



Universidad Autónoma de Querétaro
 Facultad de Ingeniería
 Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres



IMPACTO DE LA MOVILIDAD INDUCIDO POR LAS URBANIZACIONES DISPERSAS. CASO DE ESTUDIO: ZONA METROPOLITANA DE QUERÉTARO (1995-2010).

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado

Maestro en Ingeniería de Vías Terrestres

Presenta:

Ing. César Omar Bueno Ortiz

Dirigido por:

Dr. Saúl Antonio Obregón Biosca

SINODALES

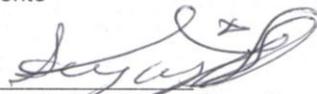
Dr. Saúl Antonio Obregón Biosca
 Presidente

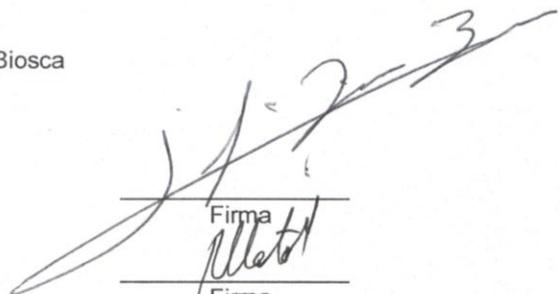
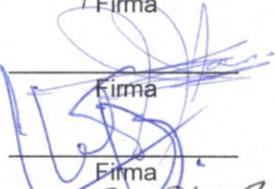
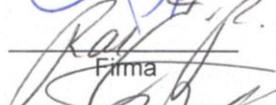
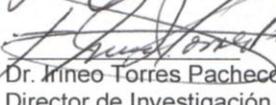
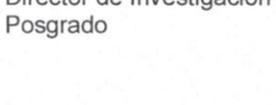
Dr. Roberto de la Llata Gómez
 Secretario

Dr. Guillermo Torres Vargas
 Vocal

Dr. Eduardo Betanzo Quezada
 Suplente

M.I. Rubén Ramírez Jiménez
 Suplente


Dr. Aurelio Domínguez González
 Director de la Facultad


 Firma

 Firma

 Firma

 Firma

 Firma

 Firma

 Dr. Inégo Torres Pacheco
 Director de Investigación y
 Posgrado

Centro Universitario
 Querétaro, Qro.
 Noviembre de 2012
 México

RESUMEN

El fenómeno metropolitano afecta hoy en día a la mayor parte de los países de Latinoamérica produciendo asentamientos en la periferia de las ciudades. Las áreas inmersas en este ámbito, presentan características de integridad funcional a su zona conurbada, y es caso de estudio, la movilidad inducida por éstas. La presente investigación se centra en el análisis de las características de los desplazamientos en las urbanizaciones dispersas de la Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ) entre 1995 y 2010, enfocándose en el estudio de los patrones de viajes (por medio y motivo) y en el comportamiento de los individuos en la elección del lugar de residencia. La metodología consiste en determinar mediante el empleo de modelos probabilísticos qué localidades presentan mayor influencia respecto a la Zona Conurbada de Querétaro (ZCQ) empleando los elementos del modelo clásico de planificación de transporte de cuatro etapas. La investigación reveló que, en las localidades que mayor influencia presentan a la ZCQ la variable distancia (empleada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México) presenta menor significación estadística respecto al tiempo de viaje en la determinación de localidades periféricas con integración funcional a la ZCQ. En cuanto a los medios de viaje, el transporte público en autobús es el principal medio empleado en las zonas periféricas de la ZMQ, seguido del automóvil. La atracción de viajes por motivo de trabajo se concentra principalmente en los parques industriales en un 33.50% y en la ZCQ el 52.87%, siendo esta última zona la que mayor atracción refleja en desplazamientos por otro motivo principalmente dentro del primer anillo con un 63.30%, mientras que el 52% de los desplazamientos por motivo de escuela tienen como destino la ZCQ. Los modelos de elección discreta entre el automóvil y el autobús público reflejaron que la utilidad del primero resultó más atractiva debido a un costo generalizado de viaje más bajo derivado de menores tiempos totales de recorrido.

(Palabras clave: Impactos, demografía, movilidad, comunicación, zonas periféricas)

SUMMARY

The metropolitan phenomenon nowadays affects most of the Latin American countries producing settlements on the periphery of the cities. The areas immersed in this field, have characteristics of functional integrity to its conurbation zone, and this induced mobility represents a case of study. This research focuses on the analysis of the displacements in scattered developments of the Metropolitan Zone of Queretaro (MZQ) from 1995 to 2010, focusing on the study of travel patterns (for mode and motive) and the travel behavior of individuals in the choice of place of residence. The methodology is to determine by using probabilistic models, those localities that have greater influence over the Conurbation Zone of Queretaro (CZQ) using the elements of the classical model of transportation planning of four stages. The investigation revealed that, in locations that have greater influence to the CZQ, the distance variable (employed by the Instituto Nacional de Estadística y Geografía of Mexico) has less statistical significance with respect to travel time. As for the modes of travel, public transportation by bus is the main mode used in periphery areas of the MZQ, followed by car. The attraction of journeys to work concentrates mainly on industrial parks in a 33.50% and 52.87% on the CZQ, the latter being most attractive zone which reflects primarily displacements for another reason within the first ring with a 63.30%, while 52% of trips because of the school are destined ZCQ. Discrete choice models between car and public bus showed that the utility of the first was more attractive because generalized travel cost lower due to lower total journey times.

(Key words: Impacts, demographics, mobility, communication, periphery zones)

DEDICATORIAS

A Dios, a mi familia, amigos y a todos aquellos seres queridos que siempre estuvieron a mi lado y me apoyaron incondicionalmente en la elaboración de esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

La tesis de maestría es el fruto de trabajo de horas, días, meses y años y en este recorrido han participado muchas personas a las que quiero agradecer su colaboración.

Mi más sincera gratitud a mi director de tesis el Dr. Saúl Antonio Obregón Biosca de la Universidad Autónoma de Querétaro por su apoyo a lo largo de esta investigación. A CONACYT por su apoyo económico durante mis estudios, asimismo, a la Universidad Autónoma de Querétaro por acrecer mi conocimiento, también agradecer el financiamiento proveído por el programa FOMIX ya que permitió prosperar con mayor magnitud mi investigación. A mis sinodales por su tiempo en revisar y analizar la presente investigación. A mis compañeros de la maestría por apoyarme en los momentos de flaqueza y animarme a continuar. Finalmente agradezco a mi familia por su comprensión, esta investigación nos ha obligado a estar menos tiempo juntos.

Gracias a todos.

ÍNDICE

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
DEDICATORIAS	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Objetivos	4
1.3. Hipótesis	4
2. ESTADO DEL ARTE	5
2.1. Expansión urbana y el fenómeno de metropolización	5
2.2. Criterios para la delimitación de Zonas Metropolitanas y Áreas Metropolitanas.	9
2.3. Teoría de redes.	15
2.4. Características de los desplazamientos en zonas periféricas	16
2.5. Expansión de la Zona Metropolitana de Querétaro	17
3. METODOLOGÍA	22
3.1. La zona de estudio	22
3.2. Encuesta Origen-Destino	25
3.2.1. Personas a entrevistar	28
3.2.2. Tamaño de la muestra	28
3.2.3. Diseño de la encuesta Origen-Destino	29

3.2.4. Validación, corrección y expansión de los datos	31
3.3. Matriz de viajes.	32
3.4. Modelo Gravitacional	35
3.5. Líneas de deseo	38
3.6. Selección modal	38
3.7. Asignación a la red	40
4. DELIMITACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO.	44
4.1. Determinación de distancias y tiempos de viaje en la red periférica	44
4.2. Ocupación en el sector secundario y terciario.	45
4.3. Los desplazamientos en la ZC	48
4.4. La variable distancia y tiempo de viaje en la ZCQ, análisis de su magnitud	50
4.5. El modelo <i>logit</i> binario, su aplicación para la elección de localidades significativas en una ZM	53
4.6. Aplicación del modelo de elección	55
4.7. Tamaño de la muestra	56
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
5.1. Validación de datos	57
5.2. Estadística descriptiva	58
5.2.1. Estadística descriptiva a nivel Zona Conurbada y Zona Periférica	58
5.2.2. Estadística descriptiva a nivel localidad (urbana y rural)	62
5.2.3. Tasas de viaje	67
5.2.4. Clasificación de los viajes	68
5.3. Distribución horaria de viajes	68
5.4. Generación de viajes	70
5.4.1. Modelos de producción de viajes por motivo de trabajo	70

5.4.2. Modelos de atracción de viajes por motivo de trabajo	72
5.4.3. Modelos de producción de viajes por motivo de escuela	73
5.5. Calibración y aplicación del Modelo Gravitacional	73
5.6. Figuras de producción y atracción de viajes	75
5.7. Figuras de líneas de deseo	83
5.8. Selección modal	89
5.9. Asignación "equilibrio de usuario estocástico"	95
5.10. Costos en la movilidad de los residentes de la ZC y ZP	102
6. CONCLUSIONES	103
6.1. En la elección de localidades con integración funcional	106
6.2. Líneas de investigación futura	108
LITERATURA CITADA	109
ANEXOS	114
1. Diseño de la encuesta Origen-Destino	114
2. Parámetros de calibración	116
3. Modelos <i>logit</i>	122
4. Asignación	130

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
2.1 Criterios para delimitación de áreas y zonas metropolitanas	12
3.1 Tamaño de la muestra	28
3.2 Variables en el diseño de la encuesta Origen-Destino	30
3.3 Estructura general de una matriz de viajes bidireccional	33
3.4 Funciones de resistencia	36
4.1 Modelos de regresión lineal múltiple para estimar la población ocupada en el sector secundario y terciario	45
4.2 Contraste entre el valor estimado del sector secundario y terciario e información censal.	46
4.3 Modelos de regresión lineal múltiple para estimar la población ocupada en el sector secundario y terciario dependiendo de su grupo poblacional.	47
4.4 Pareo T para el sector secundario y terciario	48
4.5 Modelo de viajes diarios equivalentes por motivo de trabajo en la ZMQ.	49
4.6 Comparación de la distancia y tiempo en el sector secundario y terciario.	51
4.7 Modelos de regresión logística binaria.	54

5.1	Validación de datos socioeconómicos	57
5.2	Motivo de viaje en la ZP y ZC	58
5.3	Medio utilizado en la ZP y ZC	58
5.4	Lugar de residencia anterior	59
5.5	Motivo por el que cambió de residencia	59
5.6	Ubicación de su lugar actual y anterior	60
5.7	¿Qué medio de transporte empleaba? (únicamente si cambió de trabajo)	60
5.8	Elección del lugar de residencia	60
5.9	¿Por qué no le satisface la dotación de medios de transporte?	61
5.10	Motivo de viaje en localidades urbanas y rurales	62
5.11	Medio utilizado en localidades urbanas y rurales	63
5.12	Lugar de residencia anterior	63
5.13	Motivo por el que cambió de residencia	64
5.14	Ubicación de su lugar actual y anterior	64
5.15	¿Qué medio de transporte empleaba? (únicamente si cambió de trabajo)	64

5.16 Elección del lugar de residencia	65
5.17 ¿Por qué no le satisface la dotación de medios de transporte?	65
5.18 Número de desplazamientos por individuo en automóvil	67
5.19 Número de desplazamientos por individuo en autobús público	67
5.20 Modelo de viajes por motivo de trabajo a 181 localidades	71
5.21 Modelo de viajes por motivo de trabajo en Santa Rosa de Jáuregui	71
5.22 Modelo de viajes por motivo de trabajo en 182 localidades	72
5.23 Modelo de atracción de viajes por motivo de trabajo	72
5.24 Modelo de producción de viajes por motivo de escuela	73
5.25 Parámetros de calibración	74
5.26 Modelos de elección discreta para auto y autobús	92
5.27 Capacidades para vialidades	95
5.28 Capacidades en rampas	95
5.29 Comparación de volumen de flujo en la red	100
5.30 Costo generalizado y tiempo promedio	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
2.1 Zona Metropolitana de Querétaro	17
2.2 Evolución de la población de la ZMQ por municipio, 1970-2020	18
2.3 Mancha urbana (1970-2010)	19
2.4 Ubicación de áreas en el año 2010	19
3.1 Procedimiento para la obtención de isócronas	22
3.2 Metodología para la selección de localidades	23
3.3 Elementos de una encuesta de movilidad	27
4.1 Isócrona de distancia y tiempo en la ZMQ	44
4.2 Localidades influyentes	55
5.1 Tipo de viaje	68
5.2 Distribución horaria del automóvil (conduciendo)	69
5.3 Distribución horaria del transporte público	69
5.4 Viajes producidos y atraídos por trabajo	77
5.5 Viajes producidos y atraídos por escuela	78
5.6 Viajes producidos y atraídos por otro motivo	79

5.7	Viajes producidos y atraídos por regreso a casa	80
5.8	Viajes producidos y atraídos en auto (periferia)	81
5.9	Viajes producidos y atraídos en auto (ZMQ)	82
5.10	Líneas de deseo por trabajo mayor a 20 viajes	84
5.11	Líneas de deseo por escuela mayor a 10 viajes	85
5.12	Líneas de deseo viaje otros mayor a 15 viajes	86
5.13	Líneas de deseo en auto (periferia) mayor a 2 viajes	87
5.14	Líneas de deseo en auto (ZMQ) mayor a 10 viajes	88
5.15	Factor para tiempo de viaje	90
5.16	Tiempo en terminal	91
5.17	Factor para tiempo de viaje	91
5.18	Tiempo en terminal	92
5.19	Curvas de utilidad para probabilidades en auto y bus	94
5.20	Asignación de la periferia	96
5.21	Asignación de la ZMQ	98
5.22	Comparación de métodos de asignaciones	99

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación		Página
1	Tamaño de la muestra	29
2	Factor de expansión por convergencia	32
3	Factor de expansión	32
4	Combinación de producción	35
5	Combinación de atracción	35
6	Impedancia media	36
7	Estimación de parámetro	37
8	Estimación de parámetros (primera iteración)	37
9	Actualización del factor de fricción	37
10	Función de utilidad	39
11	Transformación <i>logit</i> , probabilidad de ocurrencia	40
12	Tiempo de viaje del arco congestionado	42
13	Error relativo	43
14	Función de utilidad si	55
15	Función de utilidad no	55

16	Producción por motivo de trabajo en 181 localidades	71
17	Producción por motivo de trabajo en Santa Rosa de Jáuregui	71
18	Producción de viajes en 182 localidades	72
19	Atracción de viajes en 182 localidades	73
20	Producción de viajes por motivo de escuela	73
21	Costo generalizado	89
22	Utilidad en automóvil	93
23	Utilidad en autobús	93
24	Probabilidad de selección de automóvil	94
25	Probabilidad de selección de autobús	94

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día el fenómeno de expansión urbana se ha convertido en uno de los problemas principales, para países en proceso de desarrollo como México se ha presentado asentamientos irregulares en la periferia generando una mayor demanda de recursos (agua potable, energía eléctrica, alcantarillado, pavimentación, entre otros), si bien ya lo comenta Borja (2003) en que el territorio no se organiza en redes sustentadas por centralidades urbanas potentes e integradoras sino que se fragmenta por funciones especializadas y por jerarquías sociales. Por otra parte, se tiene el término de ciudad en dos estados, el compacto y el difuso siendo el primero como aquella que aumenta la complejidad de las partes internas del sistema de ciudad generando una vida social cohesionada y una plataforma económica competitiva (Rueda, 1988); la ciudad dispersa o difusa es lo individual, es la ocupación dispersa de un territorio por individuos que se refugian y aíslan en las zonas rurales que rodean a la ciudad y que establecen sus relaciones mediante el encuentro en espacios de naturaleza semiprivada, tales como centros comerciales, parques temáticos y clubes, o por medios virtuales (Gaviria, 2009).

La Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ) está conformada por los municipios de Santiago de Querétaro, El Marqués, Corregidora y Huimilpan, la metodología para su delimitación ha sido analizada a través del tiempo incluyendo el análisis de variables socioeconómicas y espaciales, si bien, todos ellos relacionados con sus desplazamientos a la Zona Conurbada de Querétaro (ZCQ) por ser el área urbana que mayor dinámica presenta; los criterios para la delimitación de Zonas Metropolitanas en México han sido estudiadas por numerosos investigadores y actualmente por dependencias gubernamentales, de igual manera no ha sido sencillo establecer los criterios para su delimitación, siguiendo lo anterior una peculiaridad es determinar la integración funcional de las localidades de la ZMQ respecto a la ZCQ, si bien, espacialmente la variable utilizada ha sido la distancia de recorrido la cual debe ser cotejada con el tiempo de recorrido.

Asimismo, para determinar su integración funcional es necesario determinar los viajes producidos y atraídos por el usuario, lo anterior puede ser resuelto mediante la aplicación de una encuesta origen-destino que si bien, es una de las técnicas más comunes y

simples la cual genera resultados satisfactorios, su característica radica en las preferencias del usuario (reveladas y declaradas), lo anterior conlleva a la generación de matrices origen-destino haciendo uso de diferentes medios y motivos de viaje, incluso a diferentes horarios del día. Otra característica que ha sido de importancia es el determinar patrones de lugar de residencia, motivos por el que se realizó, medios que empleaba y si se tuvo en cuenta la infraestructura vial y de transporte público. Lo anterior puede ser manipulado en diferentes programas de cómputo para la planificación del transporte, si bien, uno de los principales es TransCAD el cual proporciona las herramientas necesarias para la creación de la red y áreas urbanas, asimismo soporta el uso de generación de matrices, otra característica es el graficar los pares orígenes-destinos mediante las líneas de deseo y realizar la asignación vehicular para determinar volúmenes en la red vial.

1.1. Descripción del problema

La expansión de la ZMQ ha inducido asentamientos en la periferia reflejándose en impactos negativos a la sociedad (como puede ser el consumo de carburante, tiempos de viaje, mayor uso del vehículo privado) por lo cual es necesario planear el crecimiento territorial de la mancha urbana teniéndose que analizar cuáles son los patrones que están generando dicha dispersión.

Trinidad (2010) nos menciona que la ocupación de terrenos o la construcción de viviendas por parte de la población de escasos recursos en la periferia (generalmente de carácter ejidal) produce un cambio en el uso de suelo y la alteración del medio ambiente que repercute en la desaparición de las zonas agrícolas y la pérdida de suelo con un alto valor ambiental.

De esta manera, se presenta la gran problemática del uso de los suelos y las cuestiones de cómo los agricultores prefieren vender sus parcelas que seguir produciendo en ellas, todo esto lleva a que la población de escasos recursos prefieran comprar dichas tierras mucho más económicas extendiéndose cada vez más en las afueras de la ciudad.

Por lo que Bazant (2008) explica que las ciudades se expanden casi imperceptiblemente día a día, zonas que no han sido previstas para habitar son ocupadas, divididas y lotificadas y subdivididas; el crecimiento de las ciudades sucede de este modo; al parecer no existen límites para la expansión, no hay zona, por peligrosa que sea o por esencial para el equilibrio ambiental, que frene la expansión.

A su vez, otra problemática que se presenta es también la que nos menciona Heinrichs *et al.* (2009) en el que la expansión de las viviendas contribuye de manera significativa y cómo en las décadas recientes se hace cada vez más explícito el rol que ha tenido los modos de producir vivienda y su evolución hacia desarrollos inmobiliarios de gran escala.

Bazant (2010) señala que cuando una ciudad se ubica sobre dos o más municipios significan que la mancha urbana (y su población) ya no es una ciudad, sino se convierte en una Zona Metropolitana (ZM). Y como sabemos las ZMs están sujetas a diferentes normas urbanas lo que hace aún más difícil el intentar la regulación del desarrollo urbano a través de mecanismos como la planeación urbana ya que simplemente cada entidad municipal tiene su propia problemática, su dinámica urbana y demandas sociales.

Además, la expansión urbana atraerá consecuencias ambientales teniéndose una mayor contaminación de aire y acústica por lo que afectará la calidad de vida de la población, es por ello que si no planeamos la expansión de la mancha urbana tomando en cuenta cada uno de los parámetros que generan dicha dispersión se tendrá cada vez una mayor dispersión incontrolada y todo esto llevará a una mayor demanda en la movilidad de las personas haciendo mayor uso del vehículo privado.

1.2. Objetivos

Determinar el impacto en la movilidad inducido por las urbanizaciones dispersas entre 1995 y 2010 en la Zona Metropolitana de Querétaro.

Asimismo, algunos objetivos específicos dentro de la investigación son:

- Analizar los patrones de movilidad de los residentes de las urbanizaciones dispersas.
- Análisis del comportamiento en la elección de residencia por parte de los habitantes de dichas urbanizaciones.

1.3. Hipótesis

Una ciudad en reciente proceso de dispersión induce impactos negativos (costos de viaje, tiempos de viaje y congestión de tráfico) en los desplazamientos de su población respecto a un estado compacto.

Algunas hipótesis particulares planteadas dentro de la investigación son:

- Los residentes de las urbanizaciones dispersas eligen la localización de su residencia por los valores del suelo.
- Los residentes de las urbanizaciones dispersas eligen la localización de su residencia por la proximidad al trabajo.
- Una ciudad dispersa induce el incremento de los costos relacionados a la movilidad de sus residentes.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Expansión urbana y el fenómeno de metropolización

La dispersión urbana es hoy en día un gran problema en todos los países pero tiende a tener mayor preocupación en países latinoamericanos, su relación respecto a los asentamientos irregulares generados en la periferia y su gran dispersión han llevado a la necesidad de comprender qué variables influyen en su proceso, de acuerdo con Sudhira *et al.* (2004) algunas de las variables de medición son: la población, densidad poblacional, tasa de crecimiento anual y distancia de estudio; si bien, se ha encontrado que los asentamientos irregulares generados en la periferia están relacionados con el uso y valor del suelo (Heinrichs *et al.*, 2009) ya que resulta más factible la compra de un terreno en la periferia que en la ciudad misma, lo que tiende a minimizar sus costos en función de su accesibilidad y su cercanía a los mercados (Graizbord, 2002), esto ha llevado a comprender de manera espacialmente qué es lo que frena dicha dispersión o cuáles serían los límites mismos y con ello adaptar algunos patrones de dispersión, en muchas ocasiones cuando se habla de límites nos referimos a cuestiones topográficas o si suele encontrarse algún río que divida la ciudad, otro ejemplo es la construcción de nuevos fraccionamientos sobre algunas colonias antiguas o simplemente por aislarse de la ciudad.

Otro punto importante es cómo se genera la dispersión en la periferia y cuál suele ser el modelo que mejor lo representa, el primero es el modelo monocéntrico establecido por Von Thünen en 1826 en el que según García (2006) mediante esta teoría se intenta explicar los factores que determinan la renta del suelo agrícola, se trata de una teoría sobre el uso de suelo (agrícola); Flores (2009) afirma que el modelo reconoce la importancia del sistema de transporte en la definición de la estructura interna de las ciudades, ya que asume que en el Distrito Central de Negocios (DCN) se localiza un nodo exportador que concentra todo el empleo de la ciudad, en el que se generan dos problemas: primero el desplazamiento de los trabajadores a los DCN por lo que su ubicación importa, en segundo lugar los costos de suelo con la finalidad de su proximidad a los DCN resultando en menores costos de transporte caso contrario los que se ubican en las periferias.

El segundo modelo es el policéntrico y es definido de acuerdo con García (2006) “como aquel proceso mediante el cual una sociedad se aleja paulatinamente de una estructura espacial caracterizada por la existencia de un sólo centro de empleo, dirigiéndose hacia una nueva donde coexisten varios centros de empleo del mismo o diferente orden jerárquico”. Si bien, existe algo no muy claro en el modelo policéntrico, es el número y tamaño de los centros (Guillermo, 2004), asimismo tampoco es evidente el efecto que tiene el modelo en los desplazamientos urbanos (Song, 1992).

Por consiguiente, Camagni (2005) establece el término de ciudad como una *machine informationnelle*, una máquina que se construye y se reproduce así misma “fabricando su propio programa”, “una maquina significativa que no significa nada pero que reúne y conecta entre ellas las cadenas productivas, institucionales y científicas”. De acuerdo con lo anterior parece ser que la mejor manera de representar una ciudad es su relación que tiene la misma con la conectividad a su medio.

Pero, volviendo a la relación de expansión y asentamientos es necesario definir el término “periurbano” el cual es una transformación del espacio rural a urbano (Herce y Magrinyà, 2002), existen diferentes variables que permiten tener una idea de los procesos periurbanos y que tienden a ser medidos a partir de variables socioeconómicas y se denota mayor uso del vehículo privado (García, 2010). Otra peculiaridad es la coexistencia de localidades de carácter rural y urbano en el que Bazant (2010) expone las dificultades de distinguir dónde comienza una y dónde termina otra, ya que podemos encontrar una localidad totalmente urbanizada y presenciar a su alrededor características totalmente rurales. Otra de las características es debido a que los flujos de alimentos de la ciudad quedan compensados por la industria manufacturera; los que no llegan a rentar o vender sus parcelas tienden a desplazarse hacia la ciudad por motivos de trabajo llegando a alcanzar un equilibrio urbano dado por la transformación rural-urbano (Herce y Magrinyà, 2002).

De ahí que la periferia se percibe como un problema social, económico y urbano (Arteaga, 2005), no todas las periferias presentan desorganización algunas tienden a alcanzar un cierto grado de centralidad recurriendo al núcleo central por motivos de trabajo,

recreación, entre otros, Lizárraga (2006) lo define como una serie de desplazamientos diarios desde la periferia hacia el centro.

