	3400		64	3350	3350
62	3400		57	3395		66	3312	3312
57	3395		44	3326		12	3033	3033
44	3326		68	3170		108	2970	2970
68	3170		11	3105		112	2914	2914
11	3105		32	2874		46	2682	2682
32	2874		19	2633		43	2635	2635
19	2633		54	2496		55	2549	2549
54	2496		56	2468		49	2389	2389
56	2468		108	1606		57	2202	2202
108	1606		3	1566		5	2194	2194
3	1566		5	1371		32	2185	2185
5	1371		12	1353		40	2090	2090
12	1353		31	1353		4	1991	1991
31	1353		4	1311		113	1961	1961
4	1311		48	1305		11	1800	1800
48	1305					29	1623	1623
						27	1616	1616
						116	1484	1484
						167	1442	1442
						3	1241	1241
						56	1233	1233
						61	1077	1077
						19	1025	1025
						62	1022	1022
						84	1008	1008
						42	963	963
						142	886	886
						156	884	884
						186	786	786
						50	785	785
						6	774	774
						206	760	760
						38	742	742
						199	726	726
						33	712	712
						153	696	696



Al revisar las posibilidades de conectividad mediante la superficie de circulación entre distritos, utilizando la RNC (Red Nacional de Caminos) [44] del año 2017 para la estimación de las rutas seguidas por los viajes en autos en entre distritos en el periodo de la EOD2017, calculadas a través del algoritmo de la ruta más corta con el análisis de redes en SIG, teniendo en cuenta para cada par O-D los 7,308 centroides de las áreas de observación de manzanas consolidadas, cada uno asignado al Distrito EOD2017, obteniendo todas las posibles combinaciones de rutas en cada una de las HDM detectadas. Al fusionar los tramos de vialidad se obtienen diferentes densidades en los

tres periodos del día, se observa una densidad variable en la extensión de la RNC dentro de la ZMVM presentando mayor concentración de rutas cercanas al centro poniente de la delimitación de ZMVM y norte de la Ciudad de México derivado de la conformación de la red carretera, vialidades urbanas, infraestructura de gran envergadura y la orografía, cuyo libramiento lleva a que los viajes en auto coincidan en los mismos tramos viales para los distritos del EDOMEX ubicados cerca de los límites de la ZMVM (Ver figura 10).

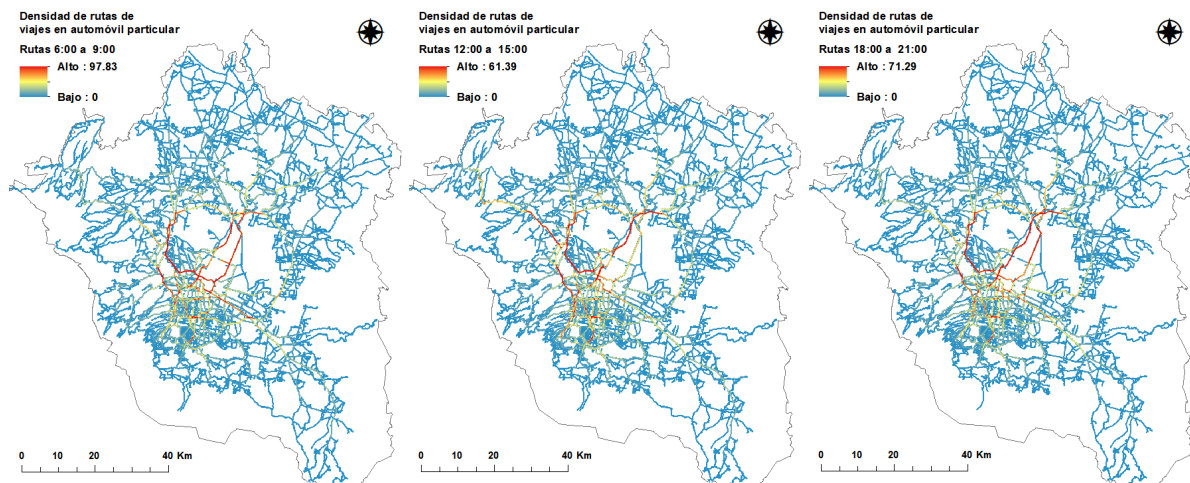
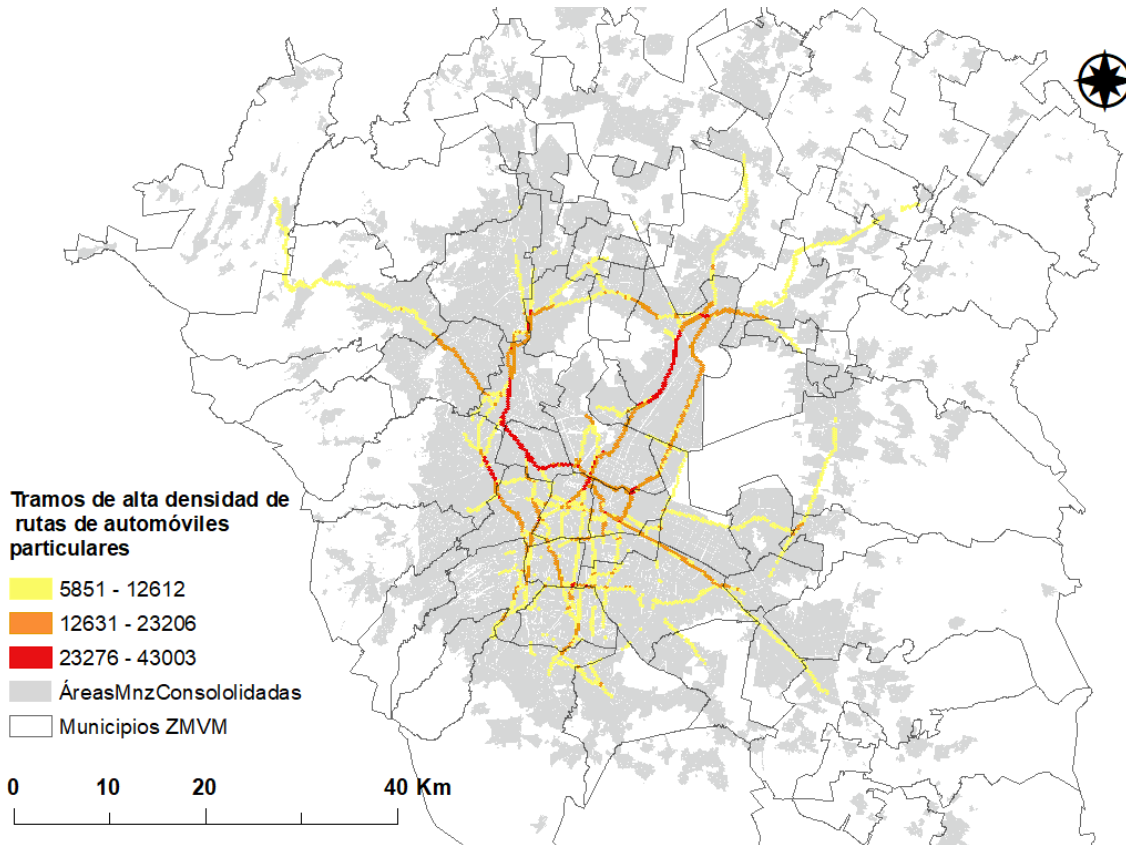


Figura 10. Valores altos de concentración de densidades de rutas de viajes en automóvil particular entre distritos relacionados en los tres periodos de máxima demanda: Municipios del Estado de México Ecatepec y Tlanepantla, limítrofes a las alcaldías Azcapotzalco y Gustavo A. Madero de la CDMX. Elaboración Propia con procesamiento SIG a partir de datos: EOD 2017, RNC y SINCE, INEGI.

Al fusionar los tres conjuntos de rutas de las HMD se contabiliza el número de tramos viales de la RNC mediante una malla hexagonal de 250 m para extraer algunas características de las vialidades (nivel de circulación, número de carriles, velocidad máxima de circulación) donde se presenta mayor densidad de rutas. Teniendo 28332 celdas que contienen al menos un tramo de ruta, el tercer rango valores máximos de 5 Cortes Naturales Jenks presentes en 2828 celdas (10% del total que contiene al menos uno) como parámetro mayor a 5850 tramos en cada celda.

Estos suman 14410, de los cuales 1042 son avenidas a nivel de 3 carriles con velocidad de reglamento de 60 km/h, 1031 calles a nivel con 50 km/h de dos carriles, con avenidas de 2 carriles a nivel 709 y 667 con velocidades de 50 y 40 km/h respectivamente, periférico aparece con 632 tramos con velocidad máxima de 60 km/h de tres carriles a nivel. Junto a los tipos viales de enlaces, carretera y eje vial, periférico, avenida y calle, suman el 80.7 % de tramos con 11.4, 8.16, 7.07, 8.12, 28.1 y 17.81 respectivamente.



Mapa 4. Corredores de movilidad de alta densidad de rutas de automóviles particulares, en la límite territorial: Corredores EDOMEX, Tlanepantla, Naucalpan, Ecatepec, Coacalco y Cuautitlán; Corredores CDMX, Azcapotzalco, Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Miguel Hidalgo, Iztacalco e Iztapalapa. Elaboración Propia a partir de datos de Plataforma Waze CITMA; RNC, EOD 2017 INEGI.

Siendo la velocidad de 60 km/h, superficie de circulación a nivel (0) y 2 carriles, las

características de mayor frecuencia en todos los tipos de tramos (Ver Mapa 4 & Tabla 4).

Tabla 4. Número de carriles, niveles de circulación y velocidad máxima permitida en tramos viales con mayor concentración en las celdas hexagonales de 250 m de extensión. Elaboración Propia a partir de datos RNC 2017, INEGI.