Ahora bien, como instrumentos para el monitoreo espacial de los asentamientos irregulares y los efectos de la expansión se hace uso de los Sistemas de Información Geográfica¹ (SIG), y la fotografía aérea (Nasarre y Badía, 2006), que permiten tener una idea sobre su evolución a través del tiempo, siguiendo a Kumar *et al.* (2007) hace mención de que las autoridades municipales necesitan herramientas para monitorear el uso actual del suelo, evaluar la demanda futura y tomar medidas para ofertas futuras.

Regresando al fenómeno de metropolización es importante establecer dos conceptos que si bien son similares, rigurosamente no son lo mismo; en México suele utilizarse el término ZM establecidas por dependencias tales como: la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), el Consejo Nacional de Población (CONAPO) y el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), por lo que una ZM comprende delegaciones y municipios completos, incluyendo a todas sus localidades, independientemente de que estas formen parte del área urbana continua de la ciudad. El término Área Metropolitana tiende a servir con fines estadísticos y aunque incluye tanto localidades rurales como urbanas más adelante se definirán los criterios para su delimitación.

En México los criterios para delimitación de ZMs provienen de la experiencia de los Estados Unidos y de Inglaterra al establecer el término Conurbación; la diferencia entre metrópoli y conurbación reside en que la primera se trata de una ciudad principal, cabecera municipal mientras que el segundo son núcleos urbanos dependientes que al aumentar su población forman una unidad funcional.

Si bien el fenómeno de metropolización en México se comenzó a dar en los años 40 del siglo pasado, fue hasta 1970 cuando se establecen oficialmente 12 ZMs identificadas por Unikel *et al.* (1976), posteriormente Negrete y Salazar (1986) por medio de un análisis discriminatorio haciendo uso de las variables tales como el nivel de urbanización, la tasa de

¹ Un SIG es un equipo basado en la tecnología y metodología por capturar, gestionar, analizar, modelar y presentar datos geográficos para una amplia gama de aplicaciones (Bruce, 2001).

crecimiento poblacional, la elasticidad del crecimiento de la población económicamente activa y productividad industrial definieron 26 ZMs incluyendo las 12 de Unikel.

Sobrino (1993; citado en SEDESOL, CONAPO e INEGI, 2007) determinó 37 ZMs en 1990 a través de dos ejercicios: el primero gráfico, de contigüidad e interacción de áreas metropolitanas y el segundo estadístico, aplicando el método de componentes principales con las variables de tasa de crecimiento demográfico, tasa de urbanización, Producto Interno Bruto de la industria manufacturera municipal y la cobertura de los servicios de agua potable. Recientemente Sobrino (2007) ubicó 48 ZMs en el país empleando características urbanas y de viajes intermunicipales por motivo de trabajo.

De los autores mencionados sus trabajos han sido considerados por las dependencias federales como: SEDESOL, CONAPO e INEGI, estas han identificado con anterioridad ZMs en el país, y su más reciente publicación SEDESOL, CONAPO e INEGI (2007) mencionan 56 ZMs; así, se observa que existe la necesidad de actualizar frecuentemente las ZMs debido a la evolución de las dinámicas urbanas.

Iracheta (2010) menciona las siguientes ventajas y desventajas de una ZM en México:

Ventajas

- Concentran ventajas de localización (economías) para los actores económicos y sociales por encima de la mayoría de las ciudades de sus respectivas regiones, lo que las convierte en polos de atracción.
- Ofrecen mejores condiciones de vida por la variedad de empleo y oferta de todos los tipos de servicio.
- Pueden ser más eficientes en la provisión de servicios y equipamientos sociales y de apoyo a la producción.

Desventajas

- Tienen un patrón de crecimiento socio urbano dinámico y tendiente al desorden y la insustentabilidad, especialmente en sus periferias.
- Presentan enormes rezagos en la dotación de servicios e infraestructura urbana básica, especialmente para los más pobres.
- Carecen de recursos financieros para afrontar las demandas sociales, derivado de la baja institucionalidad y eficacia financiera y fiscal de sus gobiernos.
- Carecen de un adecuado marco legal e institucional de coordinación intergubernamental.

2.2. Criterios para la delimitación de Zonas Metropolitanas y Áreas Metropolitanas.

A continuación se comparan y discuten los diferentes criterios utilizados en México, Estados Unidos de América, Canadá y Japón, estos últimos elegidos por su amplia experiencia en fenómenos metropolitanos y por presentar criterios similares en su metodología. El propósito es identificar cuáles son los parámetros que se han venido manejando en la actualidad y las similitudes con los adoptados en México.

La Oficina de Gestión y Presupuesto (OMB por sus siglas en inglés) es la encargada de asesorar al presidente de los Estados Unidos de América sobre el presupuesto federal, y en definir la normatividad para delimitar áreas estadísticas metropolitanas y micropolitanas (entidades geográficas usadas con el propósito de coleccionar, tabular y publicar estadística federal); el concepto general de área estadística metropolitana es aquella que contiene un núcleo de población grande y a las comunidades adyacentes que tienen un alto grado de integración con el núcleo; el concepto de área estadística micropolitana es muy semejante al metropolitano simplemente con un núcleo más pequeño (OMB, 2010).

Otra peculiaridad es la delimitación de los núcleos basados en áreas estadísticas (CBSAs por sus siglas en inglés) y que la OMB (2010) los define como al menos un núcleo de 10,000 o más habitantes, más territorio adyacente, que tiene un alto grado de integración social y económica con el núcleo, que se mide mediante la unión de desplazamientos. La

norma denomina y delimita dos tipos de CBSAs: Áreas estadísticas metropolitanas y Áreas estadísticas micropolitanas; cada CBSA debe de tener su propia oficina censal para su delimitación de áreas urbanizadas con una población al menos de 50,000 o una oficina censal para grupos urbanos con una población al menos de 10,000 (áreas urbanizadas y grupos urbanos son asignados al término “áreas urbanas”).

Respecto a la delimitación de áreas metropolitanas por el Departamento de Estadística de Canadá y su división de Geografía, presentan el censo de área metropolitana (CMA, por sus siglas en inglés) y el censo de aglomeración (CA, por sus siglas en inglés), ambos conceptos son similares a los CBSA, ya que los CMA aplica para los CBSA de las áreas metropolitanas y los CA son equivalentes a los CBSA para áreas micropolitanas; las áreas que no quedan establecidas por el CMA y CA se introducen en la zona de influencia de una zona de aglomeración (MIZ, por sus siglas en inglés) en la que son clasificadas por su preponderancia respecto a la distancia que tiene con el CMA y CA teniendo menor peso la no influencia con ninguno; así mismo se introduce el *Census Subdivision* (CSD, por sus siglas en inglés) y son aquellas que quedan fuera del CMA y CA en los que son asignadas en categorías de uno a cuatro dependiendo de su grado de influencia (fuerte, moderado, débil o no influye) que tiene el CMA y CA en ellos.

Puderer (2008) define siete reglas para la delimitación de áreas metropolitanas en Canadá:

- Definir el núcleo.
- Tres criterios: desplazamientos fuera del núcleo, desplazamientos al núcleo y continuidad espacial. Los tres criterios son usados para definir el *hinterland* del núcleo.
- Los criterios cinco y seis (comparación histórica y ajustes manuales) son manejados en situaciones peculiares que ocurren de tiempo en tiempo.
- El séptimo criterio es referido a la unión de un CA con un CMA

En Japón el intento de explicar el fenómeno de metropolización los ha llevado al término “Áreas Urbanas de Empleo” (UEAs por sus siglas en inglés) derivado de sus

patrones de empleo, las UEAs se dividen en dos tipos de acuerdo a su tamaño: Área Metropolitana de Empleo (MEA, por sus siglas en inglés) y Área Micropolitana de Empleo (McEA, por sus siglas en inglés). Un término equivalente a los CBSA es el Distrito Densamente Poblado (DID, por sus siglas en inglés) fijado dentro de un municipio local, el DID es definido como un área que conforma un grupo continuo básico de unidades de bloque, cada una de las cuales tiene una densidad poblacional de 4,000 habitantes o más por kilómetro cuadrado o que tenga servicio públicos, industriales, educativos y recreativos y, que su población total sea de 5,000 o más dentro del municipio local (Kanemoto y Kurima, 2005).

Los criterios para delimitar ZMs en México han sido publicados por las dependencias de SEDESOL, CONAPO e INEGI (2007) estipulando los siguientes puntos:

- Municipio central: Corresponde a los municipios donde se localiza la ciudad principal que da origen a la ZM.
- Municipios exteriores definidos con base en criterios estadísticos y geográficos: son municipios contiguos a los anteriores, cuyas localidades no están conurbadas a la ciudad principal, pero que manifiesta un carácter predominantemente urbano, al tiempo que mantiene un alto grado de integración funcional con los municipios centrales de la ZM.
- Municipios exteriores definidos con base en criterios de planeación y política urbana: son municipios que se encuentran reconocidos por los gobiernos federal y locales como parte de una ZM, a través de una serie de instrumentos que regulan su desarrollo urbano y la ordenación de su territorio, independientemente de su situación respecto de los criterios que señalen los puntos anteriores.

De acuerdo con lo anterior en el Cuadro 2.1 se resumen los criterios establecidos para cada uno de los países comentados con anterioridad.

Cuadro 2.1. Criterios para delimitación de áreas y zonas metropolitanas

Requisito de Población	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Área metropolitana: Área urbanizada con una población al menos de 50,000. • Área Micropolitana: Grupo urbano con una población al menos de 10,000 pero menos que 50,000.
	Canadá	<ul style="list-style-type: none"> • CMA: Un área urbana con una población de al menos 50,000 pero con una población total de al menos 100,000. • CA: Un área urbana con una población al menos de 10,000 pero menor que el rango de un CMA.
	Japón	<ul style="list-style-type: none"> • MEA: La población en el DID debe de ser al menos de 50,000. • McEA: La población en el DID debe de ser al menos de 10,000 pero menor a 50,000.
	México	<ul style="list-style-type: none"> • Dos o más municipios donde se localiza una ciudad de 50 mil o más habitantes. • Municipios que contienen una ciudad de un millón o más habitantes. • Ciudades de 250 mil o más habitantes que comparten procesos de conurbación con ciudades de Estados Unidos de América.
	Estados Unidos	<p>El condado o condados centrales de un CBSA son aquellos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Condados con al menos 50% de su población en áreas urbanas o que dentro de sus límites tenga una población al menos de 5,000 residentes en una sola área urbana de al menos 10,000 habitantes.
	Canadá	<ul style="list-style-type: none"> • El núcleo urbano debe tener una población igual al CMA o CA.

Elección del Núcleo		<ul style="list-style-type: none"> • Cualquier municipio (CSD), con una parte en el núcleo urbano está incluido en el CMA. • Sin embargo, para mediciones posteriores de desplazamiento para definir la extensión de <i>hinterland</i>, solamente aquellos municipios CSD con 75% o más de su población residente en el núcleo urbano son incluidos.
	Japón	<p>Los municipios que cumplen con alguno de los dos requisitos está incluido en el núcleo (el núcleo puede incluir más de un municipio).</p> <ul style="list-style-type: none"> • El DID poblacional es de al menos 10,000 y el municipio no es un área periférica para otro núcleo. • Los requisitos para un área periférica están satisfechos y los siguientes dos requisitos se encuentran también satisfechos: <ul style="list-style-type: none"> - La relación de empleados-residentes es al menos la unidad. - El DID poblacional es al menos de 100,000 o un tercio del núcleo.
	México	<ul style="list-style-type: none"> • Municipios que comparten una conurbación intermunicipal y cuya población en conjunto asciende a 50 mil o más habitantes. • Municipios con localidades de 50 mil o más habitantes que muestran un alto grado de integración física y funcional con municipios vecinos predominantemente urbanos.
	Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento de avance: Al menos 25% de los empleados del condado trabajan en el condado central (o condados) de un CBSA. • Desplazamiento invertido: Al menos 25% de los empleados en el condado es representado por los

Municipios- Condados- Distritos Periféricos		trabajadores residentes en el condado central (o condados) de un CBSA.
	Canadá	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento de avance: Al menos el 50% • Desplazamiento invertido: Al menos el 25%
	Japón	<ul style="list-style-type: none"> • Desplazamiento de avance: Al menos el 10%
	México	<ul style="list-style-type: none"> • Su localidad principal está ubicada a no más de 10 kilómetros por carretera pavimentada y de doble carril, de la localidad o conurbación que dio origen a la ZM en cuestión. • Desplazamiento de avance. Al menos 15% de su población ocupada trabaja en los municipios centrales. • Desplazamiento invertido. 10% o más de la población que trabaja en el municipio reside en los municipios centrales. • Tiene un porcentaje de población económicamente activa ocupada en actividades industriales, comerciales y de servicio mayor o igual a 75 por ciento. • Tiene una densidad media urbana de por lo menos 20 habitantes por hectárea.

Fuente: Elaboración propia

Del Cuadro 2.1 se aprecian las siguientes diferencias y semejanzas de cada uno de los países:

- Los requisitos de metropolización van de 50,000 habitantes o más, mientras que el micropolitano trascienden al rango de 10,000-50,000 habitantes a excepción de los criterios en México ya que para que se considere el fenómeno de metropolización sus valores deben de ser de 50,000 o más llegando a alcanzar ciudades hasta de 1 millón de habitantes.

- Para la definición del núcleo en todos los países tienen en común usar valores de 10,000 para aglomeraciones urbanas y 50,000 para áreas urbanizadas a excepción de que en México se usa el término “zona” sus valores resultan ser más altos teniendo como mínimo un valor de 50,000 habitantes o más.
- Los condados, municipios o distritos periféricos son identificados a partir de sus desplazamientos de avance e invertido en el que Canadá llega alcanzar un 50% en desplazamientos de avance siendo este porcentaje superior a los demás países. En Japón no sucede lo mismo debido a la complejidad de los patrones de desplazamiento teniendo el 10% como parámetro de viaje al núcleo. A diferencia de los demás países México aún conserva el 75% de la población económicamente activa en actividades no agrícolas, si bien este valor nos permite conservar un carácter urbano.

2.3. Teoría de redes.

La definición de una red puede quedar definida de acuerdo con Dupuy (1998) a algunas características como ubicuidad, instantaneidad e inmediatez; si bien estos términos son referentes en sí a entender las redes como un sistema, en las que dichas redes pueden jerarquizarse en función de sus características geométricas y de su capacidad. Otra característica mencionada por el mismo autor es que el ciudadano puede sentirse verdaderamente “usuario” porque hay infraestructura y operadores de redes de teléfono, de electricidad, de transporte y por lo mismo las redes pueden, a través de diferentes comportamientos, como en lo imaginario, ser *territorializados*. El territorio implica la duración. La red social se constituye porque el individuo confiere a la vez un precio a la posibilidad de relacionarse y a la inseguridad de estas relaciones. Para que haya territorialidad es necesario que se garantice una y otra, de aquí la importancia de los “derechos de las redes”, de los “estatus” de “usuarios”.

Ahora bien, en la modelación de transporte es necesaria la representación de la red que será estudiada, el investigador Sheffi (1985) define el término red para describir una estructura que puede ser o física (e.g., calles e intersecciones o líneas de teléfono o intercambios, entre otros) o conceptual (e.g., información de las líneas y personas,

relaciones asociadas, entre otros). Cada una de estas redes contiene dos tipos de elementos: un conjunto de puntos y un conjunto de segmentos de línea conectando dichos puntos. Esta observación lleva a una definición matemática de una red como un conjunto de *nodos* (o vértices o puntos) y conjunto de enlaces (o arcos o borde) conectando estos nodos.

2.4. Características de los desplazamientos en zonas periféricas

Hoy en día, los flujos de desplazamientos en las zonas periféricas son un problema social y económico, su expansión y asentamientos son relacionados con el valor y uso del suelo, si bien Webster y Muller (2002) hacen mención a que las zonas periféricas son atractivas para la inversión extranjera y nacional por dos razones principales. Primero las zonas periféricas ofrecen considerables terrenos y relativamente económicos así como menor impedimento del transporte de mercancías en apoyo al proceso de producción *just-in-time*. El segundo se refiere a las políticas públicas y explícitamente al apoyo de la dispersión de las fábricas lejos del núcleo.

Por otro lado, una de las variables que ha sido objeto de estudio en los fenómenos de metropolización ha sido los viajes por motivo de trabajo y tal como lo señala Sobrino (2007) la teoría y los estudios empíricos indican que la localización residencial está fuertemente determinada por el lugar de trabajo, pero la dirección de la causación no es clara, es decir, si los residentes acceden primero a un puesto de trabajo y posteriormente deciden su lugar de residencia, o viceversa. Asimismo las mejoras en el sistema de transporte y el cambio en la accesibilidad como producto de obras viales son elementos que intervienen en el comportamiento de los desplazamientos por motivo de trabajo.

Siguiendo a García (2008) el incremento de la movilidad se denota no sólo en el aumento del número de desplazamientos, también de sus distancias y de sus tiempos de viaje, ella estriba en la existencia de una función decreciente de la movilidad con la distancia, que indica una tendencia de los individuos a desplazarse con mayor frecuencia cuando los lugares de destino están más próximos y menos dispuestos al desplazamiento cuando se encuentran más alejados. Los espacios metropolitanos, las transformaciones

territoriales y sociales hacen necesario alcanzar un número cada vez mayor de destino para realizar una variedad mayor de actividades, pero que están más dispersos y alejados del hogar. Con el desarrollo de los medios de transporte y las comunicaciones se alargan las distancias cotidianas, se multiplican las posibilidades de elección para una gran parte de la población en todos los aspectos de la vida urbana: en el lugar de residencia, en la localización de actividades y de los trabajos, en las relaciones personales, todo ello a partir de una multiplicidad de movilidad (Ascher, 2004 citado en García, 2008).

2.5. Expansión de la Zona Metropolitana de Querétaro

La Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ) está conformada por los municipios de Querétaro, Corregidora, El Marqués y Huimilpan; los tres primeros municipios definidos como centrales y Huimilpan con criterios de planeación y política urbana. La resultante del crecimiento de la ciudad y sus alrededores es un conglomerado urbano casi continuo extendiéndose a los Municipios de Corregidora (El Pueblito) y el Marqués (La Cañada) y en el extremo septentrional del municipio de Huimilpan se ubican la construcción de nuevos fraccionamientos relacionándolos espacial y funcionalmente con la ciudad, de ahora en adelante a este conglomerado urbano se le denominará Zona Conurbada de Querétaro (ZCQ). En la Figura 2.1 se aprecia la ZMQ así como sus localidades urbanas y rurales.

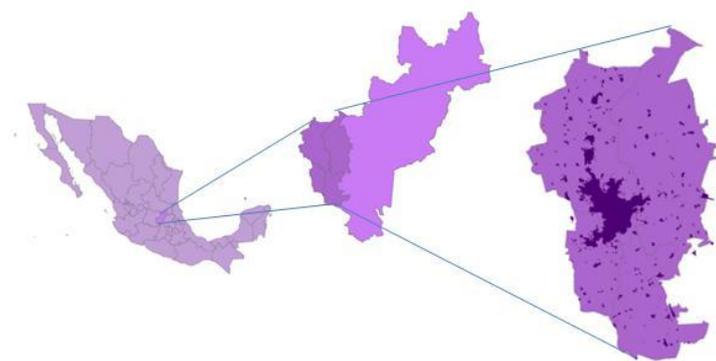


Figura 2.1. Zona Metropolitana de Querétaro

Fuente: Elaboración propia

Los municipios de la ZMQ han venido presentado un incremento en su población desde los 70's, de esta manera en la Figura 2.2 puede apreciarse el incremento en su población en el periodo de 1970 a 2020.

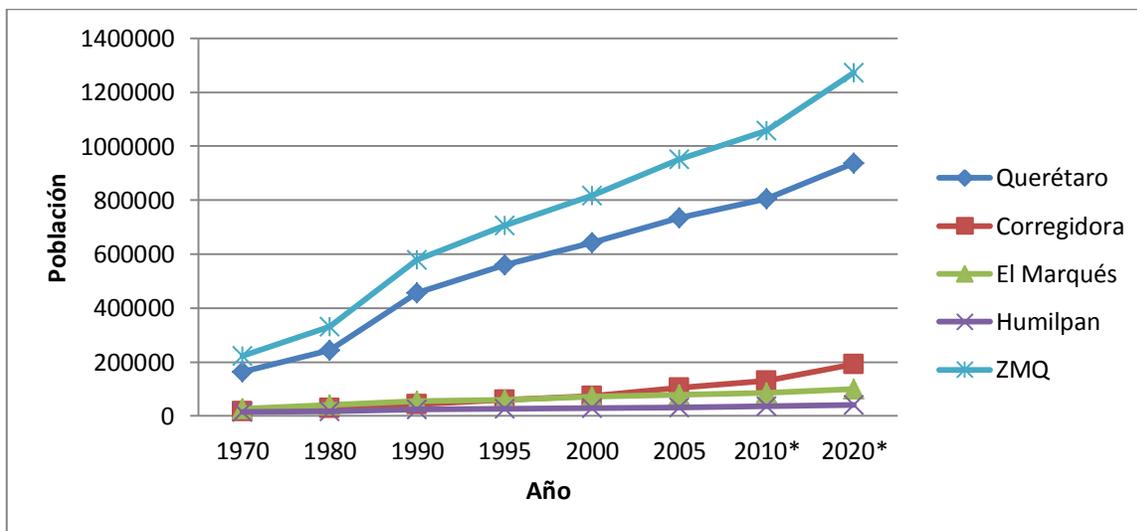


Figura 2.2. Evolución de la población de la ZMQ por municipio, 1970-2020
Fuente: PNUMA, SEDESU y CONCYTEQ (2008)

En la Figura 2.2 se observa que la población de la ZMQ en 1970 era de 221,478, ésta casi se cuadruplicó en tres décadas, pues en el año 2000 alcanzó los 816,481 habitantes; uno de los detonantes fue la inmigración de los habitantes de la Ciudad de México debido al sismo de 1985, prácticamente se trató de inmigrantes en edad productiva y con ingresos medios y altos (PNUMA, SEDESU y CONCYTEQ, 2008). Otra peculiaridad importante en la ZMQ son las vialidades principales que conectan la zona norte del país con la Ciudad de México, siendo la autopista MEX57 una de las más transitadas debido a su conectividad.

Asimismo, la Figura 2.3 nos representa la expansión que ha ocurrido durante los 70's hasta el año 2010 proporcionado por la Secretaría de Desarrollo Urbano, también se puede apreciar en la Figura 2.4 para el año 2010 las áreas urbanas, rurales, agroindustria y conurbada.

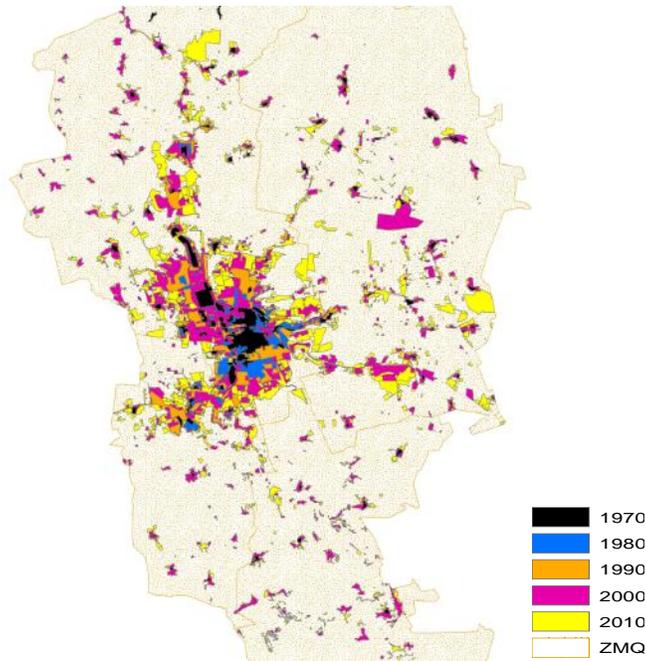


Figura 2.3. Mancha urbana (1970-2010)
Fuente: Comunicación personal

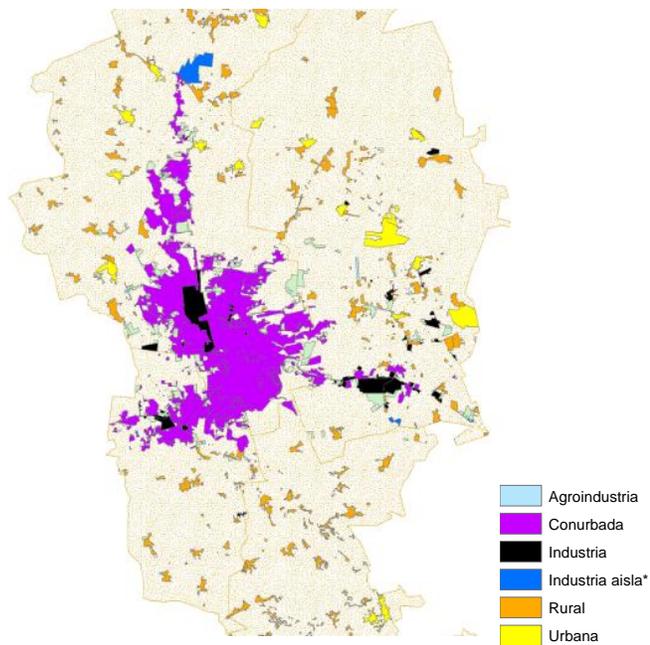


Figura 2.4. Ubicación de áreas en el año 2010
Fuente: Comunicación personal

De acuerdo con la Figura 2.3 para los 70's ya se presentaba una expansión radial y fragmentada y siendo esta el comienzo de nuevos conglomerados a su alrededor, si bien para el año 2010 ya se ubican algunas áreas de carácter nuevo, es decir éstas no tuvieron un origen de crecimiento y comúnmente nos referimos si bien a colonias nuevas, condominios y fraccionamientos debido a la demanda poblacional. Pero para poder apreciar el peso que ha tenido la industria en la ZMQ y su crecimiento en la Figura 2.4 ya se observan algunos asentamientos en la ZCQ, así como en el corredor vial de México-Querétaro teniendo como industria aislada al parque industrial Querétaro.