Tipo Vial	Número de Carriles									Total	Tipo Vial	Niveles					Total	Tipo Vial	Velocidad										Total				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8			N/A	-2	-1	0	1			2	3	10	20	30	40	50	60	70	80		90	100		
Avenida	59	1772	1679	476	45	20	1			4052	Avenida	42	3829	179	2		4052	Avenida			1456	952	1644										4052
Boulevard		104	31	1						136	Boulevard	3	118	15			136	Boulevard			37	71	28									136	
Calle	32	1658	779	89	7	2				2567	Calle	26	2488	50	3		2567	Calle			8	113	698	1748								2567	
Callejón		1								1	Callejón		1				1	Callejón		1										1			
Calzada	1	244	369	142	113	1				870	Calzada	14	839	16	1		870	Calzada		1		214	20	635							870		
Camino									67	67	Camino		67				67	Camino		2		65								67			
Carretera	2	707	396	63	8					1176	Carretera	7	997	127	44	1	1176	Carretera			1	37	4	185	1	266	486	196			1176		
Cerrada	4	5								9	Cerrada		9				9	Cerrada	3	1	2	3								9			
Circuito		475	251	30	27	13	23	19		838	Circuito	3	33	746	56		838	Circuito				12	99	727							838		
Corredor				45						45	Corredor	2	43				45	Corredor						45						45			
Eje vial	21	152	248	247	301	48	3			1020	Eje vial		22	970	25	3	1020	Eje vial				228	9	783							1020		
Enlace	307	1234	83	18	1					1643	Enlace	1	64	1271	282	24	1643	Enlace			926	201	516								1643		
Glorieta		68	4	10						82	Glorieta		82				82	Glorieta	57	13	12									82			
Otro	1									1	Otro		1				1	Otro		1									1				
Periférico	7	273	864	18	4	5				1171	Periférico	10	34	1017	101	9	1171	Periférico				1	1	987	1	181					1171		
Privada		5								5	Privada		5				5	Privada				3	2						5				
Prolongación		3	16							19	Prolongación		19				19	Prolongación				2	6	11					19				
Retorno	40	289	4	8	3	1				345	Retorno		343	2			345	Retorno	179	166										345			
Viaducto	1	173	110	77	2					363	Viaducto	48	219	73	23		363	Viaducto						358	5					363			
Total general	1 474	7163	4834	1224	511	90	27	19	67	14410	Total general	14	295	13064	926	109	2	14410	Total general	243	1115	332	3271	2910	5403	7	447	486	196	14410			



Revisando en las celdas hexagonales de 250 m, solo las rutas que conectan a los 12 distritos con mayor generación de movilidad en auto (Distritos más Viajes en Automóvil en Figura 11), se aprecia que la concentración de tramos mantiene una relación espacial tanto con las 175 zonas de proporciones 70/30 en accidentes y 80/20 en situaciones de tráfico (Hexágonos Trafico/Accidentes en Figura 11), como con las 35 celdas extraídas de estas con la máxima conciencia de ambos (Zonas Máximas ($20 \leq A$, $500 \leq C$) en Figura 11). Develando que la utilización de los mismos tramos de vía urbana para los viajes en autos recae en mayor

proporción en secciones viales que conectan estos distritos entre ellos y con el resto de la ZMVM. Observándose mediante la sobreposición, que la máxima congestión y ocurrencia de accidentes mantiene una proximidad e incidencia sobre la concentración de rutas en la zona sur poniente la ZMVM, donde la densidad relativa de ocupación se relaciona con las HMD, que en sus mayores dimensiones se presentan en el centro-poniente de la Ciudad de México para la dinámica de la ZMVM (Ver Figura 11). Dentro de las alcaldías Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc y Benito Juárez.

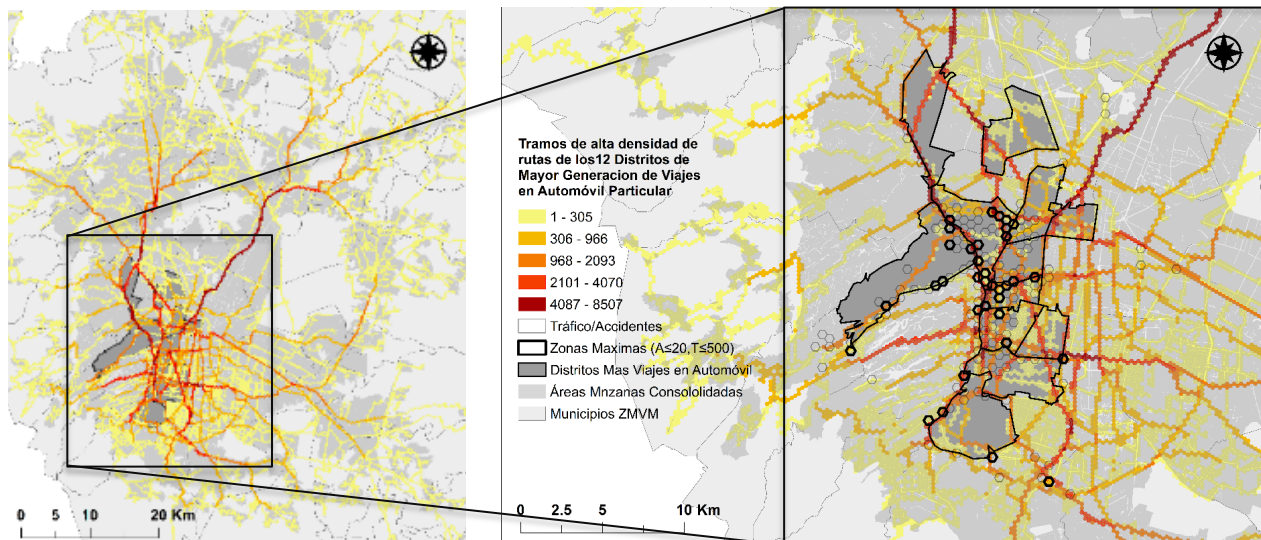


Figura 11. Concentración de corredores viales de alta densidad vehicular, derivado de los 12 distritos con la mayor generación de viajes, coincidentes zonas máximas de concentración de congestión vehicular y accidentes. Elaboración Propia con procesamientos en SIG a partir de datos de Plataforma Waze CITMA, RNC y EOD 2017 INEGI