Algunos antecedentes que se han venido trabajando por parte de la Comisión Intermunicipal de Conurbación de la Ciudad de Querétaro han llevado a establecer criterios para el desarrollo de la zona conurbada (Arvizu, 2005).

- Consolidar las concentraciones rurales y urbanas no conurbadas
- Evitar la conurbación con el estado de Guanajuato
- Densificar el interior de la mancha urbana
- Establecer áreas aptas para el crecimiento urbano
- Dirigir el desarrollo hacia el interior del estado

Se establecieron los siguientes programas estratégicos: vialidad, transporte, infraestructura pluvial, equipamiento urbano regional, asentamientos humanos no formales, vivienda, rescate del patrimonio cultural y sustentabilidad ambiental (Arvizu, 2005), para fines de la investigación sólo comentaremos el de vialidad y transporte.

Vialidad:

- Construcción de cuatro anillos viales
- Regeneración urbana y modernización del distribuidor vial Santa María, frente a plaza de toros del mismo nombre, y paseo Constituyentes, en conexión con la carretera libre a Celaya.

- Construcción de 19 vialidades de penetración para interconectar los cuatro anillos viales.
- Construcción de 26 puentes vehiculares en puntos de conflicto.
- Realización de 22 acciones más en materia de vialidad.

Transporte:

- Construcción de la línea troncal norte-centro del Sistema Integral de Transporte Masivo.
- Aprobación de la legislación para la modernización y operación del nuevo Sistema de Transporte Masivo.
- Programa de reconversión de hombre-camión a estructuras empresariales de transporte.
- Realización de 10 programas más relacionados con el transporte masivo.

Algunos de los objetivos anteriores se han cumplido y otros se encuentran en pleno desarrollo, una de sus probables causas es debida a que la expansión no puede ser estimada; otra de las características es el transporte público, la construcción de una línea troncal norte-centro dependerá de cómo este reaccione una vez establecida por lo que esto lleva a la simulación de corredores de transporte, aunque actualmente se ha optado por su uso en la mayoría de los países aún sigue en duda si realmente es óptimo.

El primer anillo propuesto es el de Bernardo Quintana, el segundo es el Junípero Serra y el tercer es el de la carretera a Tlacote y el cuarto se encuentra sobre la carretera QRO-500. Otra vialidad que ha tomado importancia es la carretera federal 57 de cuota que ha liberado el tráfico en la ciudad.

Regresando a la temática de expansión, una vialidad que permitió la conurbación de Querétaro con la cañada es la carretera QRO-200, la cual se caracteriza por su brazo, en la actualidad está ubicada en la Cañada, algunos fraccionamientos e incluso algunas colonias con carácter de escasos recursos se han integrado a la conurbación.

3. METODOOGÍA

3.1. Delimitación de la Zona de estudio

La modelación de redes y su conformación se basa en la teoría de grafos que conceptualiza tres elementos: arco, nodo y centroides; Garber y Hoel (2004) los define como:

- Arco: Es una parte del sistema de vialidades que puede describirse por su capacidad, número de carriles, velocidad y longitud.
- Nodo: Es el punto terminal de un arco y representa una intersección o un punto donde un arco cambia su dirección, capacidad, velocidad, entre otros.
- Centroide: Es un punto dentro de una zona donde se considera el inicio o terminación de un viaje (centro productor o atractor de desplazamientos).

La red vial de la ZMQ en conjunto con sus localidades puede ser representada por un grafo en el que las localidades serán definidas como centroides y cada una de sus vialidades por los arcos y sus respectivos nodos; la manera de elaborar el grafo es por medio de un SIG que implemente el componente de redes, permitiéndonos geo-referenciar información estadística, matrices origen-destino, información como tiempo, distancia, velocidad de cada arco de la red, con éstos últimos parámetros es posible la generación de bandas denominadas isócronas, las cuales consisten en una sucesión de bandas con rangos establecidos denominados “intervalo de impedancia”, el auxiliarse de dicha herramienta permite realizar una inspección visual de las localidades con mayor accesibilidad (ya sea en tiempo o distancia). Para generar las isócronas de distancia y tiempo se sigue la metodología mostrada en la Figura 3.1.

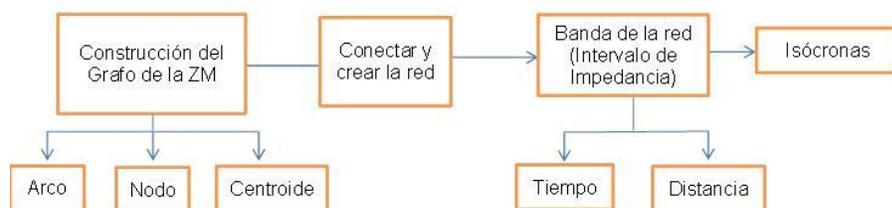


Figura 3.1. Procedimiento para la obtención de isócronas

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, las isócronas de distancia y tiempo son solamente un artificio para comprender la accesibilidad que existe en nuestro caso entre las localidades y la ZC, para percibir el fenómeno de metropolización es necesario emplear criterios similares a los propuestos por SEDESOL, CONAPO e INEGI; el objetivo es contar con una metodología que permita situar que localidades presentan mayor influencia a la ZC a través de modelos probabilísticos, la metodología empleada se muestra en la Figura 3.2, misma que se aplicará y discutirá en el siguiente apartado.

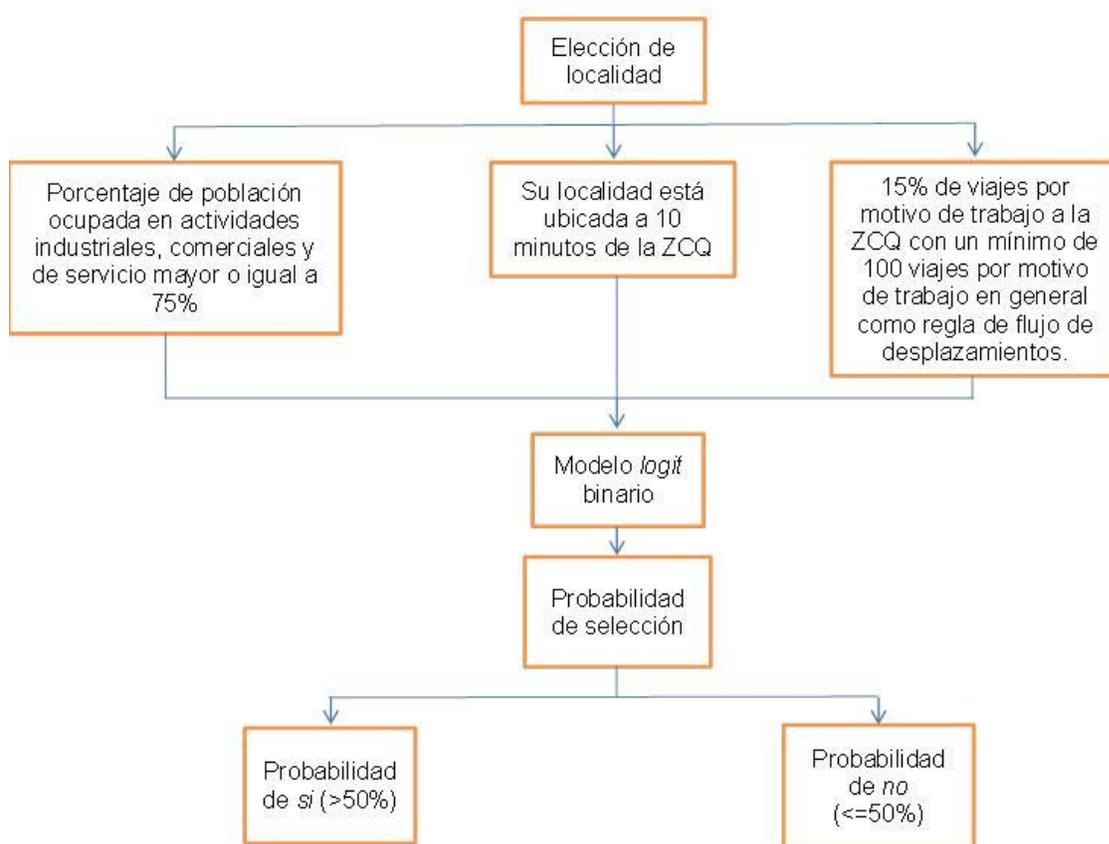


Figura 3.2. Metodología para la selección de localidades

Fuente: Elaboración propia

Antes de continuar, es importante definir las variables utilizadas por el INEGI en los censos y conteos poblaciones de vivienda:

- Población total: Personas nacionales y extranjeras que residen habitualmente en el país y población estimada de viviendas particulares sin información de ocupantes.
- Población económicamente activa: Población de 12 años y más que trabajó o buscó trabajo en la semana de referencia.
- Población económicamente inactiva: Población de 12 años y más que no trabajó ni buscó trabajo en la semana de referencia.
- Población ocupada: Población de 12 años y más que trabajó en la semana de referencia. Incluye la población que tenía trabajo, pero no trabajó en la semana de referencia.
- Población ocupada en el sector secundario: Población ocupada que trabajó en la minería, generación y suministro de electricidad y agua, construcción o industria manufacturera.
- Población ocupada en el sector terciario: Población ocupada que trabajó en el comercio, en el transporte, los servicios financieros, ofreciendo servicios profesionales, en el gobierno u otros servicios.

Ahora bien, de la Figura 3.2 se tienen las siguientes diferencias: en la metodología que aplica SEDESOL, CONAPO e INEGI (ver Cuadro 2.1), la primera es el cambio de variable de población económicamente activa a población ocupada con el propósito de asegurar robustez en el modelo de desplazamientos por motivo de trabajo; la segunda, es la distancia menor de 10 kilómetros en carretera pavimentada y de doble carril a la ZC, variable que más adelante se discutirá por el tiempo de viaje, la tercera es el 15% de los desplazamientos por motivo de trabajo a la ZC el cual se mantiene pero se le aplica la restricción tomada del Censo Canadiense el cual establece que se realicen por lo menos 100 desplazamientos en general.

En el caso de México se presenta una limitante ya que en el censo del 2010 no se tiene la población ocupada en los sectores secundarios y terciarios por lo que se tendrá que hacer uso de los modelos de regresión múltiple a través de datos históricos de los censos de los años 1990 y 2000. La introducción de ambos sectores como se observará más adelante ha sido de gran utilidad, como de igual forma lo fue en metodología desarrollada por Souza (2010) para zonificar ambos sectores y coligar factores exógenos y endógenos al proceso morfológico-expansivo en la ZM de Monterrey.

La variable densidad media urbana no formó parte del presente análisis debido a la creciente movilidad que han inducido los medios motorizados (Sultana y Weber, 2007; Heinrichs *et al.*, 2009 y García, 2010), la misma economía permite incrementar el número de individuos que tienen acceso al uso de vehículo privado, reflejando un número mayor de desplazamientos, y a las inversiones en infraestructura viaria, lo anterior se encuentra relacionado con el grado de accesibilidad que pueda llegar a tener la zona.

3.2. Encuesta Origen-Destino

Hoy en día, uno de los métodos más usados para conocer las características de los viajes de las personas es a partir de una encuesta origen-destino, la cual proporcionará datos socioeconómicos, desplazamientos de los usuarios, el medio en que se realizan los viajes, entre otras características que permitirán estimar modelos de transporte, asignaciones de tránsito, entre otros.

Ortúzar y Willumsen (2008) establece que los requisitos de una buena metodología de encuestas son: un diseño, un muestreo y análisis del estado de arte, costo-eficacia y fiabilidad para predecir en el medio y largo plazo. También dado que la mayor parte de sus usos se relacionan con el transporte, la mejor práctica actual sugiere que el banco de datos debería tener las siguientes características:

- Los datos deben ser recolectados considerando las diferentes etapas del viaje, asegurándose de que es posible relacionar modos específicos a diferentes localizaciones, diferentes horarios del día y longitudes del viaje.

- Han de incluirse todos los modos de viaje, incluso los no motorizados.
- Los datos sobre los propósitos o motivos del viaje deben recolectarse a nivel altamente desagregado.
- El periodo temporal de referencia debe de ser lo más amplio posible y enteramente cubierto, por ejemplo, 24 horas en un día, siete días en una semana y quizás 365 días al año (a fin de cubrir las cuatro estaciones anuales).
- Los datos relevantes han de ser relativos a todos los miembros de la familia.
- Los datos tienen que ser de elevada calidad y suficientemente robustos como para poder ser utilizados a nivel disgregado.
- Deben ser utilizados sistemas de recolección integrales que comprendan tanto encuestas en hogares como datos referentes al origen-destino que provengan de otras fuentes como encuestas en cordón.

Las fuentes de datos son obtenidas a partir del usuario mediante las denominadas “preferencias reveladas” y “preferencias declaradas” las cuales se pueden definir según Espino (2003):

Las Preferencias Reveladas (PR) son datos que reflejan el comportamiento actual de los individuos en su decisión de viaje. Estos se obtienen a partir de encuestas que permiten recoger información de las variables que explican la utilidad de las distintas alternativas y de las elecciones realizadas. Una de sus desventajas es que las variables más interesantes suelen estar correlacionadas, por ejemplo el tiempo de viaje y el costo, en sí no es posible el estudio de variables latentes.

Las Preferencias Declaradas (PD) son datos que tratan de reflejar lo que los individuos harían ante determinadas situaciones hipotéticas construidas por el investigador.

A diferencia de los datos de PR, que entregan información sobre los viajes que realiza un individuo habitualmente, los datos de PD informan sobre los viajes que el individuo realizaría si, por ejemplo, se introdujera un nuevo modo de transporte, se mejorase la calidad de servicio, se ofreciese una ruta alternativa más rápida, entre otros.

Por consiguiente la mayoría de las encuestas de viaje tienen un proceso de implementación similar pudiéndose relacionar en ellas los siguientes elementos comunes en las encuestas de movilidad (Ampt y Ortúzar, 2004; Stopher *et al.*, 2003; Tierney *et al.*, 1996 citados en Ibeas *et al.*, 2007).

- Diseño de la encuesta
- Diseño de la muestra
- Encuesta Piloto
- Realización de la encuesta y trabajos de campo
- Introducción, codificación, edición y manejo de los datos
- Factores de corrección y expansión

Asimismo Ibeas *et al.* (2007) señala que dichos elementos están interrelacionados en la forma que indica la Figura 3.3:

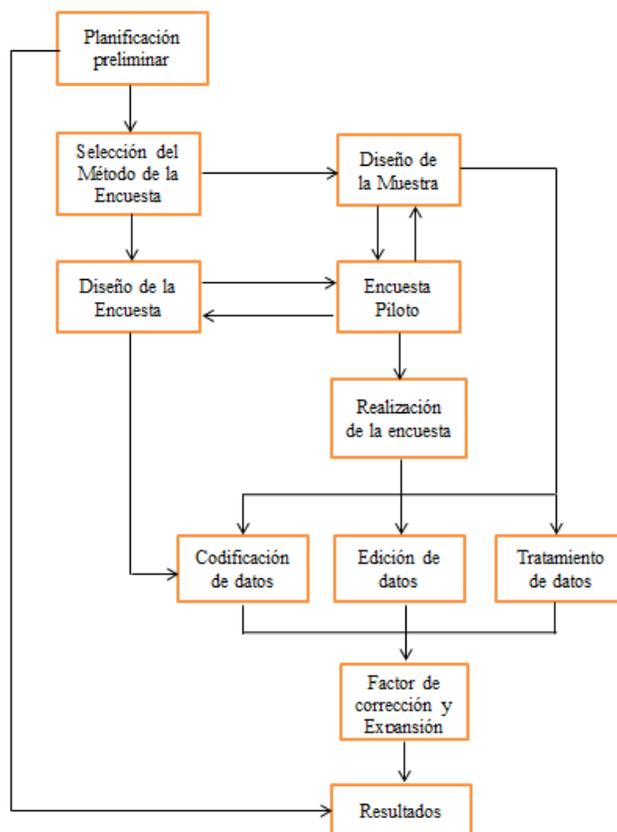


Figura 3.3. Elementos de una encuesta de movilidad

Fuente: Ibeas *et al.* (2007).

3.2.1. Personas a entrevistar

Uno de los objetivos en aplicar una encuesta origen-destino es conocer las características de los viajes de las personas, ello se realizó mediante PR y PD; se decidió aplicar las encuestas entre martes a sábado (para conocer los desplazamientos entre lunes y viernes) preguntando por los desplazamientos realizados el día anterior a la aplicación de la encuesta. Otra característica fue el no aplicar la encuesta si el día anterior fue festivo entre semana y sólo se incluyen en la encuesta individuos con edad mayor a 7 años, si llovió y por eso no salió, qué viajes hace normalmente un día que no llueve y si es estudiante y se encuentra de vacaciones qué viajes realizó un día típico de clases.

3.2.2. Tamaño de la muestra

En la actualidad definir el tamaño de la muestra se enfoca en obtener el tamaño óptimo que sea representativo, asimismo su tamaño depende del costo por lo que es necesario el definir cuáles serán las variables que mayor importancia tengan en la modelación; no es sencillo establecer qué variables pudieran de entrada descartar y cuáles no, normalmente se tienen múltiples usuarios y objetivos así como diferentes tipos de instrumentos de encuesta, la tarea de optimizar el tamaño de la muestra parece no sólo impracticable sino sencillamente imposible. En el Cuadro 3.1 muestran tamaños muestrales recomendados que han sido utilizados en aplicaciones de encuestas por más de 20 años (Bruton, 1985, citado en Ortúzar y Willumsen, 2008).

Cuadro 3.1. Tamaño de la muestra

Tamaños muestrales recomendados en encuestas tradicionales		
Población del área	Tamaño de la muestra (vivienda)	
	Recomendado	Mínimo
Menos de 50,000	1 de 5	1 de 10
50,000-150,000	1 de 8	1 de 20
150,000-300,000	1 de 10	1 de 35
300,000-500,000	1 de 15	1 de 50
500,000-1,000,000	1 de 20	1 de 70
Más de 1,000,000	1 de 25	1 de 100

Fuente: Ortúzar y Willumsen (2008)

Asimismo, una manera menos empírica es hacer uso de la siguiente ecuación (Smith, 1979 citado en Ortúzar y Willumsen, 2008)

$$n = \frac{CV^2 Z_{\alpha}^2}{E}$$

Ecuación 1. Tamaño de la muestra

n = Tamaño de la muestra

CV = Coeficiente de variación

E = Nivel de exactitud (expresado como proporción)

Z_{α} = Valor de la variable normal estandarizada (N,(0,1)) para el nivel de confianza (α) requerido.

El Teorema del Límite Central, que es la base primordial del problema de estimación del tamaño muestral, postula que la estimación de la media de una muestra tiende a una distribución normal a medida que el tamaño de la muestra n aumenta. Esto se cumple para cualquier distribución de población si n es mayor o igual a 30. El teorema se cumple incluso en el caso de muestras más pequeñas si la población original tiene una distribución similar a la normal (Ibeas *et al.*, 2007). Este mismo autor señala la dificultad que radica en conocer el coeficiente de variación para las zonas de estudio a considerar, pero es posible utilizar información histórica de otros estudios o de otras ciudades, sin incurrir en errores importantes. En cualquier caso, siempre es posible verificar la estimación del coeficiente de variación una vez recogida la muestra y de ser necesario, aumentar su tamaño. O bien, como es lo habitual, dimensionar una muestra un poco mayor de la calculada para prever éstos tipos de errores y otros posibles errores.

3.2.3. Diseño de la encuesta Origen-Destino

Dentro del diseño de la encuesta esta se divide en tres bloques, la primera tratándose de las características del hogar, el segundo serán los datos personales y el tercero

de las actividades y datos de viaje, en resumen, en el Cuadro 3.2 se muestran algunas de las variables elementales que deben incluirse cuando se está diseñando una encuesta origen-destino y que de acuerdo con el *Travel Survey Manual* (TSM, 1996) son:

Cuadro 3.2. Variables en el diseño de la encuesta Origen-Destino

Categoría	Ítem
Hogar	Número de personas en el hogar
	Tipo de unidad Vivienda/Estructura
	Tiempo de residencia en dicha dirección
	Dirección de la residencia anterior
	Propietario/arrendatario
	Ingreso total del hogar
	Ubicación del hogar
	Número de personas en el hogar
	Lista de personas en el hogar
	Lista de vehículos (por ejemplo: carros, camionetas, bicicletas)
	Información detallada de cada vehículo
	Número de líneas telefónicas en el hogar
Datos Personales	Nombre y relación con el jefe del hogar
	Sexo, edad
	Licencia de conducir
	Situación laboral (se permiten respuestas múltiples)
	Nivel de educación (se permiten respuestas múltiples)
	Ubicación del trabajo y de la escuela(s)
	El modo de trabajar (semana usual/previa)
	Discapacidad (no hay límite)
	Ocupación de trabajo (no hay límite)
	Industria del trabajo (no hay límite)
	Duración del empleo actual
Lugar del trabajo anterior	
Actividad y Datos de Viaje (para cada persona)	Tipo de actividad (incluye las principales actividades en el hogar)
	Lugar de la actividad
	Tiempo de Inicio/final
	Medios de transporte (todos los tipos de modo incluyendo bicicleta y caminata)
	Auto: Conductor/piloto
	Número de personas en el vehículo
	Costo real de estacionamiento
Vehículo usado (si es de la casa)	
Tránsito: Modo de acceso/ubicación de acceso	

	Línea(s) usada (no hay límite)
	Ubicación de transferencia (no hay límite)
	Modo de salida/lugar de salida
	Tarifa del transporte público/tipo

Fuente: TSM (1996)

Asimismo, el diseño de la encuesta a aplicar se encuentra en el Anexo 1, en el que se puede contemplar cada una de sus variables y características a encuestar; es preciso señalar que además de aplicar la encuesta es necesario hacer uso del ordenador para su posterior codificación y de esta manera se pueda manipular los datos con mayor facilidad.

3.2.4. Validación, corrección y expansión de los datos

Los datos obtenidos se someten normalmente a tres procesos de validación, el primero consiste simplemente en comprobaciones de campo de la coherencia y completitud de los datos. A esta comprobación sigue normalmente la codificación y grabación de los datos en gabinete, el segundo proceso es una comprobación por ordenador de los rangos válidos para la mayor parte de las variables y, en general, de la consistencia interna de los datos (Ortúzar y Willumsen, 2008).

Ahora bien, mediante indicadores socioeconómicos tales como la disponibilidad de radio, refrigerador, computadora, entre otros, y que se aplicaron en la encuesta origen-destino es posible contrastar los datos haciendo uso del Censo de Población y Vivienda 2010; para cotejar los viajes que se han realizado se hace uso de datos secundarios como los conteos de tráfico sobre líneas pantalla y cordón, aunque Ortúzar y Willumsen (2008) indican que en estudios de movilidad la validación más importante de los datos se hace con los datos mismos de la encuesta y no con los datos secundarios.

De acuerdo con Ibeas *et al.* (2007) la corrección de la encuesta tiene como objetivo garantizar que las distribuciones de tamaño del hogar, sexo y edad, sean iguales en la muestra y la población, por lo tanto para determinar el factor de expansión se usa la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de expansión} = \frac{\text{Total de la Población}}{\text{Total de la muestra}}$$

Ecuación 2. Factor de expansión por convergencia

El factor de expansión corresponde a cada una de las localidades a encuestar, por lo que se tendrá un factor para cada una de ellas que dependerá de la población y la muestra seleccionada a encuestar.

Otra expresión comúnmente usada es la propuesta por Ortúzar y Willumsen (2008) en el que se definen factores para cada zona de estudio como el ratio entre el número total de direcciones en la zona (A) y el número de direcciones obtenido como muestra final. No obstante es habitual que los datos de A estén desfasados, ocasionando problemas en el trabajo de campo. La siguiente ecuación es totalmente general en este sentido:

$$F_i = \frac{A - A(C + \frac{CD}{B})/B}{B - C - D}$$

Ecuación 3. Factor de expansión

Donde:

Fi= Factor de expansión para la zona *i*

A= Número de direcciones de la población total

B= Número de direcciones seleccionados como la muestra original

C= Número de direcciones de la muestra que no fueron elegibles en la práctica (*e.g.* casas demolidas, edificios no residenciales)

D= Número de direcciones de la muestra donde no se obtuvo respuesta

3.3. Matriz de viajes.

Es común representar una estructura de los viajes por medio de una matriz bidimensional en la que las filas representan los orígenes y las columnas los destinos en el

que su diagonal principal corresponde a los viajes intrazonales, a continuación en el Cuadro 3.3 se indica la estructura de una matriz origen-destino.