Este análisis de la dinámica en auto policentro-periferia, para el periodo de realización de la EOD 2017 las rutas que conectan los 194 Distritos y permiten esta interacción en los diferentes periodos del día, muestra cargas de viajes que generan corredores de movilidad en auto particular que conecta con distritos EOD donde se contabiliza en 2016 entre 125, 247 a 159, 686 habitantes, siendo los corredores de mayor longitud los localizados en zona norte, uno en el cuadrante norte-poniente el cual se vincula con la carretera México-Querétaro para

las rutas que conectan con distritos 111, 117, 118, 116 121 y dos en el cuadrante norte-oriente en conexión con las carretera México-Pachuca y Ecatepec-Teotihuacan como parte de las rutas coincidentes que conectan a los distritos 164, 168, 171 y 172, la vinculación al sur-oriente se relaciona con la carretera México-Puebla conectando el distrito EOD 206 y la continuidad en área urbana mediante la Calzada Ignacio Zaragoza en la frontera de la ciudad de México con la del municipio Nezahualcóyotl y los distritos 192, 193, 182, 186, 187, 188, 189. En



obviedad estos corredores de movilidad en auto particular desde los distritos delimitados dentro del Estado de México tienen vinculación con la red vial de la ciudad de México como se posibilita observar en las figuras 10, 11 y en el mapa 4, a través de la Autopista Urbana Norte-Periférico del lado poniente y con el lado oriente mediante la conexión con Calzada de Guadalupe y Av. Paseo de la Reforma. Así mismo se configuran corredores transversales entre los que se pueden incluir las rutas que se vinculan con Circuito Interior, Viaducto, Eje 8 Sur. Y verticales con Calzada de Tlalpan, Insurgentes, División del Norte develando la importancia en las rutas de vialidades de entre 2 a 4 carriles, superficie de circulación a nivel y velocidades máximas permitidas entre 40 y 60 km/h.

5. Conclusiones

En la dinámica de crecimiento y expansión territorial de la ZMVM derivada de su poder de atracción y concentración, (este heredado desde el primer asentamiento humano contenido en ella), el cual ha sido regenerado a través de políticas urbanas y potencializados por los sistemas de producción modernos, se llegan a superar, en ciertos momentos, las capacidades de los sistemas de servicios, mientras que la orografía ha limitado y/o direccionado esta expansión. Esto, en conjunto con los fenómenos naturales, intensifican las condiciones de tráfico y ocurrencia de accidentes, como lo ha sido el sismo de gran magnitud en horas laborables (13:14 del 19 de septiembre del 2017) y/o las lluvias de diferente intensidad en las distintas épocas del año, develando la situación problemática a la que ha llegado el asentamiento humano en la actualidad interfiriendo con las actividades cotidianas de la población. De las cuales la asistencia al trabajo es el principal motivo de viaje, (digamos en una urbe convencional no especializada al entretenimiento o al turismo), incluso en situaciones de confinamiento.

Se observa cómo esta condición en el espacio urbano de la ZMVM encuentra en su dinámica una confirmación a la 1^{ra} ley de la geografía, revelando patrones de coincidencia y cercanía de las significativas concentraciones de reportes de tráfico y de accidentes en las áreas manzanas consolidadas con las que registran más de 21, 273 personas ocupadas en las unidades económicas ahí localizadas, coincidiendo en el cuadrante sur-oriente de la ZMVM (Ver Figura 2).

La concentración puntual de reportes de tráfico y accidentes (Figura 3) presenta alcances espaciales considerables con las zonas manzanas consolidadas revelando también la desagregación de las mismas y apreciación de linealidades que vinculan estas densidades en diferentes patrones de concentración entre congestión y accidentes.

Con la malla hexagonal se desagrega y particulariza la concentración de congestión y accidentes, tanto con el análisis de las proporciones 70/30 y 80/20 de Pareto como con los rangos por cortes naturales Jenkes al determinar los grupos mayoritarios de cada caso se revela que las concentraciones coincidentes entre estas externalidades reportadas en la plataforma Waze se dan mayormente en la sección del cuadrante sur-poniente del área urbanizada de la ZMVM resaltando en el interior y los límites compartidos de las alcaldías Miguel Hidalgo, Cuauhtémoc y Benito Juárez y en entre los límites de estas con la alcaldía Álvaro Obregón y de esta y Benito Juárez con la alcaldía Coyoacán. Tanto Benito Juárez, Miguel Hidalgo y Cuauhtémoc contienen la mayor proporción de la continuidad de zonas hexagonales que concentran el mayor número de empleos promedio (Ver Figura 6).

Teniendo en cuenta la proximidad y contención en la MCJZH con la relación 70/30 y 80/20 de las externalidades negativas y su relación espacial con los distritos de la EOD que intersecan, la evaluación de la dinámica de viajes generados en



auto (producidos y atraídos) revelada en la misma, una relación de los viajes en auto generados por la ubicación de las unidades económicas que ofrecen empleos en el cuadrante sur-poniente de la extensión urbana de la ZMVM y la congestión y accidentes reportados en una red geosocial por usuarios del vehículo particular automotor, durante el periodo del ejercicio de estimación de viajes de la EOD 2017. Reafirmando una policentralidad para los viajes en auto en esta zona sur-poniente y que bajo las condiciones de la morfología de la ZMVM en la tradicional dinámica pendular se advierte la relación policentro-periferia.