Cuadro 3.3. Estructura general de una matriz de viajes bidireccional

Orígenes	Destinos					$\sum_j T_{ij}$
	1	2	3	... j	... z	
1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	... T_{1j}	... T_{1z}	O_1
2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	... T_{2j}	... T_{2z}	O_2
3	T_{31}	T_{32}	T_{33}	... T_{3j}	... T_{3z}	O_3
⋮						
i	T_{i1}	T_{i2}	T_{i3}	... T_{ij}	... T_{iz}	O_i
⋮						
z	T_{z1}	T_{z2}	T_{z3}	... T_{zj}	... T_{zz}	O_z
$\sum_i T_{ij}$	D_1	D_2	D_3	D_j	D_z	$\sum_i T_{ij} = T$

Fuente: Ortúzar y Willumsen (2008)

Donde:

T_{ij} = Número de viajes entre el origen i y el destino j

O_i = Número total de viajes con origen en la zona i

D_j = Número total de viajes atraídos por la zona j

La matriz anterior puede desagregarse en varias matrices, por ejemplo, según tipo o clase de individuos n y/o modos k , motivo, hora del día. Por tanto:

T_{ij}^{kn} son los viajes de i a j en el modo k realizados por los individuos de tipo n .

O_i^{kn} son los viajes generados por la zona i en el modo k por los individuos de tipo n , entre otros.

La suma de los viajes por cada una de las filas debería ser igual al número total de viajes generados por la zona a la que se refiere dicha fila, análogamente la suma de los

viajes por cada columna debería corresponder al número de viajes atraídos por la zona a la que se refiere la columna.

Ahora bien, dentro de la etapa de generación de viajes es necesario definir los tipos de viajes a realizar, motivo y horario dentro de la matriz ; Ortúzar y Willumsen (2008) establecen los siguientes criterios para clasificar el tipo de viaje:

- Viajes Basados en el Hogar (HB): son aquellos que tienen un extremo en el hogar de la persona que efectúa el viaje, independientemente de si éste es el origen o el destino del viaje.
- Viajes No Basados en el Hogar (NHB): son los viajes en los que ni el origen ni el destino del viaje es el hogar.
- Producciones de viajes: se definen como el extremo hogar en un viaje HB, o el origen de un viaje NHB.
- Atracción de viaje: se define como el extremo no-hogar en un viaje HB o el destino de un viaje NHB.
- Generación de viaje: Se entiende como el número total de viajes, sean HB o NHB, generados por los hogares (familias) de cierta zona. Éste es el valor que proporciona la mayor parte de los modelos, y por ende resta el problema de asignar los viajes NHB a otras zonas como producciones de viajes.

Por otra parte, los viajes intrazonales se omitirán debido a que no se asignan normalmente a la red en cuanto que se trata de desplazamientos dentro de un mismo centroide, por ello resulta menos importante representar dichos viajes en detalle (Ortúzar y Willumsen, 2008).

3.4. Modelo Gravitacional

Para modelar la distribución de viajes el modelo más utilizado es el gravitacional que si bien es una derivación análoga de la ley de gravedad de Newton y supone que el número de viajes entre una zona i y un destino j es proporcional al número de viajes producidos por la zona i y atraídos por la zona j así como a una función de impedancia entre la zona i y la zona j la cual está relacionada con las variables como: tiempo de viaje, distancia de recorrido, costo de viaje, entre otros; el modelo gravitacional entonces se puede representar de la siguiente manera:

$$T_{ij} = P_i \frac{A_j f(C_{ij})}{\sum_{\forall k} A_k f(C_{ik})} \quad \forall i, j$$

Ecuación 4. Combinación de producción

$$T_{ij} = A_j \frac{P_i f(C_{ij})}{\sum_{\forall k} P_k f(C_{kj})} \quad \forall i, j$$

Ecuación 5. Combinación de atracción

En donde:

T_{ij} = Viajes realizados entre el origen i y el destino j

P_i = Viajes producidos en la zona i

A_j = Viajes atraídos en la zona j

C_{ij} = distancia, tiempo, costo de recorrido, entre otros entre la zona i y la zona j

$f(C_{ij})$ = impedancia entre la zona i y la zona j

De acuerdo con Ortúzar y Willumsen (2008) las funciones de resistencia al viaje se determinan de acuerdo al Cuadro 3.4.

Cuadro 3.4. Funciones de resistencia

Función	Expresión
Exponencial	$f(C_{ij}) = \exp(-\beta C_{ij})$
Potencial Inversa	$f(C_{ij}) = C_{ij}^{-n}$
Gamma	$f(C_{ij}) = C_{ij}^{-n} \exp(-\beta C_{ij})$

Fuente: Elaboración propia

Para la aplicación del modelo gravitacional es necesario calibrar cada una de las funciones de tal manera que represente la distribución de longitud de viajes, para ello se empleará la Ecuación 6 de acuerdo con MTC (2010) para la función inversa y exponencial.

$$C = \frac{\sum_{ij} T_{ij} C_{ij}}{T}$$

Ecuación 6. Impedancia media

En donde:

C =Impedancia media

T_{ij} = Viajes entre la zona i a j

C_{ij} =Impedancia o costo generalizado

T = Viajes totales por propósito, periodo de modelación

Cada iteración i del proceso de calibración consiste en el siguiente paso de acuerdo con MTC (2010):

- i. Calcula la matriz de factor de fricción basado en la estimación del parámetro p_i (esto puede ser el n o β). El parámetro inicial es tomado como la inversa media del costo del año base u observado c^* .
- ii. Evaluando las restricciones del modelo gravitacional de las producciones y atracciones. Esto produce una nueva matriz de flujos.
- iii. Calcular la impedancia media c_i y comparando con c^* . Si converge se detiene el procedimiento y se obtienen los parámetros.

- iv. Calcular el nuevo parámetro basado en: p_{i-1} , c_{i-1} , c_i y c^* usando la siguiente expresión:

$$p_{i+1} = \frac{(c_i - c^*)p_{i-1} - (c^* - c_{i-1})p_i}{c_i - c_{i-1}}$$

Ecuación 7. Estimación de parámetro

En la primera iteración se utiliza la siguiente ecuación:

$$p_{i+1} = \frac{c_i p_i}{c^*}$$

Ecuación 8. Estimación de parámetros (primera iteración)

- v. Retornar al primer paso

De igual manera para la calibración de la función gamma que tiene tres parámetros a , b y c por lo que de acuerdo con MTC (2010) el procedimiento es el siguiente:

- i. Aplicar el modelo gravitacional utilizando el más reciente parámetro y las matrices de producción y atracción del año base. Esto produce una nueva matriz producción-atracción.
- ii. Extraer desde esta nueva matriz la distribución de longitud de viaje (DLV), comparando este con la distribución de costo de viaje observado (DLVO). Si la convergencia del criterio es satisfactorio por cada rango, el procedimiento se detiene.
- iii. Actualización del factor de fricción (F) por cada rango de impedancia r

$$F_i^r = F_{i-1}^r \frac{DLVO^r}{DLV^r}$$

Ecuación 9 Actualización de factor de fricción

Donde:

F_i^r = Valor del factor de fricción de la impedancia en el rango r de la iteración i

F_{i-1}^r = Valor del factor de fricción de la impedancia en el rango r de la iteración $i-1$

$DLVO^r$ = El porcentaje de viajes observados en la impedancia de rango r

DLV^r = El porcentaje de viaje del modelo en la impedancia de rango r

- iv. Calculando una regresión lineal con filas del factor de fricción como observaciones para estimar los nuevos valores de los parámetros de la función gamma.
- v. Retornar el primer paso

3.5. Líneas de deseo

De acuerdo con Islas *et al.* (2002) una línea de deseo es el resultado de la convergencia de viajes en cierta parte de la región o ciudad. Esto es, es la coincidencia de cierta cantidad de viajes en horario, dirección y sentido, en tal magnitud que es posible agruparlos en un bloque continuo. Nótese que los viajes de las líneas de deseo pueden tener propósitos y orígenes y destinos diferentes de un día para otro pero, en conjunto, mantener cierta estabilidad en el corto plazo.

Las líneas de deseo no representan las vialidades en la red sino el volumen del tráfico que “desea” mover de una zona a otra. Una manera de representar las líneas de deseo es a través de una matriz origen-destino en la que a su vez es posible clasificarla de acuerdo al medio que para este caso estarán en función de la clasificación de viajes.

3.6. Selección modal

Los modelos agregados de demanda (o primera generación) se basan en relaciones observadas para grupos de individuos o en relaciones promedio a nivel zonal. Los modelos desagregados (o de segunda generación) se basan en elecciones observadas efectuadas por cada uno de los individuos que se desplazan y por ello se considera que este enfoque puede conducir al desarrollo de modelos más realistas (Ortúzar y Willumsen, 2008).

La teoría de la utilidad aleatoria proporciona el fundamento teórico de los modelos de elección discreta, los cuales representan la herramienta estadística que permite abordar de forma empírica el problema de modelar la demanda en el contexto de elección discreta. Esta establece lo siguiente de acuerdo con Ortúzar y Román (2003):

- Los individuos se comportan como *homo economicus*, es decir, actúan de forma racional y poseen información perfecta. Por esta razón, eligen la alternativa que les proporciona la máxima utilidad, dadas sus restricciones.
- Dado un conjunto general de alternativas A , las restricciones a las que se enfrenta cada individuo q determinan el conjunto de alternativas que éste tiene disponible.
- Cada individuo asocia una utilidad V_i (utilidad indirecta condicional truncada) a cada una de las alternativas $A_i \in A_q$.

La adopción más común por los economistas se debe a McFadden (1974) y establece que la función de utilidad puede expresarse como la suma de una componente observable o representativa y de una componente no observable de naturaleza aleatoria. De este modo se tiene la ecuación:

$$V_{iq} = \bar{V}_{iq} + \varepsilon_{iq}$$

Ecuación 10. Función de utilidad

Donde:

\bar{V}_{iq} = Utilidad representativa (u observable por parte del modelador) que el individuo q asocia a la alternativa A_i y se expresa en términos de un vector de atributos medibles \vec{X}_{iq}
 ε_{iq} =Representa la componente aleatoria de utilidad.

El modelo *logit* multinomial (MNL de ahora en adelante) es el modelo de elección discreta más sencillo y el más popularmente utilizado; dicho modelo puede ser generado aceptando que los residuos aleatorios se distribuyen Gumbel, así:

$$P_{iq} = \frac{\exp(\beta V_{iq})}{\sum_{A_j \in A(q)} \exp(\beta V_{jq})}$$

Ecuación 11. Transformación *logit*, probabilidad de ocurrencia

De acuerdo con Luce y Suppes (1965) citado en Ortúzar y Willumsen, (2008) el modelo satisface el axioma de *independencia* de las *alternativas irrelevantes* que puede ser enunciado así: en caso de cualquier par de alternativas que tenga una probabilidad no nula de ser elegidas, la razón entre ambas no está influenciada por la presencia o ausencia de otras alternativas adicionales presentes en el conjunto de elección.

Los criterios para la calibración de los modelos discretos de acuerdo con MTC (2010) son los siguientes:

- Signos y significancia estadística de los coeficientes de las variables
- *Log-likelihood* (modo final, inicial y solo constantes)
- ρ^2
- ρ^2 ajustado
- Porcentaje correctamente predicho de los modos
- Pesos en las componentes de tiempo de viaje en vehículo, tiempos de espera y caminata
- Valores subjetivos del tiempo de los usuarios que se desprenden de los modelos calibrados

3.7. Asignación a la red

En palabras de Ortúzar y Willumsen (2008) ¿Qué significa asignar viajes a una red?, seleccionar (predecir) los caminos o rutas usadas por los viajeros para posteriormente “cargar” los flujos origen-destino sobre los arcos de la red. En este sentido, un recorrido o

camino es la secuencia de arcos que los usuarios emplean para llegar del origen a su destino.

Históricamente, se han desarrollado diferentes métodos en la asignación de tráfico y existe una gran cantidad de modelos empleados, algunos de ellos con propiedades no deseables y que deben de ser reemplazados a futuro. Algunos de estos modelos se encuentran en el programa TransCAD para futuras modificaciones o por algún interés académico. Uno de los métodos más sofisticados empleados por TransCAD es el Equilibrio de usuario (*UE*, por sus siglas en inglés).

Es razonable asumir que cada conductor tratará de minimizar su tiempo de viaje cuando se desplaza entre un origen a un destino. De acuerdo con lo anterior esto no significa que todos los viajantes de un origen a un destino serán asignados a una sola ruta. El tiempo de viaje en cada uno de los enlaces cambia con el flujo, por lo tanto, el tiempo de viaje cambiará en distintas rutas de la red como el enlace de flujo cambiara. Una condición estable se encuentra solamente cuando el viajante no puede optimizar su tiempo de viaje debido a que no puede alterar las rutas, de acuerdo con Sheffi (1985) es una de las características del *UE*.

Una alternativa y más realística del modelo de equilibrio fue propuesto por Daganzo y Sheffi (1977) conocida con el nombre de Equilibrio de Usuario estocástico (*SUE* por sus siglas en inglés), este modelo asume que el viajero tiene información imperfecta acerca de las rutas de la red o es variable en la percepción de los atributos de la red.

La función para el desempeño de los arcos es una descripción matemática de la relación entre el tiempo de viaje y el volumen del arco. La formulación de la Oficina de Caminos Públicos (*BPR*, por sus siglas en inglés) es una de las funciones más común en el desempeño de arcos. La función *BPR* relaciona el tiempo de viaje en un arco como una función del volumen/proporción de la capacidad de acuerdo con *Caliper Corporation* (1999):

$$t = t_f \left[1 + \alpha \left(\frac{v}{c} \right)^\beta \right]$$

Ecuación 12. Tiempo de viaje del arco congestionado

Donde:

t =tiempo de viaje del arco congestionado

t_f = tiempo de viaje del arco a flujo libre

v = volumen del arco

c = capacidad del arco

α, β = parámetros de calibración

Algunos valores típicos para “ α ” y “ β ” son entre 0.15 a 4 respectivamente. Sin embargo, diferentes valores pueden ser propuestos en diferentes circunstancias. Por ejemplo estos parámetros pueden ser modificados para incluir los efectos de una aproximación asociada a una intersección. Los requisitos de los atributos varían de acuerdo con el método que se desee emplear para la asignación de la red, para este caso tratándose del método *SUE* los requisitos son:

Requisitos de Atributos: Tiempo y Capacidad

Requisitos de configuración: Iteraciones, Convergencias, Alfa, Beta, Función y Error

Dentro del análisis de asignación es necesario la calibración del método a asignar en la red, para ello un parámetro estadístico comúnmente utilizado es el *Root Mean Square Error* (RMSE), el cual es la raíz cuadrada de la diferencia entre la predicción (asignación) y el análisis de los datos observados divididos entre el número de observaciones tal como se muestra en la siguiente expresión:

$$\%RMSE = 100 * \frac{\sqrt{\frac{\sum(C_i - A_i)^2}{(N - 1)}}}{\frac{\sum C_i}{N}}$$

Ecuación 13. Error relativo

Donde:

C_i = Dato observado

A_i = Dato asignado por el modelo en el enlace i

N = Número de observaciones

En algunas ocasiones se establecen criterios para el error relativo en donde %RMSE debe de ser menor al 30%, a su vez se permite tener valores mayores siempre y cuando estos estén alejados del área de interés (MTC, 2010).

4. DELIMITACIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

El fenómeno de metropolización se observa cada día más en gran parte de las ciudades medias latinoamericanas. Si bien, tradicionalmente el territorio metropolitano es delimitado a partir de la estructura política local, cada localidad inmersa en estos ámbitos territoriales presentan características socioeconómicas disimiles dependiendo de su localización, es decir cada una de ellas, con ciertas características de gravitación. De acuerdo con lo anterior se propone mediante el uso de modelos probabilísticos una metodología para la elección de las localidades que mayor influencia registran de su zona conurbada.

4.1. Determinación de distancias y tiempos de viaje en la red periférica

La isócrona de distancia mostrada en la Figura 4.1 presenta un intervalo de cinco kilómetros, mientras la impedancia de tiempo es de 10 minutos a partir del término de la Zona Conurbada. La distancia en cada arco se obtuvo a partir de la georeferenciación, mientras el tiempo de viaje fue obtenido a partir de las velocidades reales a flujo libre de cada arco de la red obtenidas mediante la instrumentación de un vehículo con GPS, registrando la velocidad cada 5 segundos y promediando para cada arco de la red periférica obteniendo la velocidad media de recorrido.

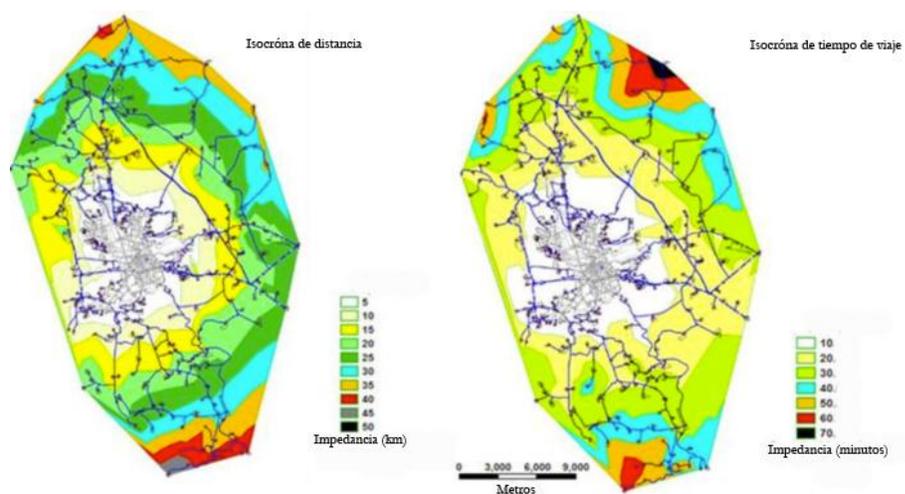


Figura 4.1. Isócrona de distancia y tiempo en la ZMQ
Fuente: Elaboración propia

4.2. Ocupación en el sector secundario y terciario.

Con base a los lineamientos ya expuestos, uno de los parámetros que se emplean para la delimitación de ZM es la población ocupada en los sectores secundario y terciario. El INEGI para el censo del año 2010 no cuenta con dicha información, por ello para su estimación se determinó un modelo de regresión lineal múltiple a través de un estudio retrospectivo basado en datos históricos (Montgomery *et al*; 2006) mediante los censos de 1990 y 2000.

Las variables empleadas en cada localidad son:

- χ_1 : Población total
- χ_2 : Población económicamente activa
- χ_3 : Población económicamente inactiva
- χ_4 : Población ocupada
- χ_5 : Distancia a la ZCQ (en kilómetros)
- **Respuesta:** Total del sector secundario y terciario.

En el Cuadro 4.1 se muestran los resultados de los diferentes modelos estadísticos estimados.

Cuadro 4.1. Modelos de regresión lineal múltiple para estimar la población ocupada en el sector secundario y terciario

Modelo 1				
Variable predictora	Coefficiente	Error estadístico	T	p
Constante	-19.827	3.300	-6.01	0.000
χ_1	-0.21098	0.02904	-7.26	0.000
χ_2	1.24045	0.03770	32.90	0.000
χ_3	0.26176	0.05937	4.41	0.000
S = 42.9374	R-Sq = 98.7%	R-Sq(adj) = 98.7%		
Modelo 2				
Constante	-19.229	3.392	-5.67	0.000
χ_1	-0.09042	0.01007	-8.98	0.000
χ_2	1.14283	0.03140	36.40	0.000
S = 44.1764	R-Sq = 98.7%	R-Sq(adj) = 98.7%		

Modelo 3				
Constante	-20.416	3.432	-5.95	0.000
χ^1	-0.078057	0.009777	-7.98	0.000
χ^4	1.12160	0.03092	36.28	0.000
S = 44.2503	R-Sq = 98.7%	R-Sq(adj) = 98.7%		
Modelo 4				
Constante	-21.107	3.370	-6.26	0.000
χ^1	-0.17681	0.02851	-6.20	0.000
χ^4	1.19913	0.03692	32.48	0.000
χ^3	0.21778	0.05922	3.68	0.000
S = 43.3826	R-Sq = 98.7%	R-Sq(adj) = 98.7%		

Fuente: Elaboración propia

A partir del Cuadro 4.1 se observa que los cuatro modelos muestran el mismo coeficiente de correlación, sin embargo el modelo 3 y 4 se descartaron debido al número de variables a partir de ello, se aplicaron los modelos 1 y 4.

Para corroborar la robustez de los modelos 1 y 4, se estimó a partir de ellos la población ocupada en el sector secundario y terciario en el año 2000, para posteriormente comparar dicha estimación con el dato real mediante el contraste 2-Sample T, en el Cuadro 4.2 se muestran los parámetros estadísticos obtenidos.

Cuadro 4.2. Contraste entre el valor estimado del sector secundario y terciario e información censal.

Modelo 1			
	Media	Desviación estadística	Error estadístico. Media
Censo 2000	268	467	37
Censo 2000 (estimado)	264	466	37
Diferencia	3.79747		
95% de intervalo de confianza: (-99.44647, 107.04141)			
Valor T: 0.07 Valor P: 0.942			
Modelo 4			
	Media	Desviación estadística	Error estadístico. Media
Censo 2000	267	467	37
Censo 2000 (estimado)	265	467	37

Diferencia	2.72785		
95% de intervalo de confianza: (-100.61516, 106.07086)			
Valor T: 0.05	Valor P: 0.959		

Fuente: Elaboración propia

A partir del Cuadro 4.2 observamos que ambos modelos se encuentran dentro del intervalo de confianza, la hipótesis es nula pues no existe gran contraste respecto a sus medias; no obstante los valores de los modelos 1 y 4 estimados para el censo del año 2000 presentaron datos atípicos, por consiguiente, para que el modelo demuestre mayor veracidad se optó por estimar dos modelos dependiendo del grupo poblacional, así pues, el primero estimará las localidades que muestran un valor igual o mayor al 75% de su población ocupada en el sector secundario y terciario y el segundo a las localidades con menos de 75%. En función de lo anterior los modelos estimados se muestran en el Cuadro 4.3.

Cuadro 4.3. Modelos de regresión lineal múltiple para estimar la población ocupada en el sector secundario y terciario dependiendo de su grupo poblacional.

Modelo 5; para localidades con población ocupada en el sector secundario y terciario mayor o igual al 75%				
Variable predictora	Coefficiente	Error estadístico	T	p
Constante	-3.836	2.577	-1.49	0.139
χ_4	0.98286	0.01479	66.45	0.000
χ_3	-0.08876	0.01375	6.45	0.000
S = 26.8814	R-Sq = 99.7%	R-Sq(adj) = 99.7%		
Modelo 6; para localidades con población ocupada en el sector secundario y terciario menor al 75%				
Constante	1.594	4.661	0.34	0.733
χ_4	0.651387	0.009558	68.15	0.000
χ_5	-0.6113	0.2051	-2.98	0.003
S = 24.9662	R-Sq = 95.9%	R-Sq(adj) = 95.9%		

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el Cuadro 4.3 los coeficientes de correlación resultan ser elevados y las variables estadísticamente significativas. En ambos modelos la población ocupada presenta mayor magnitud. En el modelo 6 se observa el efecto negativo de la distancia a la ZC en las actividades de los sectores secundario y terciario, es decir, para una determinada

localidad con una cierta población ocupada, dichos sectores se potencializarán en cierto grado de su proximidad a su ZC².

Al igual que en el caso anterior, para corroborar la robustez de los modelos 5 y 6, se estimó la población ocupada en dichos sectores para el año 2000 comparando el resultado mediante un “pareo T” con los datos censales de dicho año, los resultados de sus parámetros estadísticos se muestran en el Cuadro 4.4.

Cuadro 4.4. Pareo T para el sector secundario y terciario

	Media	Desviación estadística	Error estadístico. Media
Censo 2000	283	541	51
Censo 2000 (proyectado)	282	538	50
Diferencia	1.45614		
95% de intervalo de confianza: (-139.42054, 142.33283)			
Valor T: 0.02 Valor P: 0.984			

Fuente: Elaboración propia

4.3. Los desplazamientos a la ZC

La variable de desplazamientos nos permite estimar los flujos derivados de las actividades de los residentes, principalmente obtenidos a través de encuestas origen-destino, según Giuliano y Gillespie (1997) además del incremento de los viajes de las periferias metropolitanas, también lo hacen los que se dirigen desde el centro a la periferia, los denominados *inverse commuting* o *reverse commuting* lo cuales son cada vez más habituales, no obstante, dicho parámetro no es considerado dentro de los lineamientos para determinar localidades influyentes, pues en nuestro caso de estudio representa el 1.2% de los desplazamientos totales de la ZC.

En este trabajo de investigación, dicha variable se estimó a partir de la encuesta origen-destino proporcionada por el Centro Queretano de Recursos Naturales (CQRN) derivada de un análisis a la problemática del sistema de transporte en la zona rural de la región centro del estado de Querétaro publicada en enero del 2009. A partir de dicha

² La distancia del centroide de una localidad al perímetro de la ZCQ será la distancia a la ZCQ.

encuesta, se desarrolló un modelo para estimar los viajes por motivo de trabajo de cada una de las localidades a la ZC. Dicho modelo, permite estimar los viajes para el año 2010, siendo las variables estadísticamente significativas las siguientes:

- χ_1 : Población total
- χ_2 : Relación entre la distancia de la ZCQ a los parques industriales.
- Respuesta: Viajes diarios a la ZC por motivo de trabajo

La variable X2 permite interpretar la relación existente entre la distancia de cada una de las localidades a la ZCQ o un Parque Industrial (PI) dentro de la ZMQ, los PI considerados son el Parque Industrial Balvanera, Parque Industrial Bernardo Quintana, Parque Industrial la Cruz, Parque Industrial Aeropuerto y el Parque Industrial Querétaro. La relación fue construida considerando el mínimo entre la distancia, ya sea a la ZC o al PI, con base a lo siguiente:

MIN[DZC,DPI]

Si MIN=ZC; X2=1

Si MIN=DPI; X2= DZC/DPI

Dónde:

DZC= distancia de la localidad a la zona conurbada

DPI= distancia de la localidad al parque industrial más cercano

Si el valor es próximo a uno entonces la distancia óptima de la localidad será hacia la ZCQ y si es mayor que uno entonces la distancia óptima tenderá a uno de los PI. Lo anterior considera los PI en la atracción de viajes por motivo de trabajo dentro de la ZM. Los parámetros estadísticos obtenidos del modelo estimado se muestran en el Cuadro 4.5.

Cuadro 4.5. Modelo de viajes diarios equivalentes por motivo de trabajo en la ZMQ.

Variable predictora	Coefficiente	Error estadístico	T	p
Constante	17.09	28.80	0.59	0.558
χ_1	0.16747	0.01296	12.92	0.000
χ_2	-24.24	11.68	-2.08	0.048
S=86.8727	R-Sq=87.1%	R-Sq(adj)=86.2%		

Fuente: Elaboración propia

El modelo estimado presenta un coeficiente de correlación de 86.2% el cual es aceptable, la variable X2 refleja signo negativo, lo anterior tiene sentido lógico, pues la distancia tiene un efecto negativo en la producción de viajes a la ZCQ (es decir, los niveles de interacción entre la ciudad central y las localidades que la rodean disminuyen conforme la distancia aumenta, debido a los costos derivado del desplazamiento, SEDESOL, CONAPO e INEGI, 2007), la cual se verá mayormente afectada si tiene próximo un PI.

4.4. La variable distancia y tiempo de viaje a la ZCQ, análisis de su magnitud

Como ya se expuso, el INEGI considera la distancia de viaje a la ZC como uno de los criterios en la delimitación de localidades con grado de interacción dentro de la ZM, el presente trabajo demuestra que el tiempo de viaje a la ZC presenta mayor importancia respecto a la distancia. Discusiones en la teoría de redes en los últimos 30 años refuerzan lo anterior, por ejemplo Dupuy (1998) expone que la apreciación de la velocidad en la circulación de la red es relativa a una nueva temporalidad, pues, al lado de su dimensión topológica, la red tiene una dimensión cinética. Senett (1979) menciona que el transporte privilegia las relaciones espacio-temporales, la elección de destinos, la inmediatez que permite al menos potencialmente a cada ciudadano ser actor, poder escoger los nudos de la red; la instantaneidad, realizada imperfectamente por velocidades a menudo insuficientes pero siempre crecientes.

En este sentido Dupuy (1998) interpreta que la red asegura la puesta en relación, la conexión máxima, a ser posible directa y múltiple, entre puntos del espacio, independientemente de su localización y más allá de las diferentes barreras y límites. La red favorece así la apertura del espacio urbano y la descentralización. Gölkalp (1988) menciona que la red es capaz de asegurar la circulación en un tiempo corto, el automóvil y las telecomunicaciones refuerzan el fenómeno. La red define al unísono el espacio y el tiempo, estableciendo entre ellos una nueva relación basada en la circulación, el flujo y la velocidad (Dupuy, 1998). Y de manera concluyente, Ribaud (1981) expone que en el sentido de los desplazamientos, lo que cuenta es el tiempo de recorrido y no la distancia.

Con el propósito de canalizar las reflexiones de los autores mencionados en el tema que nos atañe, se realiza una comparación de la significación de las variables distancia

y tiempo de viaje, comparando la magnitud de dichas variables en los modelos construidos, empleando como variable de respuesta la población ocupada en el sector secundario y terciario de cada localidad mediante información estadística de los censos del año 1990 y 2000, el propósito de usar ambos sectores como respuesta radica en la dinámica que dichas actividades integran. En el Cuadro 4.6 se muestran los parámetros estadísticos de cada modelo. Las variables utilizadas son:

χ_1 : Población

χ_2 : Población ocupada

χ_3 : Distancia a la ZCQ (en kilómetros)

χ_4 : Tiempo de viaje a la ZCQ (en minutos)

Cuadro 4.6. Comparación de la distancia y tiempo en el sector secundario y terciario.

Modelo 1				
Variable predictora	Coefficiente	Error estadístico	T	p
Constante	-43.85	21.86	-2.01	0.047
χ_1	0.353666	0.003646	97.01	0.000
χ_3	-1.3293	0.9866	-1.35	0.181
S = 79.1550	R-Sq = 98.9%	R-Sq(adj) = 98.9%		
Modelo 2				
Constante	-22.023	8.284	-2.66	0.009
χ_2	0.913779	0.003568	256.09	0.000
χ_3	-0.2104	0.3762	-0.56	0.577
S = 30.1313	R-Sq = 99.8%	R-Sq(adj) = 99.8%		
Modelo 3				
Constante	-30.54	21.85	-1.40	0.165
χ_1	0.352889	0.003647	96.76	0.000
χ_4	-1.6524	0.8217	-2.01	0.047
S = 78.3706	R-Sq = 98.9%	R-Sq(adj) = 98.9%		
Modelo 4				
Constante	-12.182	8.245	-1.48	0.142
χ_2	0.912648	0.003558	256.52	0.000
χ_4	-0.5807	0.3123	-1.86	0.066
S = 29.7071	R-Sq = 99.8%	R-Sq(adj) = 99.8%		

Fuente: Elaboración propia.

Si bien, los modelos 2 y 4 presentan los coeficientes de correlación más altos, se observa que en los modelos 1, 2 y 4 no cumplen con las condiciones del estadístico “p” y “t”, siendo el único que cumple el modelo 3. El objetivo de este apartado es discutir las

variables tiempo de viaje y distancia, es por ello que se comparan los modelos empleando en cada uno variables similares, es decir, en el modelo 1 la población con la distancia, mientras en el modelo 3 la población con el tiempo de viaje, y en el 2 y 4 la población ocupada con la distancia y el tiempo, respectivamente.

En los modelos estimados el tiempo de viaje presenta mayor magnitud en su coeficiente respecto a la distancia, se reafirma que el signo de ambos (distancia y tiempo) reflejando el efecto disuasor en la realización del desplazamiento. Por lo obtenido en esta comparación se puede concluir que el tiempo de viaje a la ZC presenta mayor significación respecto a la variable distancia, corroborando lo expuesto por los diferentes autores mencionados.

Si bien, las redes viarias estructuran el territorio, Foster (1979) exponía que los urbanistas tenían una débil conciencia del conjunto de las implicaciones del triunfo del automóvil sobre el desarrollo urbano futuro, y su efecto en la descentralización de las ciudades. En el mismo sentido Hall (1996) sostiene que la introducción del automóvil afectó la forma de vida y las estructuras urbanas. Dupuy (1995b) asegura que el automóvil extiende el espacio urbano, lo descompone y lo recompone según las formas inéditas. Es notable el número de viajes medios motorizados en el ámbito de estudio hacia la ZC pues el 18.12% son realizados en automóvil conduciendo y el 69.18% en transporte público (CQRN, 2009).

En este sentido, el automóvil provoca una desigualdad en la accesibilidad de la sociedad, Dupuy (1995a) sostiene que la motorización de la sociedad debida al proyecto de una accesibilidad rápida para cada uno y para todo, ha rechazado una parte importante del mundo, especialmente para aquéllos que no tienen automóvil, les es menos accesible que antes. Por lo anterior, el autor menciona que paralelamente a la movilidad de los motorizados se ha acrecentado la inmovilidad de los no-motorizados. En este sentido Sachs (1992) señala que el que no tiene automóvil, sólo la elección de una alternativa “desagradable”: traquetear en un autobús media jornada o sencillamente quedarse en casa. Aquéllos que no tienen coche ven devaluar su poder sobre un espacio donde los límites del

coche no son restringidos. Así, la motorización ha creado una nueva forma de desigualdad que es influenciada a la vez por el fenómeno de metropolización (Obregón, 2008).

4.5. El modelo *logit* binario, su aplicación para la elección de localidades significativas en una ZM

El modelo *logit* se inscribe dentro de las llamadas regresiones sobre variable “*dummy*”. Una variable “*dummy*” o dicotómica es una variable numérica usada en el análisis de regresión lineal para representar los subgrupos de la muestra de estudio.

A diferencia de los modelos agregados (regresiones múltiples) que se basan en relaciones observadas por promedios o agrupaciones de individuos o zonas, los modelos desagregados (o de elección discreta) tienen su fundamento en las elecciones observadas. En general postulan que: La probabilidad de una cierta opción, es una función de sus características socioeconómicas y de lo atractiva que resulte la alternativa en cuestión en comparación a las demás (Ortúzar y Willumsen, 2008).

Siguiendo a ambos autores se tiene que para representar la atractividad de la alternativa se utiliza el concepto de utilidad. Cada variable representa un atributo de la alternativa, en tanto que los coeficientes representan la influencia relativa de cada atributo, es decir, la contribución que cada variable aporta a cada alternativa. Para poder predecir si una alternativa es viable, el valor de su utilidad se ha de comparar con el valor de las utilidades de las opciones alternativas y transformarse en un valor de probabilidad entre 0 y 1. Para poder hacer uso de la expresión matemática es necesario obtener la utilidad para la elección de localidades significativas, es aquí donde se hizo uso de la regresión logística binaria arrojando los siguientes parámetros estadísticos mostrados en el Cuadro 4.7. Las variables utilizadas en la regresión son:

χ_1 : Población

χ_2 : Porcentaje de población ocupada en el sector secundario y terciario (en decimal)

χ_3 : Tiempo de viaje a la Zona Conurbada de Querétaro (en minutos)

χ_4 : Distancia de viaje a la Zona Conurbada de Querétaro (en metros)

La variable respuesta es igual a 1 (sí es influyente), si: la localidad cumplía con el 75% de población ocupada en el sector secundario y terciario, los desplazamientos a la ZC por motivo de trabajo fueran superiores al 15%, con un mínimo de 100 viajes por motivo de trabajo en cada localidad y que en la localidad residieran más de 50 habitantes (cumpliendo así con los parámetros del INEGI, exceptuando la distancia a la ZC).

Cuadro 4.7. Modelos de regresión logística binaria.

Variable	Coefficiente	Error estadístico	Z	p
Modelo 1				
Constante	-2.33486	1.18679	-1.97	0.049
χ^2	7.18749	1.39209	5.16	0.000
χ^3	-0.113296	0.0343918	-3.29	0.001
Modelo 2				
Constante	-1.27325	1.18509	-1.07	0.283
χ^1	0.0017156	0.0004890	3.51	0.000
χ^2	4.67183	1.36741	3.42	0.001
χ^3	-0.141805	0.0430608	-3.29	0.001
Modelo 3				
Constante	-3.88029	1.12117	-3.46	0.001
χ^2	7.49075	1.38908	5.39	0.000
χ^4	-0.0657503	0.0355760	-1.85	0.065
Modelo 4				
Constante	-2.96764	1.06967	-2.77	0.006
χ^1	0.0015493	0.0004482	3.46	0.001
χ^2	4.91723	1.33646	3.68	0.000
χ^4	-0.0816183	0.0393897	-2.07	0.038

Fuente: Elaboración propia

De los cuatro modelos construidos, tres de ellos cumplen con los contrastes estadísticos, en dos de ellos es estadísticamente significativo el tiempo de viaje, mientras la distancia sólo en uno. Los modelos 2 y 4 se construyeron considerando la población ocupada en los sectores secundario y terciario y el tamaño de la población, variables establecidas por el INEGI para determinación de localidades influyentes en una ZM, así como la distancia a la ZC en el modelo 4, y analizando la influencia del tiempo de viaje en el modelo 2. Se observa que en dicho modelo, el término de la constante presenta menor magnitud que en el modelo 4, así como mayor robustez en los contrastes estadísticos de

cada variable. En ambos se observa el signo negativo en la distancia o tiempo, mayor magnitud en la variable X2 y que el tiempo o la distancia presentan mayor peso respecto al tamaño poblacional. Debido a la robustez del modelo 2 y a la significación que presentó X3 en la determinación de la población ocupada en el sector secundario y terciario, se opta por elegir dicho modelo.

4.6. Aplicación del modelo *logit* binario

A partir del modelo 2 del Cuadro 4.7 se realizó su aplicación en la ZMQ mediante las siguientes funciones lineales:

$$V_{sí} = -1.27325 + 0.0017156\chi_1 + 4.67183\chi_2 - 0.141805\chi_3$$

Ecuación 14. Función de utilidad sí

$$V_{no} = 1.27325 - 0.0017156\chi_1 - 4.67183\chi_2 + 0.141805\chi_3$$

Ecuación 15. Función de utilidad no

Una vez obtenidas las *utilidades*, se procedió a aplicar la transformación *logit* considerando influyentes aquellas localidades con probabilidad resultante mayor al 50%.

En la Figura 4.2 se aprecia el resultado de la aplicación.

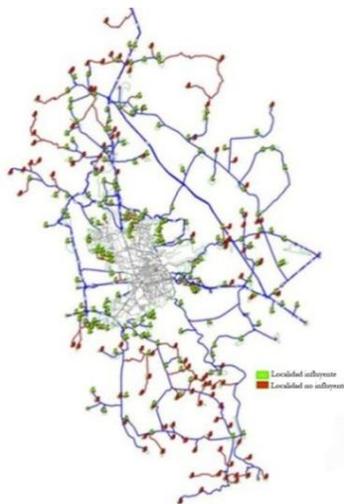


Figura 4.2. Localidades influyentes
Fuente: Elaboración propia

Se deduce que el modelo tiene la ventaja de englobar las variables de población, a los ocupados en los sectores secundario y terciario y el tiempo de viaje a la ZC, su importancia reside en establecer una herramienta que permita determinar qué localidades presentan mayor influencia a la ZC permitiendo de alguna manera gestionar sus recursos y aplicar políticas de planificación, es importante considerar la estructura metropolitana como un sistema que tiende a evolucionar, por ello, es benéfica la identificación de las localidades con mayor dinámica. Un ejemplo de la aplicación de éstos modelos binarios en urbanística fue la desarrollada por Suárez y Delgado (2007) con el objetivo de pronosticar la probabilidad de que áreas tenderán a ser urbanizadas en un cierto lapso de tiempo, aplicado a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

4.7. Tamaño de la muestra

De acuerdo con el modelo de localidades influyentes el total de localidades a encuestar es de 182 localidades con características urbanas y rurales. De ahí que se deduce una población total en el 2010 de 253,617 habitantes, asimismo este valor puede ser mayor debido a que existen dentro del análisis algunos fraccionamientos de reciente creación en el cual no se cuenta con datos socioeconómicos para el censo del 2010 por lo que se empleará un rango de 500,000 a 1,000,000 de habitantes usando un tamaño de la muestra como mínimo de 1 de 70 (0.015); la ZMQ tiene una población total en el 2010 de 1,097,025 habitantes, por lo que se tiene una relación de la población a encuestar y la población de la ZMQ del 23.12% total.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Validación de datos

A continuación en el Cuadro 5.1 se coteja los datos socioeconómicos para su validación empleando la información de la encuesta origen-destino y el Censo de población y vivienda 2010 expresado en porcentajes.

Cuadro 5.1. Validación de datos socioeconómicos

Encuesta Origen-Destino		Censo 2010		Diferencia
Sexo		Sexo		Sexo
Masculino	Femenino	Masculino	Femenino	1.26%
50.87%	49.13%	49.61%	50.39%	
Piso de Tierra		Piso de Tierra		Piso de Tierra
Dispone	No Dispone	Dispone	No Dispone	4.36%
9.34%	90.66%	4.98%	95.02%	
Radio		Radio		Radio
Dispone	No Dispone	Dispone	No Dispone	2.18%
81.36%	18.64%	79.18%	20.82%	
Televisor		Televisor		Televisor
Dispone	No Dispone	Dispone	No Dispone	3.68%
97.57%	2.43%	93.89%	6.11%	
Refrigerador		Refrigerador		Refrigerador
Dispone	No Dispone	Dispone	No Dispone	10.09%
89.81%	10.19%	79.72%	20.28%	
Lavadora		Lavadora		Lavadora
Dispone	No Dispone	Dispone	No Dispone	8.87%
69.61%	30.39%	60.74%	39.26%	
Computadora		Computadora		Computadora
Dispone	No Dispone	Dispone	No Dispone	8.92%
29.03%	70.97%	20.11%	79.89%	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el Cuadro 5.1 la diferencia de porcentajes resulta ser mínima y por lo tanto con un margen de error aceptable del +/- 10%, existen diferentes causas que generar que el margen de error incremente o disminuya, para este caso es necesario recordar que es prácticamente imposible encontrar que la muestra sea el 100% real de la población, otra característica es que la encuesta incluye a algunos fraccionamientos de reciente creación que aún no se encuentran dentro de las bases de datos para el Censo 2010.

5.2. Estadística descriptiva

Dentro del uso de datos de la encuesta una de las primeras aportaciones que se tienen como resultado son los patrones de movilidad en el que de alguna manera se pueden hacer suposiciones de cuáles son las preferencias del usuario.

5.2.1. Estadística descriptiva a nivel Zona Conurbada y Zona periférica

Para el análisis de la estadística descriptiva se optó por separar las urbanizaciones en aquellas dentro de la Zona Conurbada que se construyeron durante los últimos 5 años (entre 2005-2010) y en la Zona Periférica en que se encuentran localidades tanto rurales como urbanas, con el fin de comparar en la medida de lo posible las características de la dispersión con lo contiguo. Los datos se pueden apreciar en los Cuadros 5.2 al 5.9.

Cuadro 5.2. Motivo de viaje en la ZP y ZC

Motivo	% ZP	% ZC
Trabajo-primario	2.37	0
Trabajo-industrial	16.81	13.90
Trabajo-Servicios	27.60	32.62
Escuela	16.77	19.25
Compras supermercado	7.78	8.02
Recreación	2.33	0.53
Acompañar personas	7.62	11.76
Ir a comer	0.92	0
Relacionado con el trabajo	0.92	2.67
De salud	3.93	3.21
Practica de deporte	0.92	1.07
Asuntos personales	5.17	5.88
Otros	3.29	0
Compras varias	3.57	1.07

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.3. Medio utilizado en la ZP y ZC

Medio	% ZP	% ZC
Autobús público	35.14	49.01
Autobús de empresa	8.12	4.79
Autobús escolar	0.47	0

Automóvil (conduciendo)	23.02	29.30
Automóvil (acompañante)	9.07	5.92
Automóvil (rentado-taxi)	1.33	1.69
Motocicleta	0.32	0
Bicicleta	1.74	0
A pie	20.44	9.30
Otro	0.34	0

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.4. Lugar de residencia anterior

Colonia, Municipio y Estado de residencia anterior	% ZP	% ZC
Santiago de Querétaro	49.20	58.33
Corregidora	7.28	16.67
Humilpan	4.09	0
El Marqués	21.31	0
Estado de Querétaro fuera de la ZMQ	2.49	5.0
En otro estado	14.21	18.33
Fuera de México	1.42	1.67

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.5. Motivo por el que cambió de residencia

Motivo	% ZP	% ZC
Trabajo	13.14	16.67
El trabajo me quedaba lejos	1.60	1.67
Estudio	1.42	0
Religión	1.24	0
Retiro	0.71	1.67
Ambiente (entorno urbanístico)	4.09	3.33
Falta de servicios	4.44	8.33
Precio del alquiler (renta)	7.10	11.67
Familiares	21.31	11.67
Inseguridad	2.84	0
Matrimonio	19.54	5
Compra de casa/terreno	17.76	30
Otro	4.80	10

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.6. Ubicación de su lugar actual y anterior de trabajo

Trabajo	% actual ZP	% anterior ZP	% actual ZC	% anterior ZC
Santiago de Querétaro	58.01	56.53	78.95	59.57
Corregidora	6.17	5.19	12.28	14.89
Huimilpan	4.27	3.12	0	0
El Marqués	25.98	17.66	1.75	2.13
Estado de Querétaro (fuera de la ZMQ)	0.83	1.48	0	2.13
En otro estado	3.44	12.61	3.51	19.15
Fuera de México	1.30	3.41	1.75	2.13

Fuente: Elaboración propia**Cuadro 5.7.** ¿Qué medio de transporte empleaba? (únicamente si cambió de trabajo)

Medio	% ZP	% ZC
Autobús público	45.43	60.47
Autobús de empresa	9.75	9.30
Autobús escolar	0.15	0
Automóvil (conduciendo)	21.89	20.93
Automóvil (acompañante)	0.90	0
Automóvil (rentado-taxi)	0.45	0
Motocicleta	0.75	0
Bicicleta	4.05	2.33
A pie	13.34	2.33
Otro	3.30	4.65

Fuente: Elaboración propia**Cuadro 5.8.** Elección del lugar de residencia

¿Por qué eligió vivir aquí?	% ZP	% ZC
Trabajo	11.90	11.67
Estudio	0.68	0
Salud	0.85	0
Seguridad	2.21	1.67
Religión	0.17	0
Retiro	0	0
Tranquilidad	18.03	20.00
Ambiente (entorno urbanístico)	10.88	3.33
Servicios (Salud, deportivos, transporte)	7.99	15.00
Precio de la vivienda y suelo (si es propia)	24.15	31.67

Precio del alquiler (Renta)	2.55	5
Familia	15.99	6
Otro	4.59	6.67

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.9. ¿Por qué no le satisface la dotación de medios de transporte?

Motivo	% ZP	% ZC
Rutas insuficientes	43.60	45.24
Costo del viaje	8.53	4.76
La parada muy lejos	6.87	21.43
Trato al usuario, forma de manejo y seguridad	12.32	7.14
Estado físico del autobús	2.84	2.38
Tiempo de trayecto	6.16	4.76
No acceso a discapacitados	0.47	0
Incomodidad	0.24	0
Capacidad de las unidades	3.08	0
Frecuencia de paso	12.09	9.52
Horario de servicio limitado	0.95	4.76
Otros	2.84	0

Fuente: Elaboración propia

Dentro del análisis de la estadística existen algunos puntos a discusión tal que el porcentaje de viajes por motivos de placer en la ZP y en la ZC son similares (con un 28.31% y 28.33% respectivamente), para el motivo de trabajo parece existir un equilibrio entre ambas zonas teniéndose 46.78% para la ZP y 46.52% para la ZC, siendo este motivo el que presenta mayor tasa de desplazamientos para ambas zonas. Respecto al medio utilizado, el patrón de uso de autobús público en ambas zonas es similar sin embargo tiene mayor presencia el autobús de empresa en la ZP y para el uso de automóvil se tiene un patrón similar para ambas zonas, cuestión que cambia por motivo a pie en la ZP debido a los desplazamientos intrazonales, presentándose una tasa mayor en la zona periférica (20.44%).

Respecto al lugar de residencia anterior, la mayor tasa tanto para la ZP y la ZC es el municipio de Santiago de Querétaro, sin embargo, otro porcentaje significativo se refleja en la ZP (el 21.31%) residiendo en el municipio de El Marqués y para la ZC con un 18.33% en otro estado. Sus principales motivos de cambio de residencia para la ZP son por

cuestiones familiares (21.31%) mientras que para la ZC es debido a la compra de casa o terreno con un 30%

Respecto a la ubicación de su lugar de trabajo anterior frente al actual, los resultados muestran que existen dos cambios significativos, el primero, el incremento de asentamientos en el municipio de El Marqués por parte de la ZP, es probable que este incremento se refleje con la ubicación más próxima a los parques industriales La Noria, FINSA, Bernardo Quintana. El Marqués, O'Donnell mientras que para la ZC su patrón tiende a dirigirse al municipio de Santiago de Querétaro relacionándose con su movilidad al centro de la ciudad así como su relación que pudiera existir con los parques industriales Benito Juárez, Jurica, Querétaro y otra serie de industrias sobre el eje de la MEX57.

El medio de transporte que se empleaba para ir a trabajar en la ZP es el autobús público con un 45.43%, de igual manera para la ZC con un 60.47% seguido del medio de automóvil conduciendo con un 21.89% para la ZP y 20.93% en la ZC. Al parecer el principal motivo por el que no satisface el medio de transporte a los usuarios para la ZP y ZC es debido a las rutas insuficientes (del 43.60% para la ZP y 45.24% para la ZC) , seguido en la ZP por el trato al usuario, forma de manejo y seguridad (en un 12.32%) y por la frecuencia de paso (12.09%) mientras que en los usuarios de la ZC es debido a que la parada está lejos (21.43%).

5.2.2. Estadística descriptiva a nivel localidad (urbana y rural)

De igual manera se hace el desglose de la periferia dividiendo las localidades urbanas y rurales con el propósito de tener con mayor claridad los patrones de movilidad, se consideró como localidades rurales aquellas con una población menor a 2500, de igual manera se encontró que el 66.87% corresponde a características rurales y el 33.13% a urbanas, los datos se pueden apreciar en los Cuadros 5.10-5.17.

Cuadro 5.10. Motivo de viaje en localidades urbanas y rurales.