En el análisis de densidad de rutas se pueden identificar estos corredores de movilidad en auto particular en diferentes intensidades que se relacionan con periodos de máxima demanda y la dinámica pendular policentro-periferia. Siendo el viaje en auto considerado por muchos de los sectores de la población, aun cuando no se tiene acceso a ello, sobre todo en países latinoamericanos, como el más rápido, cómodo y seguro y que cuando se tiene la opción, es el que se utiliza para la asistencia al trabajo, particularmente en esta investigación, para acceder a zonas donde el poder adquisitivo tiene mayor relevancia y donde se mantiene cierta prioridad para el auto particular. Lo contrario de esta condición preferencial al auto, se observa en la sección nororiente de MCJZH (concentración continua de empleo y por lo mismo de viajes por motivo de trabajo) mayormente contenida dentro de la alcaldía Cuauhtémoc (Ver Mapas 2 y 3 y Figura 9), donde la peatonalización y el tratamiento exclusivo para el tránsito de transporte público en algunas de sus vialidades, inhiben los viajes en auto, pues reducen las posibilidades para esta condición y por otra parte es la alcaldía con mayor acceso a los sistemas masivo y semimasivo de transporte público.

La extracción de las distancias permite parametrizar los tiempos de viaje entre distritos, los cuales deben desagregarse por modo de

traslado y el periodo horario, al utilizar una red vial adecuada en cuestión de flujos y colas [45] permite que se evalúen y asignen las diferentes conexiones entre distritos. Las posibilidades de rutas seguidas por los conductores de auto desde los diferentes distritos de la ZMVM evaluadas mediante el algoritmo de la ruta más corta, revelan que la concentración de los viajes en los corredores de movilidad de auto particular vinculándose en el cuadrante sur-poniente de la extensión de la ZMVM, inciden en las zonas coincidentes de máxima ocurrencia de congestión y accidentalidad relacionadas con toda la sección poniente de MCJZH y la infraestructura vial que conecta en y entre los distritos con mayor número de viajes en auto particular. Al retoman datos e información secundaria con diferentes características y tiempos de procesos de generación, recolección, almacenamiento y asequibilidad, que concentrados a través de los SIG para el análisis de un mismo espacio en un mismo tiempo, con geoprocusamientos se revelan relacionales entre las actividades urbanas y los fenómenos derivados.

Al considerar que “con las condiciones favorables para los viajes motorizados, los datos de Internet asequibles y la creciente penetración de los teléfonos inteligentes” [46] no solo se potencializan los servicios de transporte privado compartidos, también permiten la evaluación de las situaciones cotidianas de congestión y accidentes en tiempos y espacios específicos, aplicando una metodología de reconocimiento territorial y de características que se relacionan con la dinámica y cierta morfología especializada de la ZMVM. Las condiciones adversas de la movilidad urbana (accidentes y congestión), contabilizadas de lo reportado por los usuarios de la plataforma de la red geosocial Waze que también son usuarios cotidianos que viven la red vial y el funcionamiento del espacio público, inmerso en la problemática, análogo a lo que significaba en épocas anteriores el reporte de tráfico que se escuchaba en la radio y que aún



suele informarse en otros medios, proveniente de los corresponsales que se encuentran en el lugar. Los reportes en esta plataforma han cobrado gran significancia que incluso Google traffic quien presenta algoritmos de condiciones de tráfico cotidiano por hora y día de la semana recabados de los perfiles de movimiento de teléfonos inteligentes [47] compro la plataforma.

El estudio plantea una base metodológica para el análisis de la dinámica urbana de la ZMVM que es replicable a las nuevas configuraciones metropolitanas planteadas en el 2020 por expertos de la CONAPO, INEGI y SEDATU [48], que con la gran cantidad de datos digitales con ubicación espaciotemporal permite ahondar, ahora más asequible mediante la digitalización de los servicios de transporte [49] y replicable en próximas investigaciones que permitirán la comparativa ante los datos del TP como de los posibles accesos a datos de plataformas como Waze y TomTom [50] o Uber [51] y las EOD que se generen en los condicionamientos de las dinámicas urbanas y de continuidad metropolitana.

Esto permite resaltar los espacios en la dinámica de la ZMVM que se deben analizar prioritariamente para identificar las condiciones generales y/o particulares que existen en las zonas y vías públicas que impactan en la recurrencia de accidentes y/o congestión, para poder realizar propuestas de movilidad segura y sustentable.

Resaltando la importancia de la integración de datos de diferentes fuentes oficiales, de estudios y colaboraciones entre consumidores de las redes sociales, que coinciden en el mismo espacio y tiempo de realización de las actividades humanas urbanas y se deja el planteamiento para seguir el análisis junto con los factores derivados del crecimiento de la población y/o económico y la implicación de los límites de la capacidad vial y análisis de la movilidad [52], fricción y vulnerabilidad humana, que permita vislumbrar la posibilidad de implementación del concepto de capacidad de carga a través de un modelo de

crecimiento logístico tanto para población [53] como para el parque vehicular, número de unidades económicas, accidentes y/o los otros elementos involucrados y derivados de la dinámica urbana. Considerando para futuros estudios el incluir de datos de diferentes fuentes de coincidencia temporal y de relación con la dinámica de la ZMVM, ya que el análisis combinado de ocurrencia de accidentes y congestión contextualizando en el espacio-tiempo determinado donde existen datos que se pueden relacionar y ver incrementados con el crecimiento de los avances tecnológicos, capacidades de almacenamiento de información y algoritmos de análisis automatizado, permitirá que se puedan identificar y resolver estos y otros problemas en un tiempo más corto.

6.- Reconocimiento de autoría

Jazon Fabian Hernandez Peña: Conceptualización; Ideas; Metodología; Análisis formal; Investigación; Análisis de datos; Escritura. *Emilio Bravo Grajales:* Conceptualización; Ideas; Metodología, Investigación; Recursos, Análisis Formal; Escritura. *Carlos Islas Moreno:* Conceptualización; Ideas; Investigación; Análisis de datos; Borrador original. *Pedro Lina Manjarrez:* Conceptualización; Ideas; Investigación; Análisis de datos; Revisión y edición.

Referencias

- [1] C. Fang y D. Yu, "Urban agglomeration: An evolving concept of an emerging phenomenon", *Landsc. Urban Plan.*, vol. 162, pp. 126–136, junio de 2017. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.02.014>
- [2] A. Mendoza. "Enfoque económico para la corrección de externalidades en el transporte". Instituto Mexicano del Transporte | Gobierno | gov.mx. diciembre 2005. <https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=285&IdBoletin=98>
- [3] S. Tripathi, S. Kaur, "Do negative externalities have any impact on populations agglomerations? Evidence from urbani Indi" *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*; Bucharest, Tomo 13, no. 3, pp 5-



24, agosto 2018.

https://www.researchgate.net/publication/326734290_Do_negative_externalities_have_any_impact_on_population_s_agglomerations_Evidence_from_urban_India

[4] I. Chatziioannou, L. Alvarez-Icaza, E. Bakogiannis, C. Kyriakidis y L. Chias-Becerril, “A Structural Analysis for the Categorization of the Negative Externalities of Transport and the Hierarchical Organization of Sustainable Mobility’s Strategies”, *Sustainability*, vol. 12, n.º 15, p. 6011, julio de 2020.

<http://dx.doi.org/10.3390/su12156011>.

[5] T. A. Litman. “Smart congestion relief: Comprehensive evaluation of traffic congestion costs and congestion reduction strategies”. Victoria Transport Policy Institute, enero 2025.

https://www.vtpi.org/cong_relief.pdf

[6] M. Harbering y J. Schlüter, “Determinants of transport mode choice in metropolitan areas the case of the metropolitan area of the Valley of Mexico”, *J. Transport Geogr.*, vol. 87, p. 102766, julio de 2020.

<https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102766>

[7] ONU-Hábitat “Aglomeración urbana de la Ciudad de México”. Informe CPI Extendido, Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, México, pp. 14-15, noviembre 2018.

https://unhabitat.org/sites/default/files/documents/2019-05/extended_cpi_report_-_mexico_city.pdf

[8] ONU-Hábitat “Urbanización y desarrollo: Futuros Emergentes”. Reporte de ciudades del mundo. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, Nairobi, Kenya, pp. 5-6, noviembre 2018.

<https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/WCR-2016-WEB.pdf>

[9] F. de Alba Murrieta y N. Hernández Guerrero, «Capítulo 3 “La megalópolis como el mundo de los procesos”» de *Las paradojas de la megalópolis*, México, Centro de Estudios Sociales y de Opinión Pública. Cámara de Diputados / LXIII Legislatura, 2017, pp. 53-54.

<http://www5.diputados.gob.mx/index.php/camara/Centros-de-Estudio/CESOP/Estudios-e-Investigaciones/Libros/Las-paradojas-de-la-Megalopolis.-Un-debate-a-diferentes-vozes>

[10] G.V. Ángeles P., J. Castillejos L., A. L. Reyes C., E. Bravo G., A. Perez E., J.L. Quiroz F., “Road traffic accidents analysis in Mexico City through crowdsourcing data and data mining techniques” *International Journal of Computer and Information Engineering, Control and*

Computer Sciences, vol:12, no. 8, pp. 604-608, junio 2018. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1340532>

[11] A. Pérez E., A. L. Reyes C., J. L. Quiroz F., E. Bravo G., “Trafico CDMX System: Using Big Data to improve the Mobility in Mexico City” ICCBD '18: Actas de la Conferencia Internacional de Computación y Big Data de 2018, pp. 13-17, septiembre de 2018.

<https://doi.org/10.1145/3277104.3277114>

[12] E. Bravo, “Movilidad cotidiana y transporte urbano en la integración de la ciudad fragmentada de Ixmiquilpan, Hidalgo”, Tesis Doctoral, Univ. Nac. Auton. Mex., Ciudad de México, 2017. pp. 23-24.

https://ru.dgb.unam.mx/handle/DGB_UNAM/TES01000758215

[13] M. Hieu N., J. Armoogum, J-L. Madre y C. Garcia “Reviewing trip purpose imputation in GPS based travel surveys”. *Journal of Traffic and Transportation Engineerin (English edition)* vol. 7, no. 4, pp. 395-412, agosto 2020.

<https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.05.004>

[14] C. Gutierrez-Osorio, C. Pedraza, “Modern data sources and techniques for analysis and forecast of road accidents: a review”. *Journal of Traffic and Transportation Engineerin (English edition)* vol. 7, no. 4, pp 432-436, agosto 2020.

<https://doi.org/10.1016/j.jtte.2020.05.002>

[15] P. Chinmoy, N. Takahashi, N. Balasubramanian, J. Manoharan, N. Sangolla, V. Kulothungan y & P. Sitikantha. “Comprehensive analysis of indian road accident data to enrich road safety”. *FISITA Documentos técnicos* octubre 2018

<https://go.fisita.com/store/papers/F2018/F2018-APS-084?search=53616c7465645f5f3c17e29a9dd6874f3de040166be5fdca5cc3705baf2b155add1dc8fe65697ce9d1f8958e7549427fa538b5b1e3066243eb2cef4332032cd91cae85f2da17a125ad630cc3a127edf977413a161eb0663160de8577ece2c640>

[16] OECD (Organization for Economic Co-operation and Development), “OECD Regions and Cities at a Glance 2018” OECD Publishing, Paris, France, 2018.

https://doi.org/10.1787/reg_cit_glance-2018-en

[17] J. A. Lara, G. E. Díaz, J. C Zentella, A. Guevara, “Los costos de la expansión urbana: aproximación a partir de un modelo de precios hedónicos en la Zona Metropolitana del Valle de México”. *Estudios Demográficos y Urbanos*; vol. 32, no.1, pp.37-63, enero 2017.