Motivo	% Urbano	% Rural
Trabajo-primario	2.08	2.74

Trabajo-industrial	15.10	18.98
Trabajo-Servicios	27.34	27.92
Escuela	18.11	15.05
Compras supermercado	5.94	10.13
Recreación	1.93	2.83
Acompañar personas	9.31	5.47
Ir a comer	1.15	0.64
Relacionado con el trabajo	1.15	0.64
De salud	3.22	4.84
Practica de deporte	1.22	0.55
Asuntos personales	5.73	4.47
Otros	3.08	3.56
Compras varias	4.65	2.19

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.11. Medio utilizado en localidades urbanas y rurales

Medio	% Urbano	% Rural
Autobús público	32.29	38.83
Autobús de empresa	8.23	7.85
Autobús escolar	0.61	0.29
Automóvil (conduciendo)	24.44	21.43
Automóvil (acompañante)	9.15	9.02
Automóvil (rentado-taxi)	1.22	1.45
Motocicleta	0.53	0.05
Bicicleta	1.75	1.70
A pie	21.46	19
Otro	0.30	0.39

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.12. Lugar de residencia anterior

Colonia, Municipio y Estado de residencia anterior	% Urbano	% Rural
Santiago de Querétaro	52.19	45.27
Corregidora	5.94	9.05
Humilpan	0	9.47
El Marqués	22.19	20.16
Estado de Querétaro fuera de la ZMQ	2.19	2.88
En otro estado	15.94	11.93
Fuera de México	1.56	1.23

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.13. Motivo por el que cambió de residencia

Motivo	% Urbano	% Rural
Trabajo	12.81	13.58
El trabajo me quedaba lejos	1.25	2.06
Estudio	1.56	1.23
Religión	1.25	1.23
Retiro	0.63	0.82
Ambiente (entorno urbanístico)	5.63	2.06
Falta de servicios	3.13	6.17
Precio del alquiler (renta)	8.44	5.35
Familiares	18.75	24.69
Inseguridad	4.69	0.41
Matrimonio	16.88	23.05
Compra de casa/terreno	20.31	14.40
Otro	4.69	4.94

Fuente: Elaboración propia**Cuadro 5.14.** Ubicación de su lugar actual y anterior de trabajo

Trabajo	% actual Urbano	%anterior Urbano	% actual Rural	% anterior Rural
Santiago de Querétaro	60.80	57.34	54.37	55.59
Corregidora	4.82	4.16	7.92	6.39
Huimilpan	1.47	0.28	7.92	6.39
El Marqués	26.00	15.79	25.96	19.81
Estado de Querétaro (fuera de la ZMQ)	1.05	2.22	0.55	0.64
En otro estado	5.03	16.62	1.37	7.99
Fuera de México	0.84	3.60	1.91	3.19

Fuente: Elaboración propia**Cuadro 5.15.** ¿Qué medio de transporte empleaba? (únicamente si cambió de trabajo)

Medio	% Urbano	% Rural
Autobús público	44.10	46.95
Autobús de empresa	8.15	11.58
Autobús escolar	0.28	0
Automóvil (conduciendo)	25.84	17.36
Automóvil (acompañante)	1.12	0.64
Automóvil (rentado-taxi)	0.56	0.32
Motocicleta	1.40	0
Bicicleta	3.65	4.50
A pie	12.92	13.83
Otro	1.97	4.82

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.16. Elección del lugar de residencia

¿Por qué eligió vivir aquí?	% Urbano	% Rural
Trabajo	13.19	10.31
Estudio	1.23	0
Salud	0.31	1.53
Seguridad	3.68	0.38
Religión	0	0
Retiro	0	0.38
Tranquilidad	19.33	16.41
Ambiente (entorno urbanístico)	13.80	7.25
Servicios (Salud, deportivos, transporte)	7.06	9.16
Precio de la vivienda y suelo (si es propia)	21.77	27.10
Precio del alquiler (Renta)	4.29	0.38
Familia	10.12	23.28
Otro	5.21	3.82

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5.17. ¿Por qué no le satisface la dotación de medios de transporte?

Motivo	% Urbano	% Rural
Rutas insuficientes	44.16	42.93
Costo del viaje	6.93	10.47
La parada muy lejos	3.03	11.52
Trato al usuario, forma de manejo y seguridad	15.15	8.90
Estado físico del autobús	3.03	2.62
Tiempo de trayecto	6.49	5.76
No acceso a discapacitados	0.87	0
Incomodidad	0.43	0
Capacidad de las unidades	5.19	0.52
Frecuencia de paso	9.52	15.18
Horario de servicio limitado	1.30	1.57
Otros	3.90	0.52

Fuente: Elaboración propia

El principal motivo de viaje es por trabajo para las localidades urbanas (44.52%) y rurales con un 49.64%, asimismo otro porcentaje significativo es por el motivo de escuela con un 18.11% para localidades urbanas y 15.05% para rurales, en donde los motivos por

placer para las localidades urbanas es de 29.93% y rurales de 21.81%, el principal medio empleado en ambas localidades es el autobús público seguido el automóvil conduciendo y su principal lugar de residencia anterior es Santiago de Querétaro con un 52.19% para las localidades urbanas y 45.27% para rurales seguido del Municipio de El Marqués con 22.19% y 20.16% respectivamente dónde la localidad urbana tiene un 15.94% en otro estado y la rural con un 11.93%.

El motivo de cambio de residencia para la localidad urbana es debido a la compra de casa o terreno con un 20.31% y para la rural su principal motivo es por cuestiones familiares con un 24.69%. En la ubicación de su lugar de trabajo anterior y actual, el municipio más significativo es Santiago de Querétaro en donde para las localidades rurales se tiene un valor actual de 54.37% y para localidades urbanas un 60.80%, asimismo otro municipio con un cambio significativo de porcentaje es El Marques en donde para las localidades rurales presenta un incremento del 6.15% y para las localidades urbanas un 10.21%; el principal medio de transporte que se utilizaba es el autobús público con un 44.10% para localidades urbanas y 46.95% para rurales ambas seguidas por el automóvil (conduciendo).

El principal motivo de elección del lugar de residencia en ambas localidades es por el precio de la vivienda y suelo con un 21.77% para localidades urbanas y 27.10% para rurales. Ahora bien, el principal motivo por el que no les satisface el medio de transporte público es por las líneas insuficientes con un 44.16% para localidades urbanas y 42.93% para rurales, seguido para localidades urbanas del trato al usuario, forma de manejo y seguridad con un 15.15% mientras que para localidades rurales es debido a la frecuencia de paso con un 15.18%.

5.2.3. Tasas de viaje

Otro indicador de movilidad que se ha venido utilizando es la tasa de viaje por día, en el Cuadro 5.18 se tiene el número de desplazamientos de acuerdo al tipo de zona en automóvil en que la zona conurbada presenta un valor de 2.74 viajes por persona, el periurbano es 2.61, el periférico urbano es 2.5 y las urbanizaciones conurbadas en los últimos 5 años es de 2.49.

Cuadro 5.18. Número de desplazamientos por individuo en automóvil

Zona \ Desplazamientos	Dos	Tres y cuatro	Cinco a siete	Más de siete
Conurbado	67.54	24.12	6.84	1.5
Últimos 5 años	78.04	17.08	4.88	0
Periférico urbano	75.29	21.77	2.94	0
Periurbano	75.92	17.39	4.35	2.34

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 5.19 se muestran las tasas de desplazamientos por persona en transporte público de acuerdo al tipo de zona, teniéndose una tasa de 2.67 para el conurbado, el periurbano de 2.34, el periférico urbano de 2.18 y las urbanizaciones conurbadas en los últimos 5 años es de 2.13.

Cuadro 5.19. Número de desplazamientos por individuo en autobús público

Zona \ Desplazamientos	Dos	Tres y cuatro	Cinco a siete	Más de siete
Conurbado	86.92	11.52	1.51	0.05
Últimos 5 años	81.58	18.42	0	0
Periférico urbano	84.5	15.13	0.37	0
Periurbano	81.15	18.06	0.79	0

Fuente: Elaboración propia

5.2.4. Clasificación de los viajes

Dentro de los desplazamientos por persona se clasificó el tipo de viaje teniéndose en la Figura 5.1 los siguientes porcentajes para los tres tipos de viajes: HB, Intrazonales y NHB.

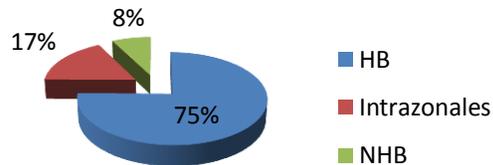


Figura 5.1. Tipo de viaje

Fuente: Elaboración propia

Para la presente investigación los viajes intrazonales serán omitidos ya que estos no serán asignados a la red, coincidiendo con el NCHRP, (2010) otro tipo de viaje a descartar son los NHB ya que su modelación es compleja debido a que no está definido exactamente cuál pudiera ser su variable explicativa y no se pudo usar datos socioeconómicos o espaciales, por lo cual no se tomarán en cuenta.

5.3. Distribución horaria de viajes

Existen diferentes formas de representar la distribución horaria la cual es común el hacer uso de histogramas para poder apreciar en dónde se encuentra la hora pico y a partir de un análisis de frecuencias determinar la hora de máxima demanda en intervalos cada 15 minutos, la distribución aquí obtenida será para los medios de auto y transporte público, por ello se presentan las Figuras 5.2 y 5.3 para la distribución horaria en automóvil (conduciendo) y transporte público.

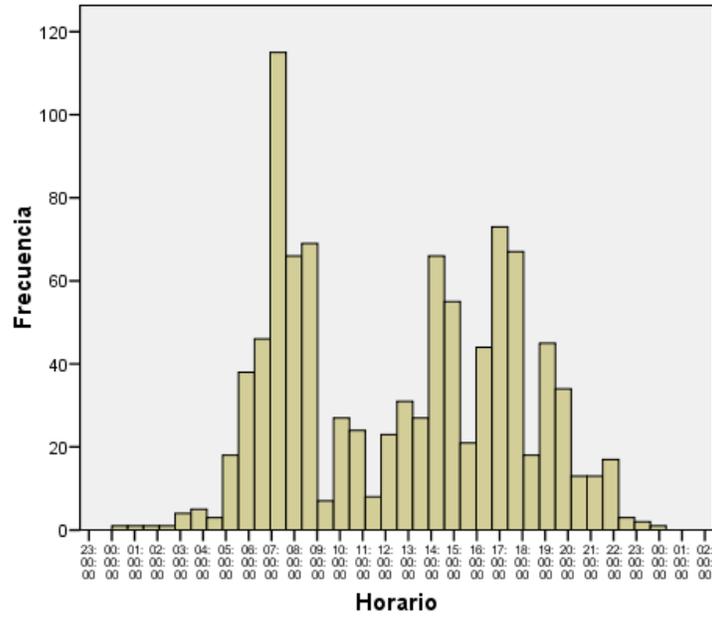


Figura 5.2. Distribución horaria del automóvil (conduciendo)

Fuente: Elaboración propia

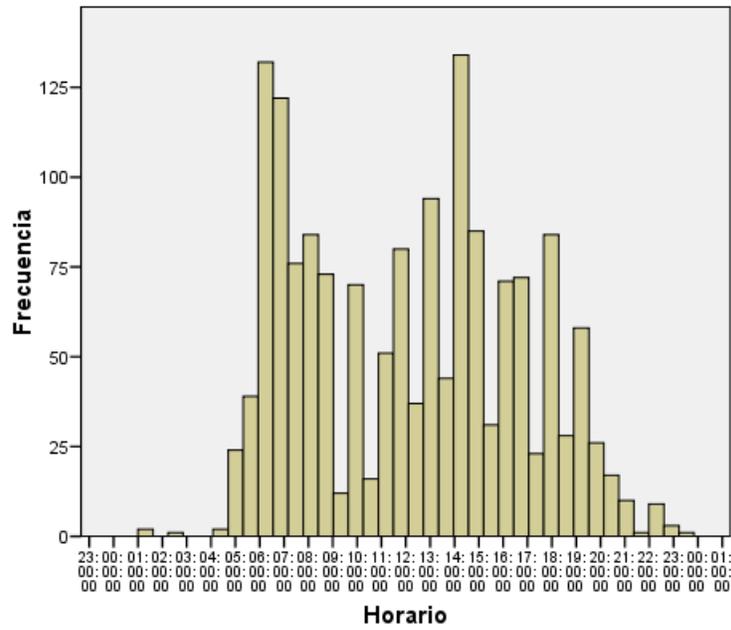


Figura 5.3. Distribución horaria del autobús público

Fuente: Elaboración propia

Observando las Figuras 5.2 y 5.3 se tiene que la hora de máxima demanda para automóvil (conduciendo) es de 7:00 a 8:00 y de autobús público de 6:45 a 7:45, otro pico mostrado en el autobús público se tiene de 13:30 a 14:30 el cual puede ser considerado para otros fines.

5.4. Generación de viajes

Es una de las primeras etapas en la modelación, si bien aquí se obtiene el total de viajes atraídos y producidos por cada una de las localidades encuestadas, estos viajes producidos y atraídos no están balanceados, es decir la sumatoria total en ambos no es la misma, por lo que es necesario realizar su balanceo, esto no tiene dificultad ya que en el programa de TransCAD se tiene esta herramienta. Asimismo, es necesario considerar como evolucionara el sistema a futuro, existen diferentes técnicas en la modelación de viajes producidos y atraídos, una de ellas es el método de clasificación cruzada sin embargo esta implica ciertas variables que en ocasiones son datos que no se tienen, por tanto para este estudio se utilizó el método de regresión múltiple por ser mucho más fácil su uso en relación con las variables sociodemográficas, para el caso de atracción de viajes se suelen utilizar variables económicas.

5.4.1. Modelos de producción de viajes por motivo de trabajo

En la modelación de producción de viajes de las 182 localidades (urbanas y rurales) sólo se emplearan 142 localidades debido a la falta de datos en el Censo Poblacional 2010, asimismo se establecieron los criterios de que las localidades tuvieran una población mayor a 50 y al menos 100 viajes, por otra parte se descartó del modelo la localidad de Santa Rosa de Jáuregui debido a su tamaño poblacional y como afecta esta en los parámetros estadísticos del modelo, en el Cuadro 5.20 y 5.21 se tienen los parámetros estadísticos.

Cuadro 5.20. Modelo de viajes por motivo de trabajo a 181 localidades

Variable predictora	Coefficiente	Error estadístico	T	p
Constante	77.57	42.71	1.82	0.072
Población	0.2367	0.01233	19.20	0.000
Tiempo de viaje	-4.214	2.025	-2.08	0.040
S = 190.176	R-Sq = 78.5%	R-Sq(adj) = 78.1%		

Fuente: Elaboración propia

$$P = 77.57 + 0.2367 \text{ Población} - 4.214 \text{ Tiempo de viaje}$$

Ecuación 16. Producción por motivo de trabajo en 181 localidades

Cuadro 5.21. Modelo de viajes por motivo de trabajo en Santa Rosa de Jáuregui

Variable predictora	Coefficiente	Error estadístico	T	p
Constante	127.07	26.30	4.83	0.000
Pocupada	0.47006	0.02220	21.17	0.000
S = 204.915	R-Sq = 81.3%	R-Sq(adj) = 81.1%		

Fuente: Elaboración propia

$$P = 127.07 + 0.47006 \text{ Pocupada}$$

Ecuación 17. Producción por motivo de trabajo en Santa Rosa de Jáuregui

Se puede apreciar en la Ecuación 16 los signos de cada una de las variables, resultando correcto el signo negativo del tiempo, se logró un coeficiente de correlación del 78.1%, de igual manera para la Ecuación 17 dentro de una serie de ejercicios estadísticos probando con las variables tales como población ocupada (Pocupada), población económicamente activa y su población total para dicha localidad resulto ser más significativa su población ocupada logrando un coeficiente de 81.1%. De acuerdo con lo anterior, es necesario determinar modelos que estimen la producción de viajes con variables básicas o elementales, es decir, que se encuentren dentro de los Censos ya que en caso contrario no se podrá realizar su expansión. Ahora bien, para fines de investigación se utilizó la población total y el Ingreso medio en pesos de las 182 localidades en las que se puede apreciar sus parámetros estadísticos en el Cuadro 5.22.

Cuadro 5.22. Modelo de viajes por motivo de trabajo en 182 localidades

Variable predictora	Coefficiente	Error estadístico	T	p
Constante	16.74	38.35	0.44	0.663
Pocupada	0.188170	0.009118	20.64	0.000
Ingreso familiar	0.03009	0.01042	2.89	0.005
S = 206.331	R-Sq = 81.2%	R-Sq(adj) = 80.9%		

Fuente: Elaboración Propia

$$P = 16.74 + 0.188170 \text{ Pocupada} + 0.03009 \text{ Ingreso Familiar}$$

Ecuación 18. Producción de viajes en 182 localidades

La Ecuación 18 muestra signos positivos para la población ocupada y el ingreso familiar lográndose un coeficiente de correlación del 80.9 %, si bien no se puede expandir esta ecuación debido a que en los censos no se registran los ingresos este modelo tiene como objetivo representar la magnitud de la variable explicativa del ingreso para la producción de los viajes.

5.4.2. Modelos de atracción de viajes por motivo de trabajo

Para estimar la atracción de viajes Ortúzar y Willumsen (2008) recomiendan utilizar variables como superficie cubierta disponible para la industria, el comercio y otros servicios; otra variable recomendada es el número de empleos en cada zona. La base de datos empleada para estimar los viajes es a través del censo económico 2009, si bien, la base de datos no incluye los nuevos fraccionamientos encuestados así como algunas localidades rurales, de igual manera se logró hacer uso de 142 localidades. Los parámetros estadísticos se pueden apreciar en el Cuadro 5.23.

Cuadro 5.23. Modelo de atracción de viajes por motivo de trabajo

Variable predictora	Coefficiente	Error estadístico	T	p
Constante	171.70	58.01	2.96	0.004
Personal	0.18337	0.01370	13.38	0.000
UE/M2	-223668	111421	-2.01	0.047
S = 465.020	R-Sq = 56.8%	R-Sq(adj) = 56.1%		

Fuente: Elaboración propia

$$A = 171.70 + 0.18337 \text{ Personal} - 223668 \text{ UE}/M^2$$

Ecuación 19. Atracción de viajes en 182 localidades

Dentro de la Ecuación 19 la atracción de los viajes está en función del personal ocupado así como de las Unidades Económicas (UE) por metro cuadrado, si bien los signos de las variables son congruentes ya que esto implica que si la superficie es muy pequeña la atracción de los viajes también lo serán.

5.4.3. Modelos de producción de viajes por motivo de escuela

Este tipo de viaje dentro de la modelación resulta con mayor complejidad debido a que es necesario establecer el número de escuelas que hay en cada una de las localidades, para este caso se utilizó un rango de edades (3-24 años), sus parámetros estadísticos se pueden apreciar en el Cuadro 5.24.

Cuadro 5.24. Modelo de producción de viajes por motivo de escuela

Variable predictora	Coefficiente	Error estadístico	T	p
Constante	-25.84	13.42	-1.92	0.056
Pob (3-24)	0.15502	0.01155	13.42	0.000
S = 129.227	R-Sq = 54.4%	R-Sq(adj) =54.1%		

Fuente: Elaboración propia

$$P = -25.84 + 0.15502 \text{ Pob} (3 - 24)$$

Ecuación 20. Producción de viajes por motivo de escuela

5.5. Calibración y aplicación del Modelo Gravitacional

Uno de los objetivos de la calibración es hacer que el Modelo Gravitacional (MG) reproduzca la distribución en el año base de acuerdo con la impedancia, para la calibración es necesario la matriz base así como la matriz de impedancia la cual para este estudio será el tiempo de recorrido, el reporte de calibración se encuentra en el Anexo 2 asimismo se muestra en resumen los resultados en el Cuadro 5.25 para cada uno de los motivos de viaje.

Cuadro 5.25. Parámetros de calibración

HBW						
Función	Media	Var.	Desviación	Error cuadrático	Error	Convergencia
Gamma	0	0.0032578	0.0570771	0.057077097	0.01178463	10 iteraciones
Inversa	0	0.0035293	0.0594077	0.059407692	0.00908973	6 iteraciones
Exponencial	0	0.0033091	0.0575247	0.057524683	0.00032442	6 iteraciones
HBS						
Función	Media	Var.	Desviación	Error cuadrático	Error	Convergencia
Gamma	0	0.001064	0.0326195	0.032619459	0.05165898	10 iteraciones
Inversa	0	0.0010691	0.0326977	0.032697746	0.00028366	8 iteraciones
Exponencial	0	0.0010345	0.0321641	0.0321641	0.00072748	6 iteraciones
HBO						
Función	Media	Var.	Desviación	Error cuadrático	Error	Convergencia
Gamma	0	0.00289	0.0537591	0.05375906	0.02130477	10 iteraciones
Inversa	0	0.0029803	0.054592	0.054591952	0.00766366	6 iteraciones
Exponencial	0	0.0029373	0.0541969	0.054196937	0.00525271	5 iteraciones
HBR						
Función	Media	Var.	Desviación	Error cuadrático	Error	Convergencia
Gamma	0	0.0103602	0.1017849	0.101784915	0.01925805	10 iteraciones
Inversa	0	0.0110976	0.1053453	0.105345284	0.00017478	7 iteraciones
Exponencial	0	0.0104695	0.1023207	0.102320668	0.00225845	5 iteraciones
HBAUTO						
Función	Media	Var.	Desviación	Error cuadrático	Error	Convergencia
Gamma	0	0.0002327	0.0152552	0.01525524	0.06556871	10 iteraciones
Inversa	0	0.0001953	0.0139739	0.013973941	0.00022672	8 iteraciones
Exponencial	0	0.0001979	0.0140667	0.014066672	0.00521476	6 iteraciones
HBAUTO (ZMQ)						
Función	Media	Var.	Desviación	Error cuadrático	Error	Convergencia
Gamma	0	0.0025138	0.0501382	0.050138236	0.02204915	10 iteraciones
Inversa	0	0.0025314	0.0503128	0.050312798	0.00104703	6 iteraciones
Exponencial	0	0.0025254	0.0502529	0.050252908	0.0012657	3 iteraciones

Fuente: Elaboración propia

Calibrado el MG se elaboró la matriz de factores de fricción sintética a través de la matriz base, impedancia y la función de impedancia, dentro de la aplicación del MG es necesario la matriz de viajes producidos y atraídos así como la matriz de fricción sintética. Dentro del análisis de selección de las funciones de impedancia y a través de los parámetros estadísticos que se muestran en el Cuadro 5.25 la función que dominó fue la exponencial la cual se utilizó en el análisis para todos los motivos. Una vez obtenido cada una de las matrices es necesario realizar una comparación entre el total de viajes producidos y atraídos y ver si la matriz es representativa, para este caso también se ajustó cada una de las matrices del MG debido a que no es conveniente emplear viajes con decimales por lo que fue necesario optimizar la matriz de tal manera que usando valores enteros no se perdieran una cantidad significativa de viajes. Otro análisis es la diferencia entre emplear el factor de fricción sintética, directamente la función de impedancia o el emplear la matriz K a un cierto número de iteraciones, si bien a través de una prueba de pareo T se contrastó que la metodología a través del factor de fricción sintética resultó ser la más representativa.

5.6. Figuras de producción y atracción de viajes

En primera instancia la Figura 5.4 representa los viajes por motivo de trabajo, tal parecer ser que la atracción se encuentra en los parques industriales: El Marqués , Bernardo Quintana, Querétaro, O'Donnell, Aeroespacial Querétaro, Balvanera, Finsa y la Noria, El Pueblito, Benito Juárez, Jurica en un 33.50%, asimismo como en la ZCQ (52.87%); sin embargo se puede apreciar que dos municipios son particularmente significante: Santiago de Querétaro (48.52%) y El Marqués (34.53%).

Para los viajes por motivo de escuela (ver Figura 5.5) la mayor parte de la producción se encuentran en la ZC asentada los últimos 5 años de igual manera como en la periferia de los municipios de Santiago de Querétaro y El Marqués y la atracción de viajes está concentrada en la ZCQ con un 52%, así como en dos localidades urbanas principales: Santa Rosa de Jáuregui (16.92%) y Jurquilla (6.57%). Revisando la Figura 5.6 para viajes por otro motivo la producción de viajes está dada en la mayor parte de las localidades urbanas pero son más significativos los de carácter de fraccionamientos, si bien su atracción

reside en la ZCQ pero con una aglomeración dentro del primer anillo (63.30%) y en la localidad de Santa Rosa de Jáuregui (17.54%).

Para la atracción de viajes por motivo de regreso a casa (ver Figura 5.7) el 68.67% se ubica en la ZCQ, los viajes en auto en la periferia la mayoría son de carácter urbano en un 47% y su atracción principal es la ZCQ (40.38%) (ver Figura 5.8), mientras que en auto para la ZMQ los desplazamientos se ven reflejados tanto para la producción y atracción de viajes dentro de la ZCQ (ver Figura 5.9).

Ahora bien, para representar espacialmente los datos en las Figuras de producciones y atracciones de viajes es necesario descartar algunos valores mínimos para poder tener una mayor apreciación, para lo viajes por trabajo se descartaron aquellos con producción menor a 14 viajes, para escuela, otros y regreso a casa aquellos con producción menor a 13 viajes y para automóvil en la periferia aquellos con producción menor a 12 viajes y para los viajes en automóvil para la ZMQ los valores de producción menor a 9 viajes.