<http://dx.doi.org/10.24201/edu.v32i1.1615>



- [18] I. Pasidis “Congestion by accident? A two-way relationship for highways in England” *Journal of Transport Geography*, vol. 76, pp. 301-314, abril 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2017.10.006>
- [19] R. Y. Guo, H. Yang, H. J. Huang “Are We Really Solving the Dynamic Traffic Equilibrium Problem with a Departure Time Choice?”. *Transportation Science*, vol. 52, no 3, pp. 497-737, mayo-junio 2018. <https://doi.org/10.1287/trsc.2017.0764>
- [20] K. Xie, D. Yang, K. Ozbay, H. Yang “Use of real-world connected vehicle data in identifying high-risk locations based on a new surrogate safety measure”. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 125, pp. 311-319, abril 2019. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.07.002>
- [21] J. Bao, Z. Yang, W. Zeng, X. Shi, “Exploring the spatial impacts of human activities on urban traffic crashes using multi-source big data”, *Journal of Transport Geography*, vol. 94, p. 103118, junio 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103118>
- [22] S. Narayanaswami “Intelligent Transportation Systems: Concepts and Cases” 13a edición, Camb. Sch. Publ, Newcastle Reino Unido, 2023. <https://www.cambridgescholars.com/product/978-1-5275-9124-0>
- [23] INEGI, Encuesta Origen Destino en Hogares de la Zona Metropolitana del Valle de México (EOD) 2017, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) <https://www.inegi.org.mx/programas/eod/2017/>
- [24] S. Cook, “Geographies of run-commuting in the UK” *Journal of Transport Geography*, vol. 92, p.103038, abril 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103038>.
- [25] M. Karimpour, A. Karimpour, K. Kompany, Ali Karimpour “Online Traffic Prediction Using Time Series: A Case study”, de *Integral Methods in Science and Engineering*, vol. 2, pp. 147-156, Springer Nature, septiembre 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59387-6_15.
- [26] H. Wang, J. Guo, B. Zhang, H. Zeng, “Simulating urban land growth by incorporating historical information into a cellular automata model”, *Landscape and Urban Planning*, vol. 214, p. 104168, octubre 2021. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104168>.
- [27] M. Karacasu, K. Akalin y B. Ergül, “Time Series Analysis of Number of Road Motor Vehicles in Turkey”, *International Journal of Civil and Structural Engineering – IJCSE*, vol 3, no. 1, pp. 214-216, abril 2016. https://www.researchgate.net/publication/311468471_Time_Series_Analysis_of_Number_of_Road_Motor_Vehicles_in_Turkey
- [28] L. Mozaffari, A. Mozaffari, N. Azad, “Vehicle speed prediction via a sliding-window time series analysis and an evolutionary least learning machine: A case study on San Francisco urban roads”, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 18, no. 2, pp. 150-162, junio 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2014.11.002>.
- [29] Z. Zheng, Z. Wang, L. Zhu, H. Jiang, “Determinants of the congestion caused by a traffic accident in urban road networks”, *Accident Analysis & Prevention*, vol. 136, p. 105327, marzo 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.105327>.
- [30] Y. Lin, R. Li, “Real-time traffic accidents post-impact prediction: Based on crowdsourcing data”, *Accident Analysis & Prevention*, vol. 145, p. 105696, septiembre 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105696>.
- [31] A. Król, M. Król, “Numerical investigation on fire accident and evacuation in a urban tunnel for different traffic conditions”, *Tunnelling and Underground Space Technology*, vol. 109, p. 103751, marzo 2021. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2020.103751>.
- [32] M. Xiao, Y. Xu, and H. Sun, “Unknown Worker Recruitment in Mobile Crowdsourcing” en “*Mobile Crowdsourcing: From Theory to Practice*” editores J. Wu y E. Wang, Springer Nature Switzerland, abril 2023, pp. 61-90. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-32397-3>
- [33] S. Bhattacharjee y S. K. Das “Information Integrity in Participatory Crowd-Sensing via Robust Trust Models” en “*Mobile Crowdsourcing: From Theory to Practice*” editores J. Wu y E. Wang, Springer Nature Switzerland, abril 2023, pp. 251-273. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-32397-3>
- [34] S. Sodagari “Privacy and Security for Mobile Crowdsourcing” River Publishers, Gistrup, Dinamarca 2023. ISBN 978-10-0381-141-1 https://www.riverpublishers.com/book_details.php?book_id=1089



- [35] J. Wu, Ch. Song, and W. Chang, “Crowdsourcing as a Future Collaborative Computing Paradigm” en “Mobile Crowdsourcing: From Theory to Practice” editores J. Wu y E. Wang, Springer Nature Switzerland, abril 2023, pp. 3-32.
<https://doi.org/10.1007/978-3-031-32397-3>
- [36] S. He and K. G. Shin, “Urban Mobility-Driven Crowdsensing: Recent Advances in Machine Learning Designs and Ubiquitous Applications” en “Mobile Crowdsourcing: From Theory to Practice” editores J. Wu y E. Wang, Springer Nature Switzerland, abril 2023, pp. 33-58.
<https://doi.org/10.1007/978-3-031-32397-3>
- [37] Instituto Nacional de Estadística y Geografía “Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)”, descarga 2017/03 de las áreas geográficas Ciudad de México (09), Hidalgo (13) y México (15).
<https://www.inegi.org.mx/app/descarga/?ti=6>
- [38] J. B. Villa, A. J. Villar, “Prácticas de movilidad cotidiana por motivos laborales. Estudio de caso en Metepec, Estado de México” en “Estudios urbanos en la confluencia de la compleja interdisciplinarietà”. Coordinadores Vladimir Hernández, Rocío Ramírez, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, 2019, pp. 79-103.
<https://elibros.uacj.mx/omp/index.php/publicaciones/catalog/download/144/127/836-1?inline=1>
- [39] C. Jiménez Romera “Tamaño y densidad urbana Análisis de la ocupación de suelo por las áreas urbanas españolas” Tesis doctoral Universidad Politécnica de Madrid, España 2017, pp. 92-94
<http://oa.upm.es/39937/>
- [40] Waze Mobile “Driving directions, live traffic & road conditions updates - Waze” 2006-2024.
[Waze. https://www.waze.com/](https://www.waze.com/)
- [41] R. F. Estrada., A. Molina, A. Perez. A. L. Reyes, J. L. Quiroz, and E. Bravo, “Zonification of Heavy Traffic in Mexico City”. Proceedings of the International Conference on Data Mining (DMIN); Athens: The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp), pp. 40-43, julio 2016.
https://www.researchgate.net/publication/322644686_Zonification_of_Heavy_Traffic_in_Mexico_City
- [42] A. García y L. Humacata “Clasificación espacial exploratoria y multivariada con sistemas de información geográfica” en “Teoría y métodos de la Geografía Cuantitativa Libro 2: Por una Geografía empírica”, compiladores G. D. Buzai, L. Humacata, S. L. Lanzelotti, E. Montes Galbán, N. Principi, Colección Espacialidades 1, Instituto de Investigaciones Geográficas I, Universidad Nacional de Luján, Impresiones Buenos Aires Editorial, mayo 2019, pp. 39-58.
<https://www.researchgate.net/publication/333917557>
- [43] Juan de Dios Ortúzar y Luis G. Willumsen, “Modelos de Transporte” traducción de Ángel Ibeas Portilla, Luigi Dell’Olio. Santander España, Universidad de Cantabria, 2008, pp. 194-195
<https://www.editorial.unican.es/libro/modelos-de-transporte>
- [44] Red Nacional de Caminos, “Documento técnico descriptivo” INEGI, IMT, Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte 2022.
<https://www.gob.mx/imt/acciones-y-programas/red-nacional-de-caminos>
- [45] G. E. Londoño y A. Lozano “Flow-queue-time dependent traffic modelling for urban networks”, en *Estudios Iberoamericanos en Ingeniería de Tránsito, Transporte y Logística*, Instituto de Ingeniería, UNAM. México, pp. 177-186, abril 2020.
<http://www.iingen.unam.mx/es-mx/AlmacenDigital/Libros/Paginas/Estudios-en-Ingenieria-de-Transito.aspx>
- [46] G. Lesteven, M. Samadzad “Ride-hailing, a new mode to commute? Evidence from Tehran, Iran” *Travel Behaviour and Society*, vol. 22, pp. 175-185, enero 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.tbs.2020.09.006>
- [47] Tobias Jeske “Floating Car Data from Smartphones: What Google and Waze Know About You and How Hackers Can Control Traffic” Institute for Security in Distributed Applications Hamburg University of Technology, 2013.
<https://media.blackhat.com/eu-13/briefings/Jeske/bh-eu-13-floating-car-data-jeske-wp.pdf>
- [48] Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial Y Urbano, Consejo Nacional de Población, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. “Metropolis de México 2020”, 2024.
<https://www.gob.mx/sedatu/documentos/metropolis-de-mexico-2020?state=published>
- [49] SEDATU & GIZ “La digitalización del transporte público en las ciudades mexicanas” Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, enero 2024.
<https://www.gob.mx/sedatu/documentos/la-digitalizacion-del-transporte-publico-en-las-ciudades-mexicanas?state=published>



[50] Agencia Digital de Innovación Pública, Portal de Datos Abiertos “Datos de Movilidad (histórico COVID-19)” 2021.

<https://datos.cdmx.gob.mx/vi/dataset/movilidad-historico-covid-19>

[51] 2025 Uber Technologies Inc. “Uber Movement, la nueva herramienta para entender mejor la movilidad de la CDMX”. México 2019.

<https://www.uber.com/es-MX/newsroom/movement-cdmx/>

[52] Instituto de Investigaciones Parlamentarias “Diagnóstico de movilidad en la Ciudad en México: El impacto del crecimiento vehicular (problemas, estadísticas y evaluación de políticas)” VII Legislatura, Asamblea Legislativa de la Ciudad de México, 2018.

<http://aldf.gob.mx/archivo-9f6f5328e0f0853d4453d481cbffa2b6.pdf>

[51] A. Nathan, B. Samuel, B Muhammad, P. Magdaline, B. Usman “On logistic growth model for forecasting nigeria's population” Faculty of Science, Kaduna State University, Science World Journal, vol. 15, no 4, enero 2021.

<https://scienceworldjournal.org/article/view/21211>

Derechos de Autor (c) 2025 Jazon Fabian Hernández Peña, Emilio Bravo Grajales, Carlos Islas Moreno, Pedro Lina Manjarrez



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) - [Texto completo de la licencia](#)