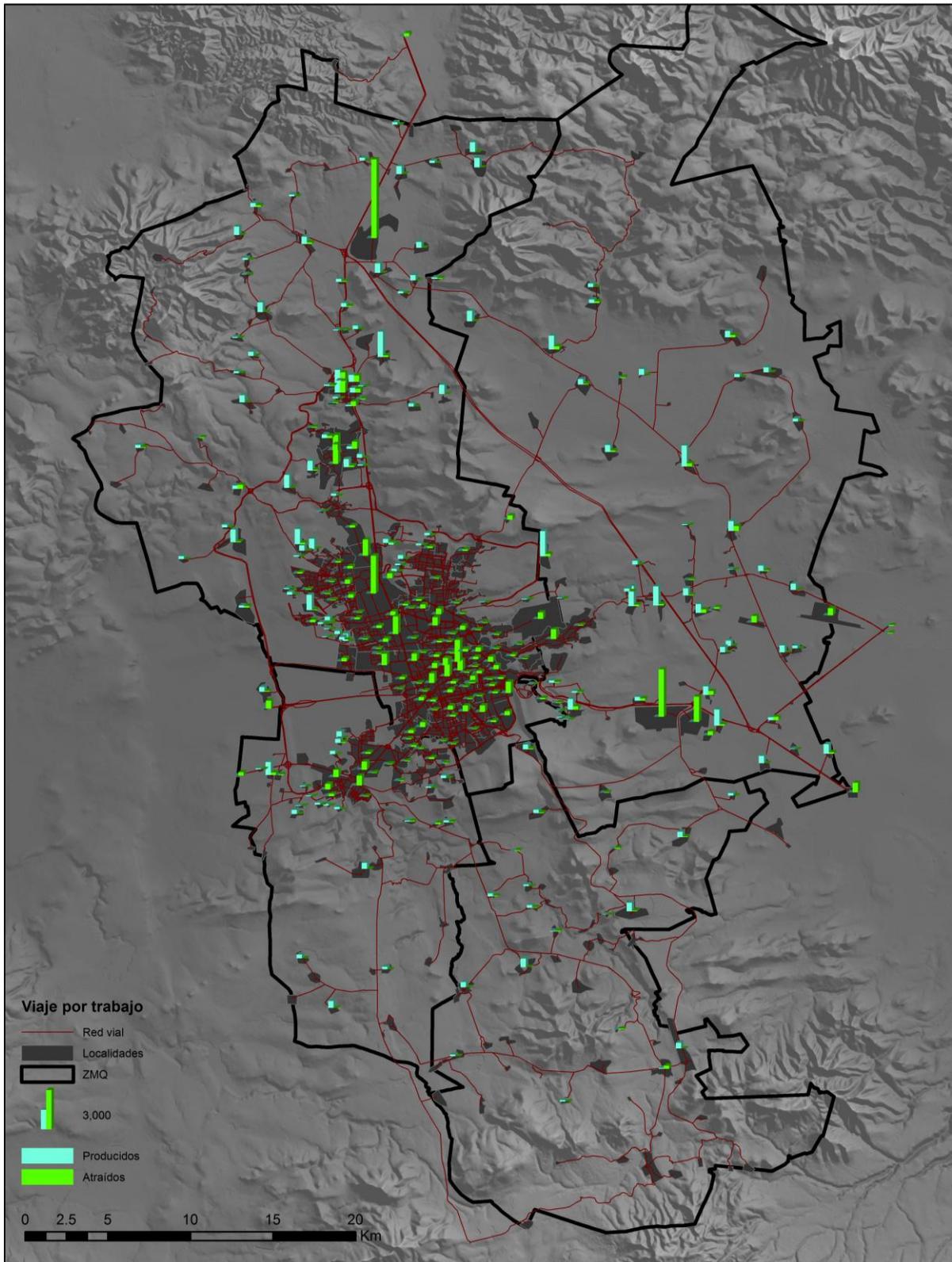


Figura 5.4. Viajes producidos y atraídos por trabajo

Fuente: Elaboración propia

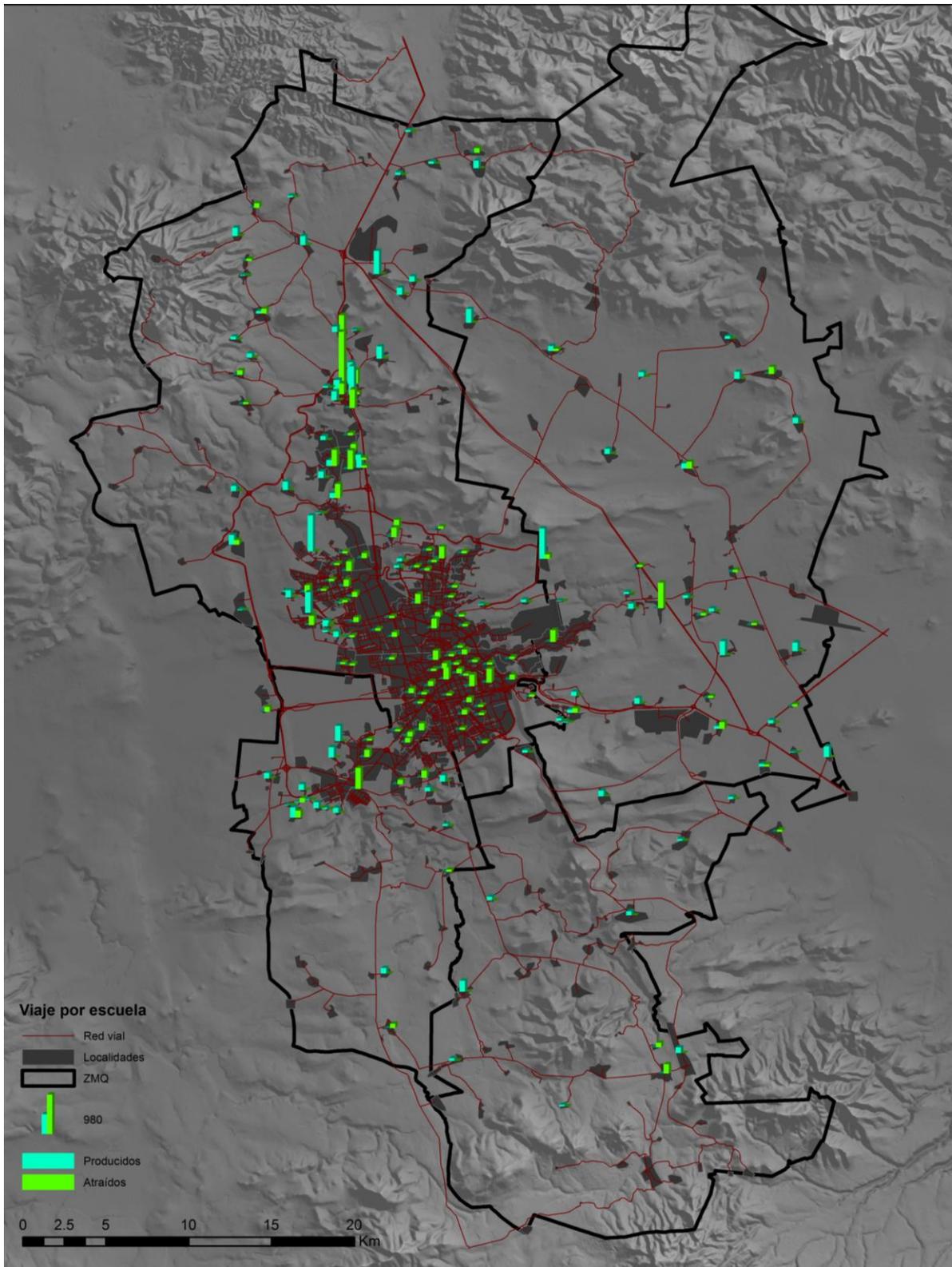


Figura 5.5. Viajes producidos y atraídos por escuela

Fuente: Elaboración propia

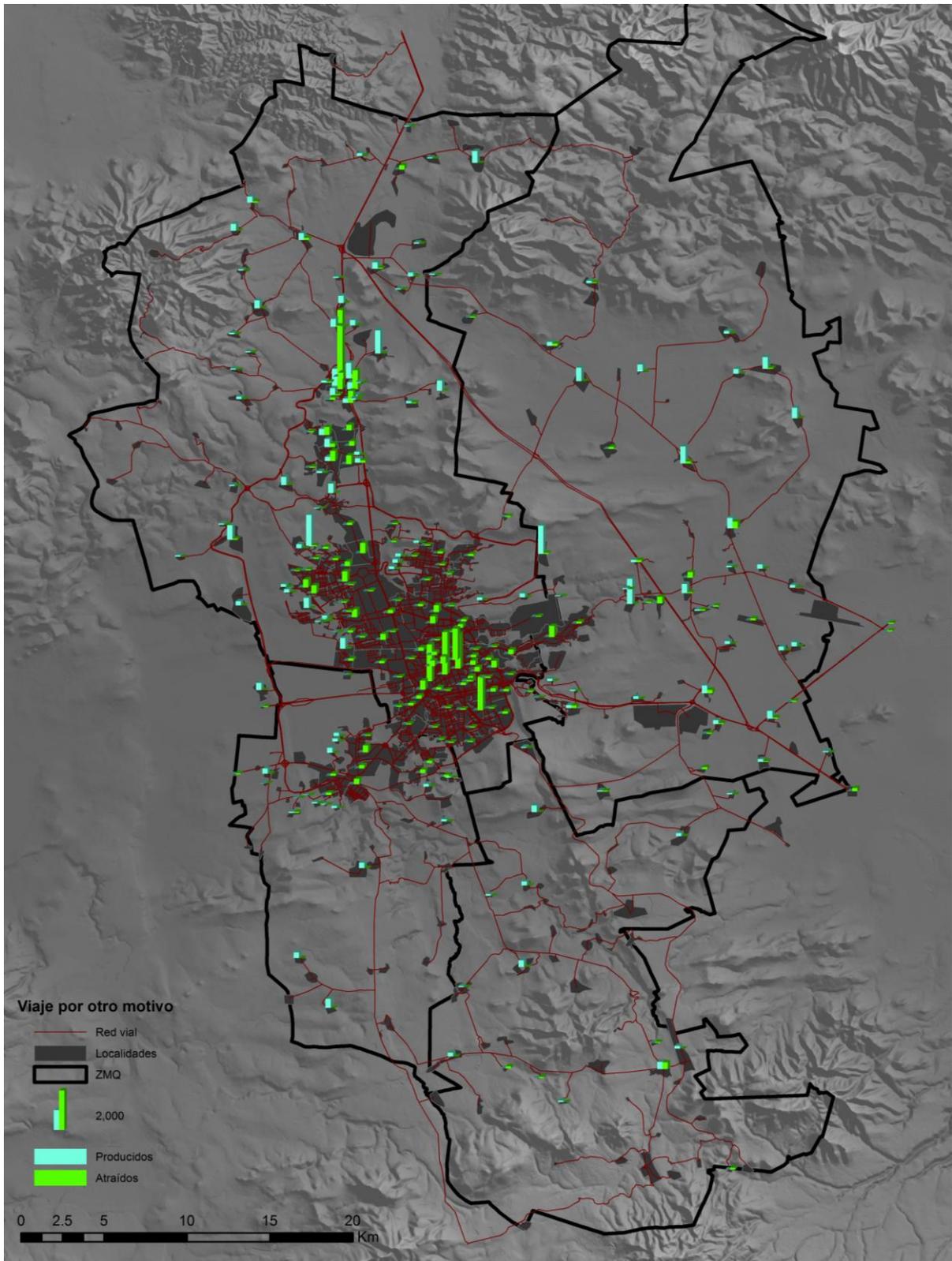


Figura 5.6. Viajes producidos y atraídos por otro motivo

Fuente: Elaboración propia

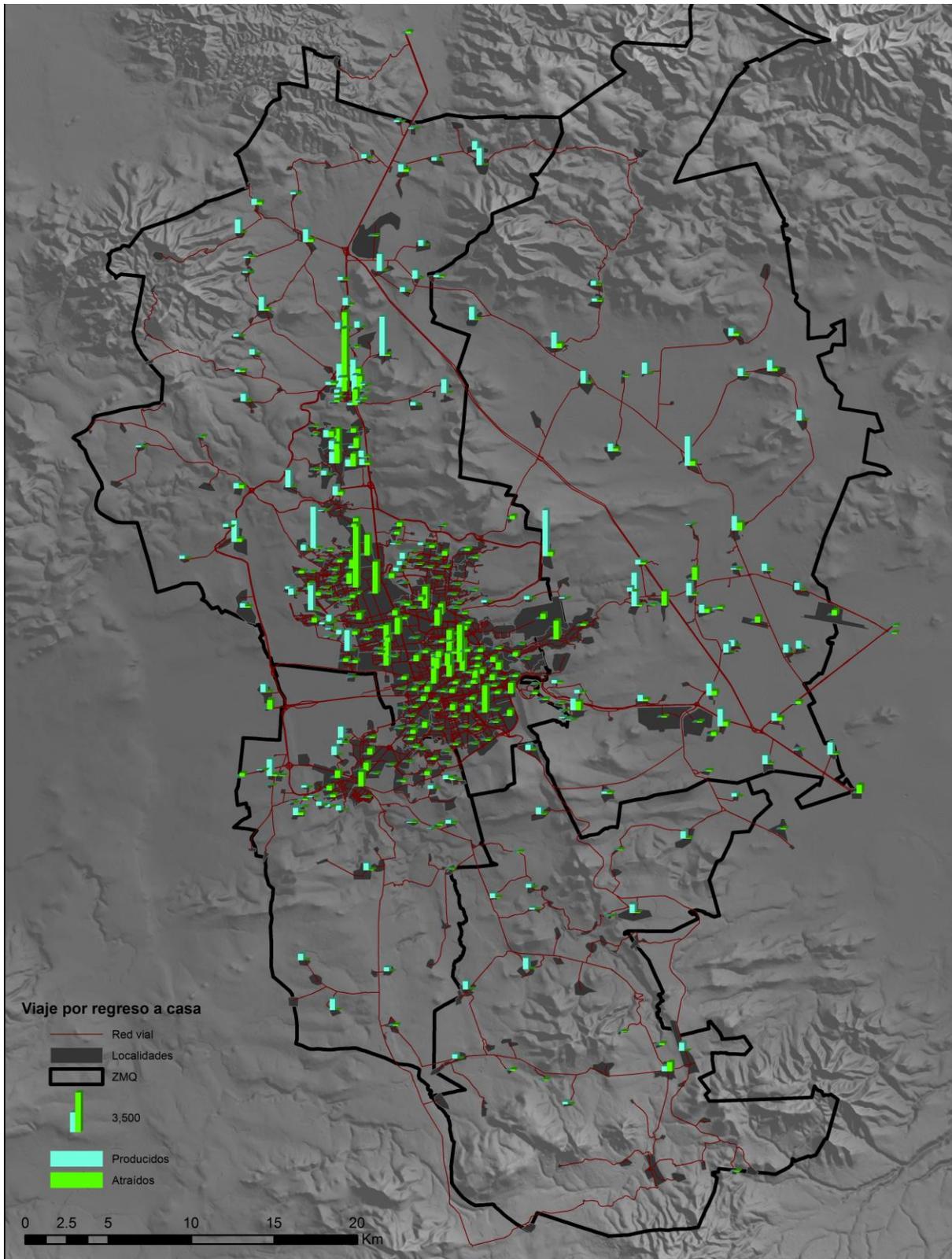


Figura 5.7. Viajes producidos y atraídos por regreso a casa

Fuente: Elaboración propia

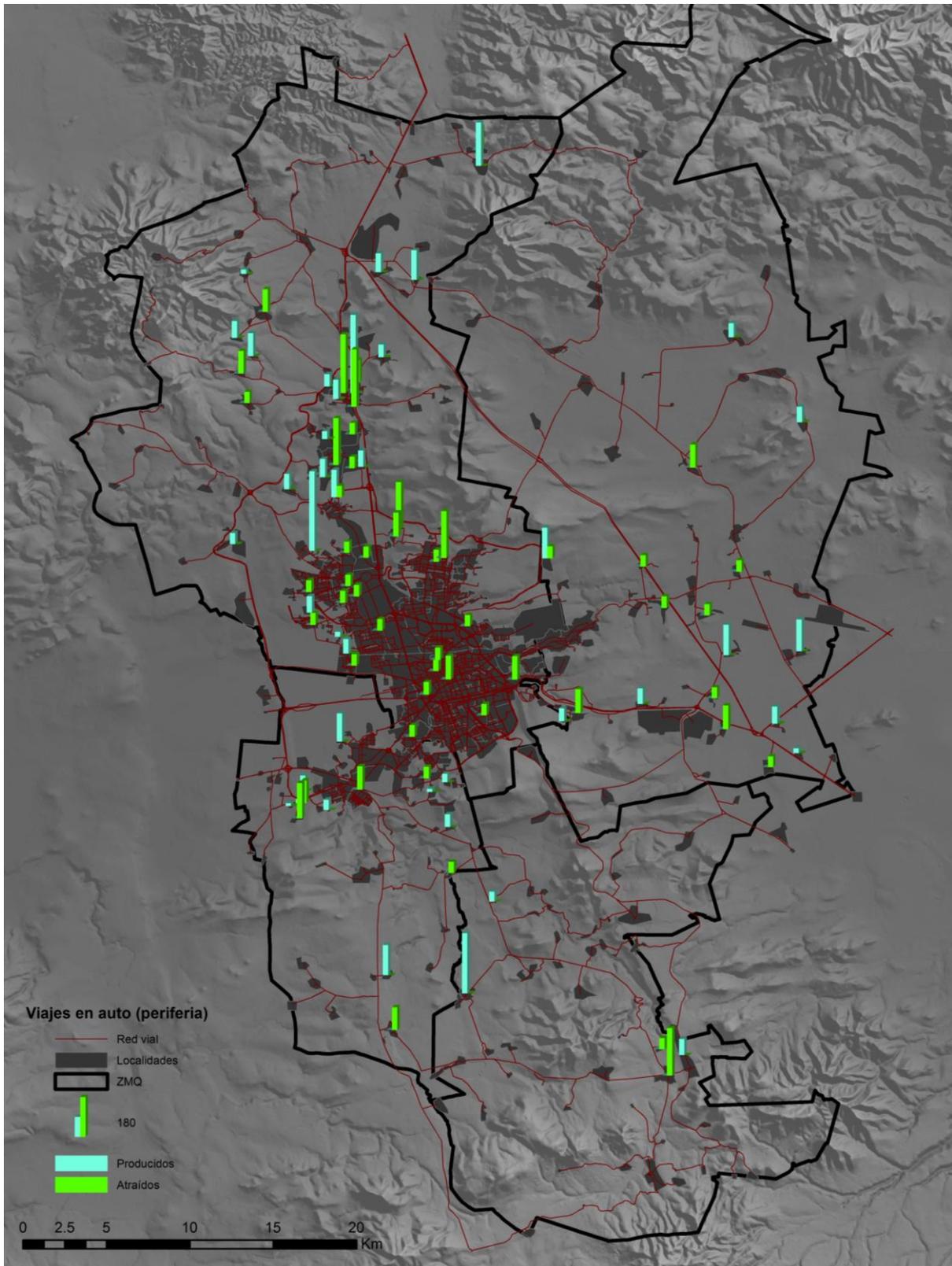


Figura 5.8. Viajes producidos y atraídos en auto (periferia)

Fuente: Elaboración propia

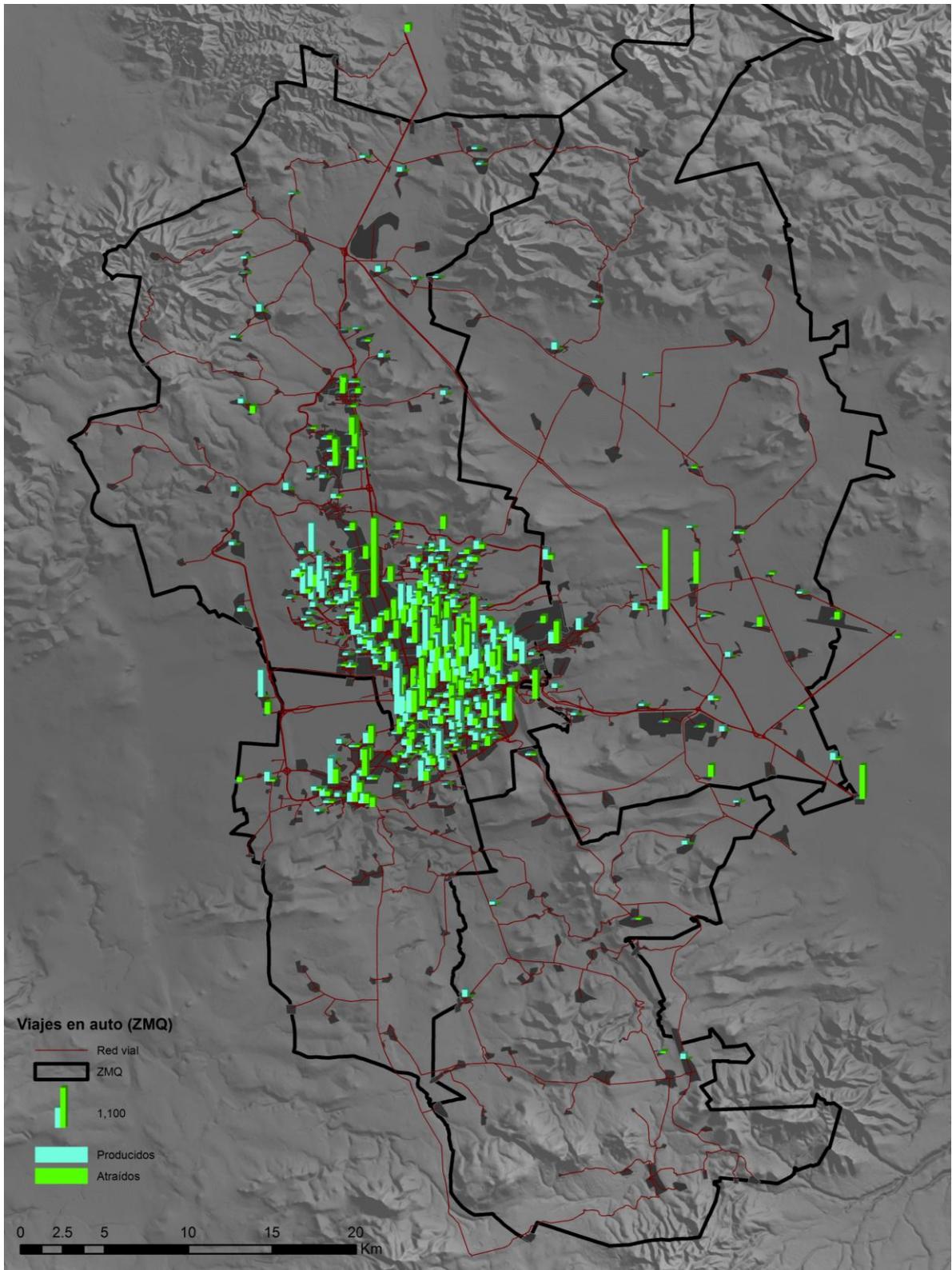


Figura 5.9. Viajes producidos y atraídos en auto (ZMQ)

Fuente: Elaboración propia

5.7. Figuras de líneas de deseo

El objetivo de las líneas de deseo es representar los pares origen-destino de los viajes, si bien en la Figura 5.10 muestra las líneas de deseo por motivo de trabajo mayor a 20 viajes, se puede apreciar que la mayoría de los parques industriales muestran una distribución radial respecto a las localidades de su alrededor y el dominio que tiene cada uno de ellos en función de su ubicación geográfica (captación de mano de obra), otra observación es los pocos desplazamientos registrados por parte de las localidades en el municipio de Huimilpan en que algunos de sus desplazamientos son al parque industrial el Marqués y Bernardo Quintana mientras que otros desplazamientos se concentran en los parques industriales en Corregidora

Para los pares de origen-destino por motivo de escuela (ver Figura 5.11) las localidades de Huimilpan y la Ceja son destinos de las localidades a su alrededor, asimismo el comportamiento de las localidades de Santa Rosa de Jáuregui y Juriquilla tienden a una distribución radial; para los pares origen-destino de viajes por otro motivo mostrados en la Figura 5.12 representan de manera radial como destino la ZCQ y la localidad Santa Rosa de Jáuregui principalmente.

De acuerdo con la Figura 5.13 de los viajes en auto en la periferia se puede apreciar una mayor dinámica en sus desplazamiento y las dimensiones de las líneas de deseo tienden a tener pares con mayor distancia de recorrido, lo anterior nos lleva observar la gran accesibilidad que brinda el uso del automóvil en la periferia. Para los autos en la ZMQ (ver Figura 5.14) se observa que al descartar todos los desplazamientos menores a diez viajes, el patrón de comportamiento está dado en la ZCQ y en la zona de Juriquilla y una concentración de viajes sobre las zonas asentadas al margen de la carretera México-Querétaro.

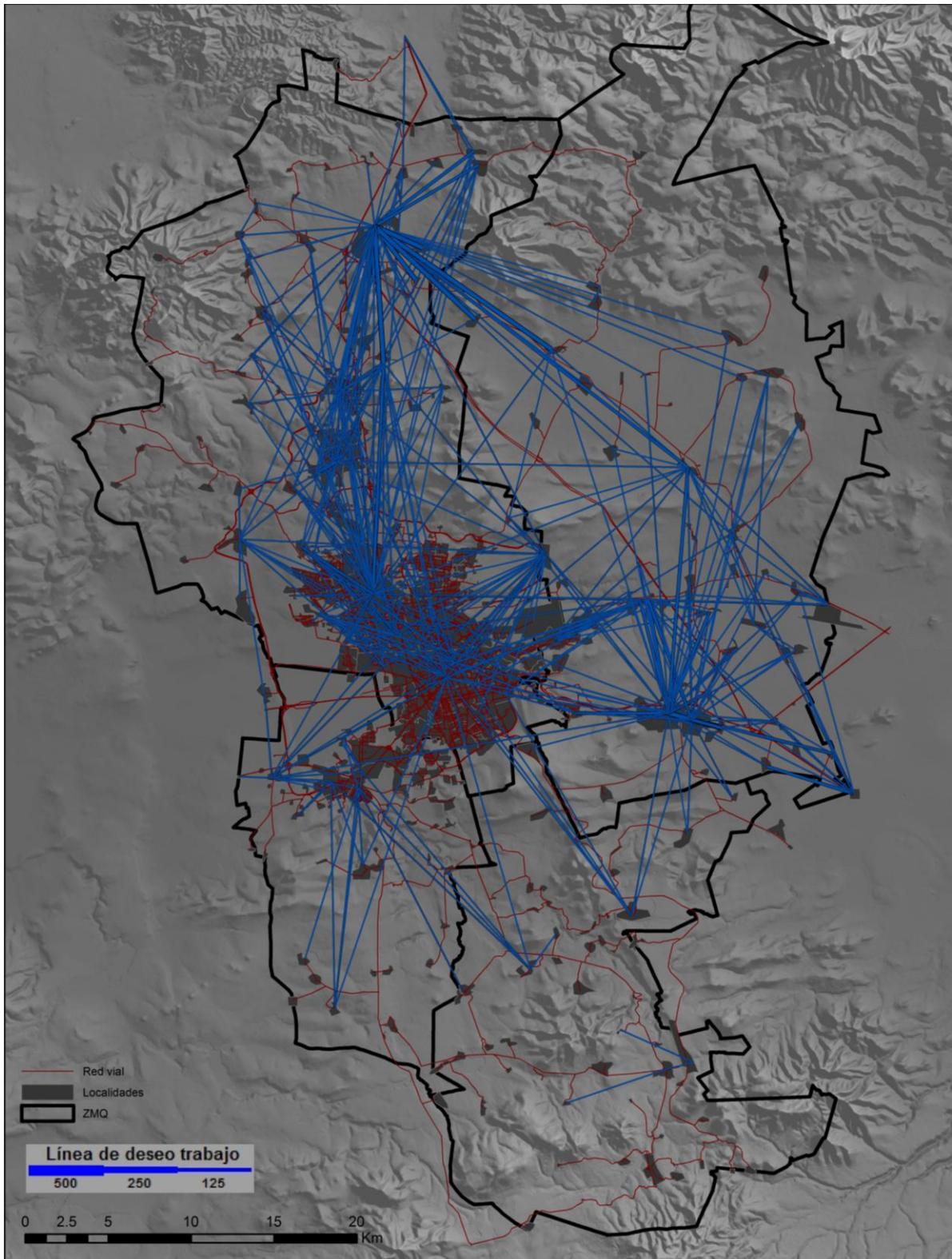


Figura 5.10. Líneas de deseo por trabajo mayor a 20 viajes

Fuente: Elaboración propia

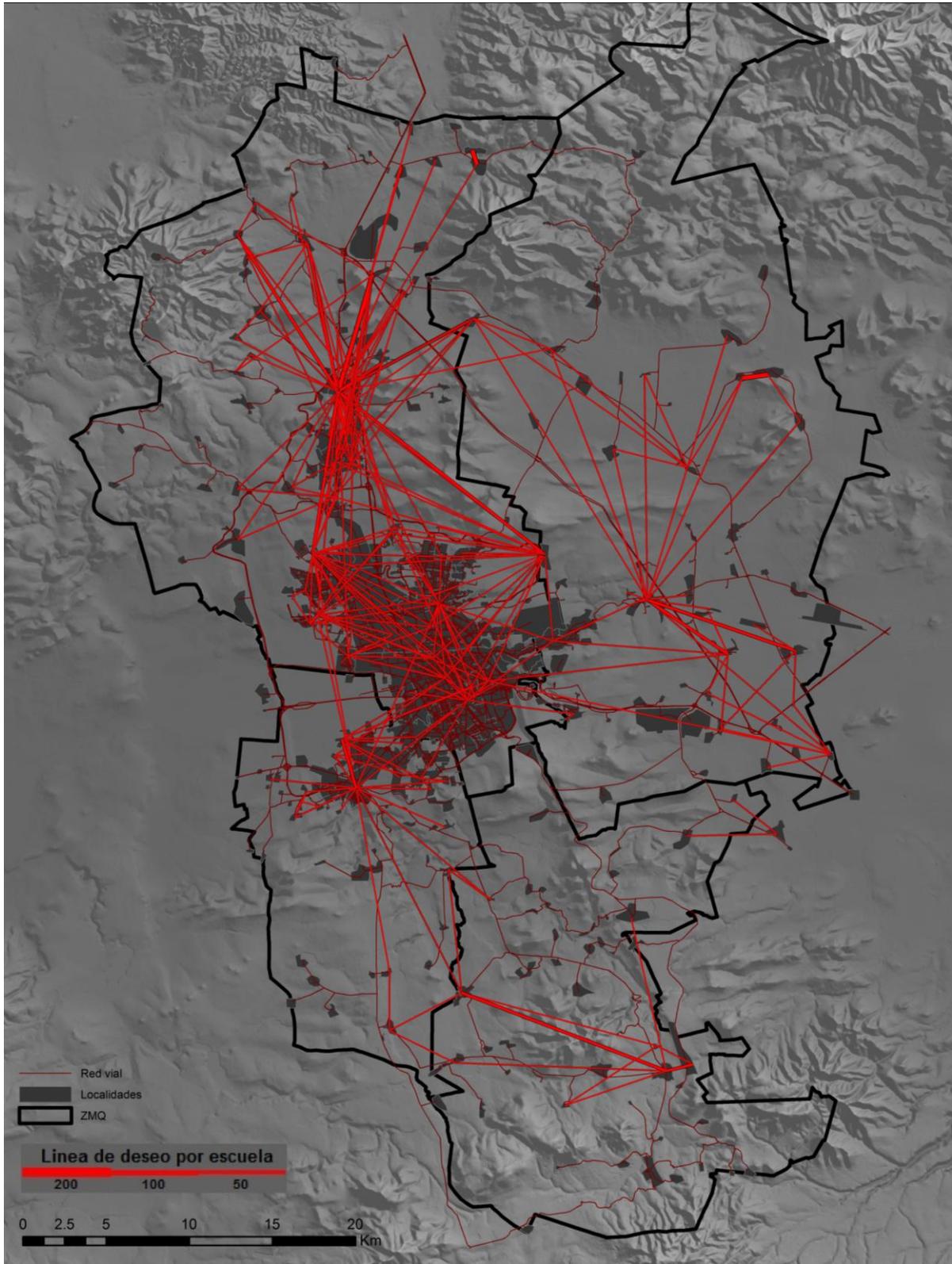


Figura 5.11. Líneas de deseo por escuela mayor a 10 viajes

Fuente: Elaboración propia

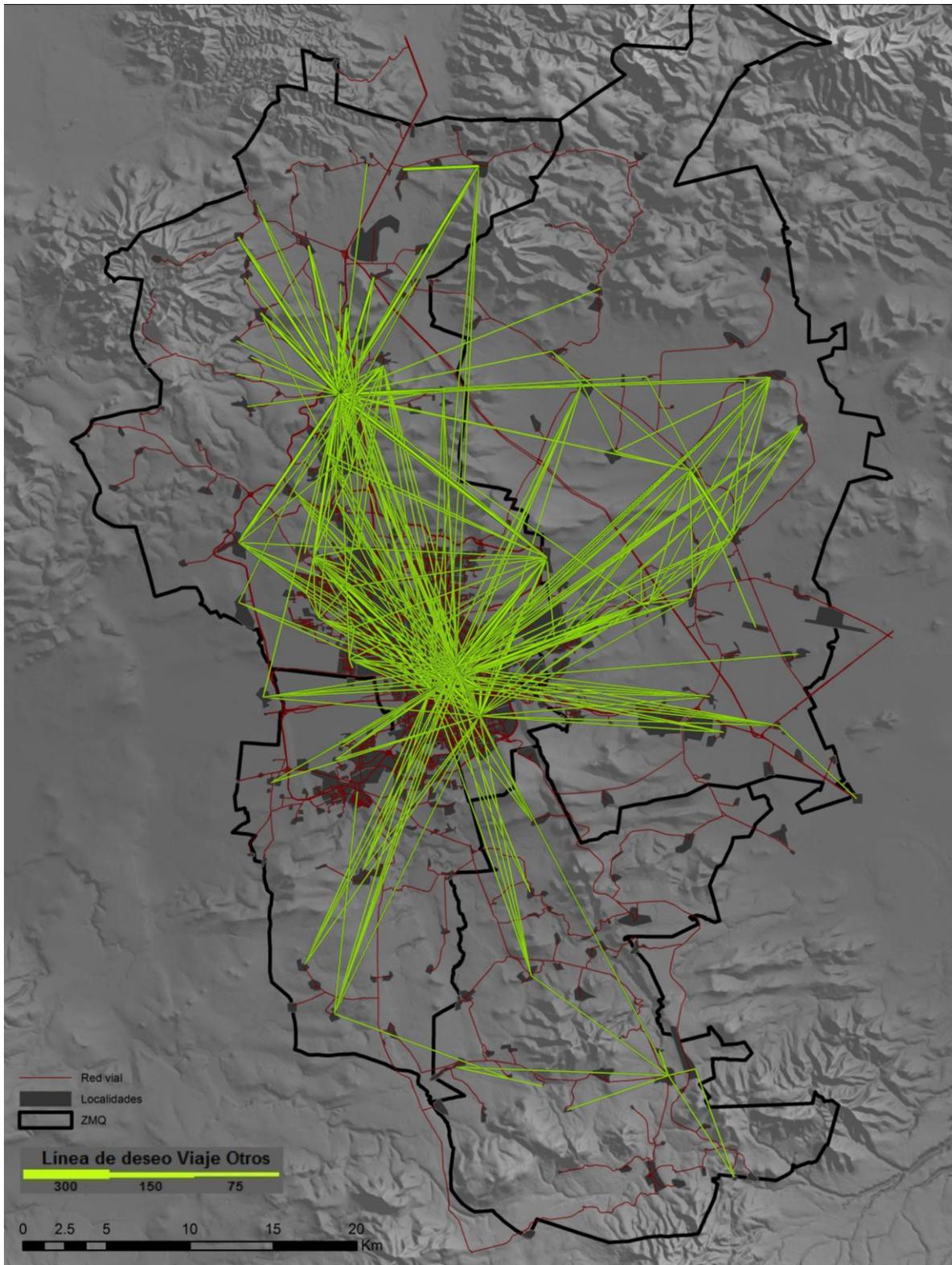


Figura 5.12. Líneas de deseo viaje otros mayor a 15 viajes

Fuente: Elaboración propia

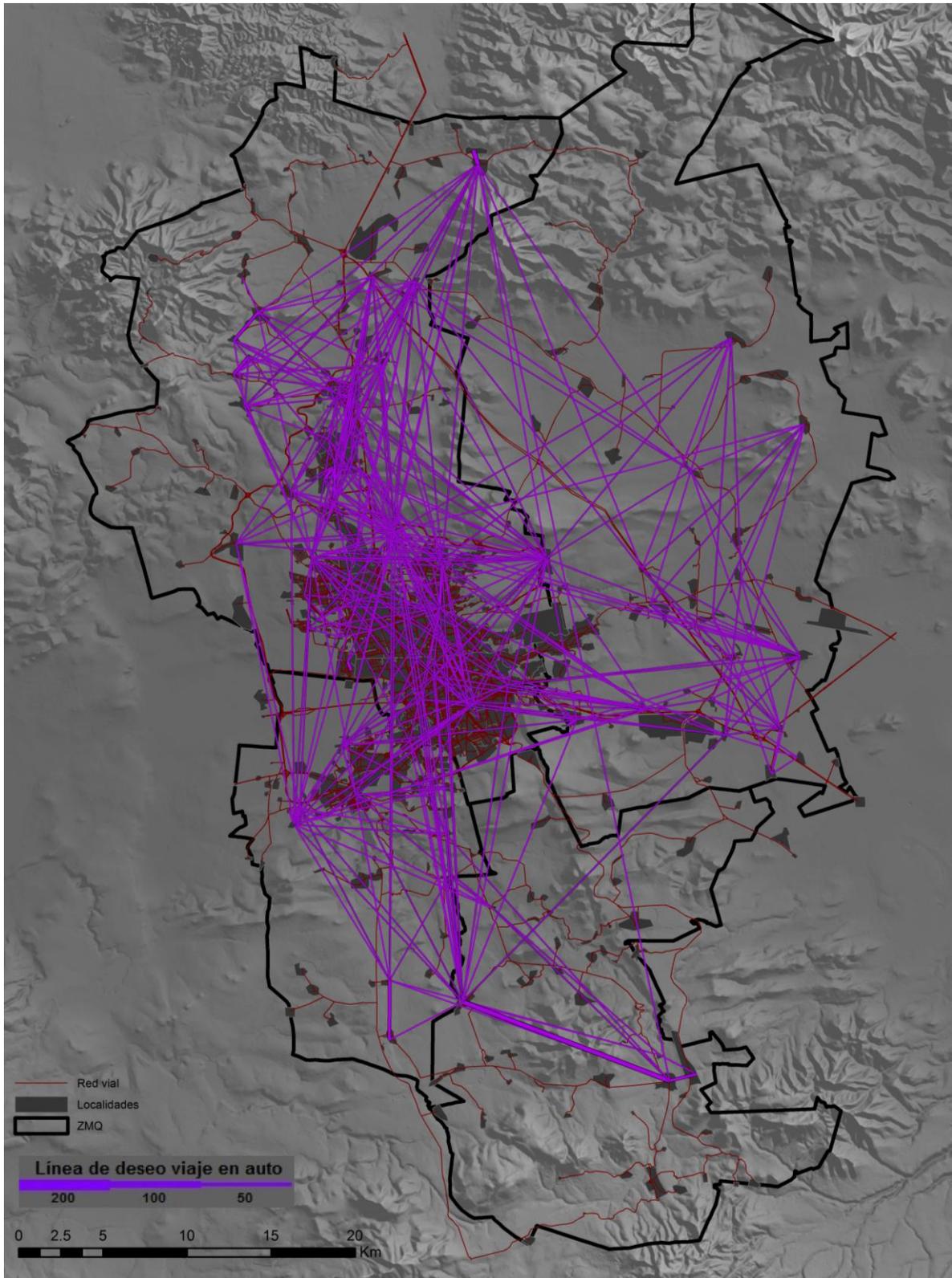


Figura 5.13. Líneas de deseo en auto (periferia) mayor a 2 viajes

Fuente: Elaboración propia

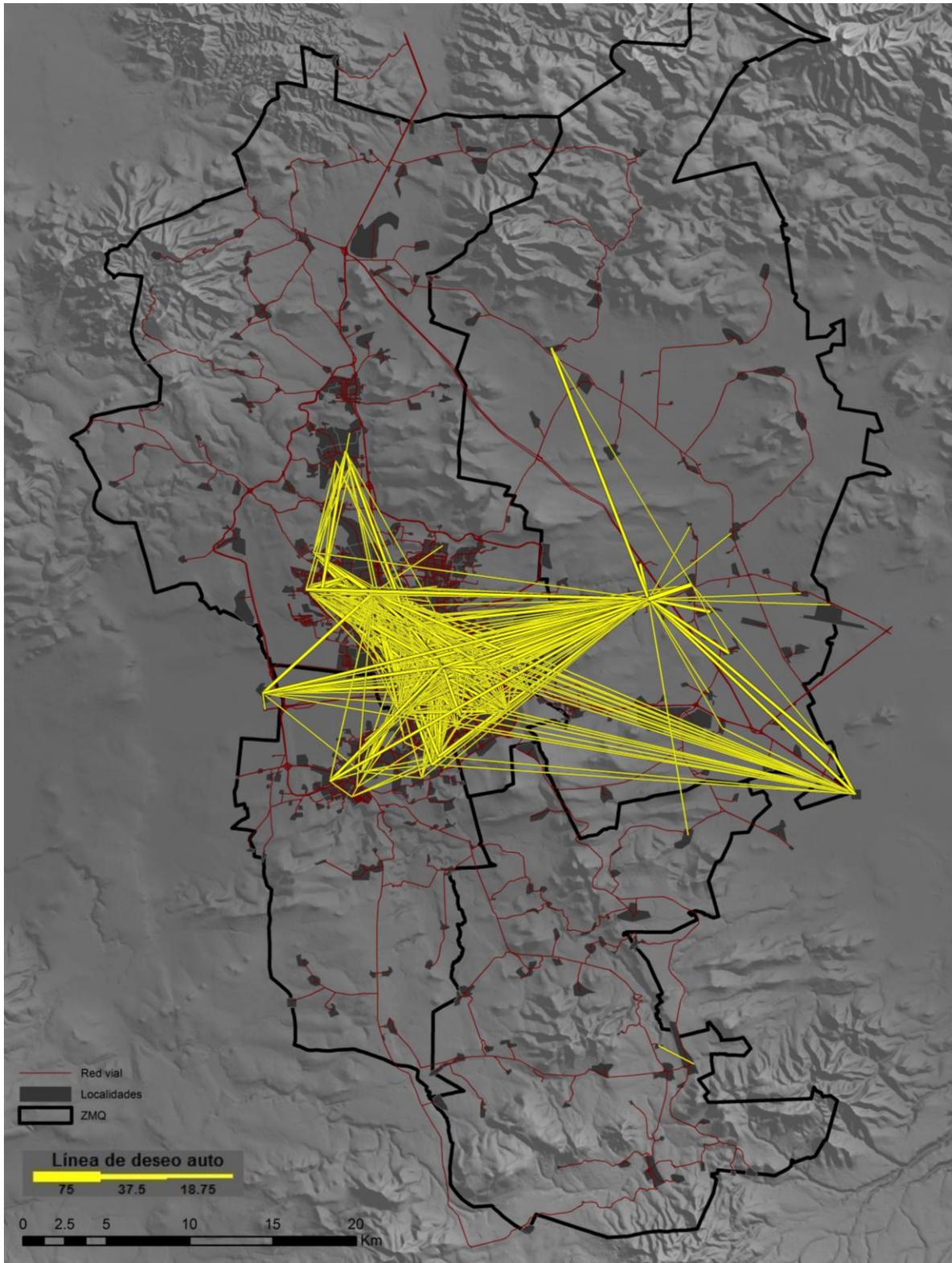


Figura 5.14. Líneas de deseo en auto (ZMQ) mayor a 10 viajes

Fuente: Elaboración propia

5.8. Selección modal

Los dos medios a analizar serán: automóvil (conduciendo) y el transporte público; su elección dependerá de las características socioeconómicas y de sus atributos para cada uno de los modos; es necesario realizar un ajuste en la base de datos de la encuesta ya que si el individuo seleccionó el transporte público será necesario conocer cuáles son los atributos si su elección hubiera sido el automóvil ya que las características socioeconómicas serían constantes, de igual manera es necesario establecer una codificación tomando valor de “1” para el modo seleccionado y “0” para caso contrario.

Las variables socioeconómicas utilizadas fueron: edad, sexo, grado de educación (GE), si cuenta con licencia (LC) y su ingreso semanal codificado (INC) de acuerdo con el número de salarios mínimos, para los atributos si bien dos variables en el estado del arte que suelen ser utilizadas son el tiempo total (TTOT) y el costo generalizado (CG), este último se expresa de la siguiente forma de acuerdo con Ortúzar y Willumsen (2008):

$$C_{ij} = a_1 t_{ij}^v + a_2 t_{ij}^w + a_3 t_{ij}^t + a_4 t_{ij}^n + a_1 \delta^n a_5 F_{ij}$$

Ecuación 21. Costo generalizado

Donde:

t_{ij}^v es el tiempo de viaje a bordo del modo para ir de i a j ;

t_{ij}^w es el tiempo andando para llegar o ir desde la parada (estación);

t_{ij}^t es el tiempo de espera en la parada;

t_{ij}^n es el tiempo de transbordo;

δ^n es una “penalidad” intrínseca o resistencia al trasbordo, medida en unidad de tiempo (usualmente de 2 a 5 minutos);

F_{ij} es la tarifa pagada para desplazarse entre i y j ;

Los valores de a_1 a a_5 son coeficientes asociados a los elementos de costo respectivos, usualmente a_1 suele otorgársele el valor de 1 según se desean medir los costos generalizados de transporte en unidad de tiempo o costo respectivamente. También es

habitual encontrar que a_2 , a_3 y a_4 sean dos o tres veces el valor de a_1 , es decir los viajeros perciben el tiempo de espera o caminando dos o tres veces más que a bordo del medio (Ortúzar y Willumsen, 2008).

Para obtener el valor del tiempo en México por viaje de trabajo y de placer se puede seguir la metodología propuesta por Torres y Hernández (2006); una de las desventajas es conocer cómo sería la proporción del tiempo de viaje en autobús si el individuo realizó la selección en automóvil y cuál sería el tiempo en la terminal, asimismo otra desventaja es la gran cantidad de datos a procesar por lo que se decidió seleccionar una muestra de la encuesta seleccionado sólo las localidades urbanas en la periferia. El medio taxi no resultó significativo para incluirse así como el motivo a pie y en bicicleta son viajes intrazonales y están fuera del propósito de esta investigación.

Para determinar la proporción de viaje en autobús y el tiempo en terminal se seleccionó una muestra de 100 datos, debido a que no es conveniente utilizar la media de estos datos para todas las elecciones que se vayan teniendo por individuo se generaron los tiempos de viaje y terminal aleatorios a partir de una distribución normal reflejada en la encuesta y que se muestran en la Figura 5.15 y 5.16 para el factor de tiempo de viaje y tiempo de terminal, por lo tanto su distribución de estos números aleatorios se puede apreciar en las Figuras 5.17 y 5.18.

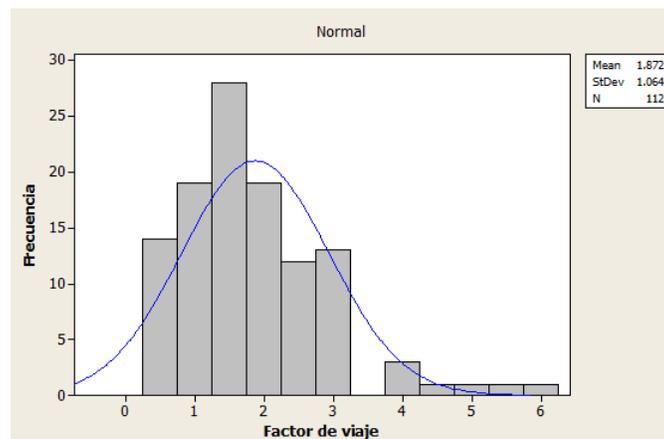


Figura 5.15. Factor de tiempo

Fuente: Elaboración propia

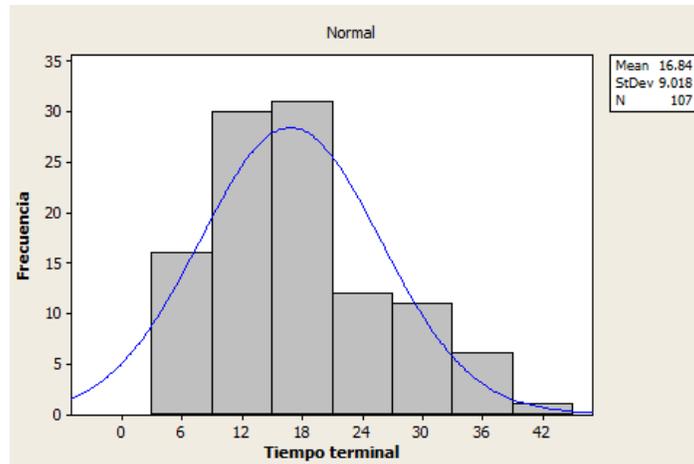


Figura 5.16. Tiempo en terminal

Fuente: Elaboración propia

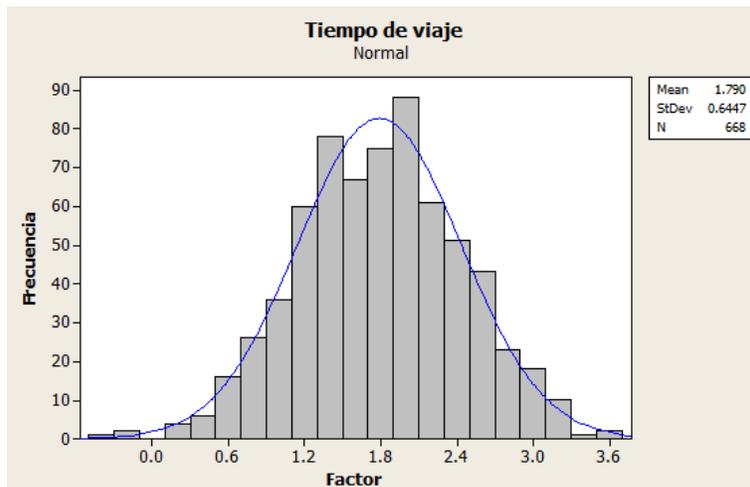


Figura 5.17. Factor para tiempo de viaje

Fuente: Elaboración propia

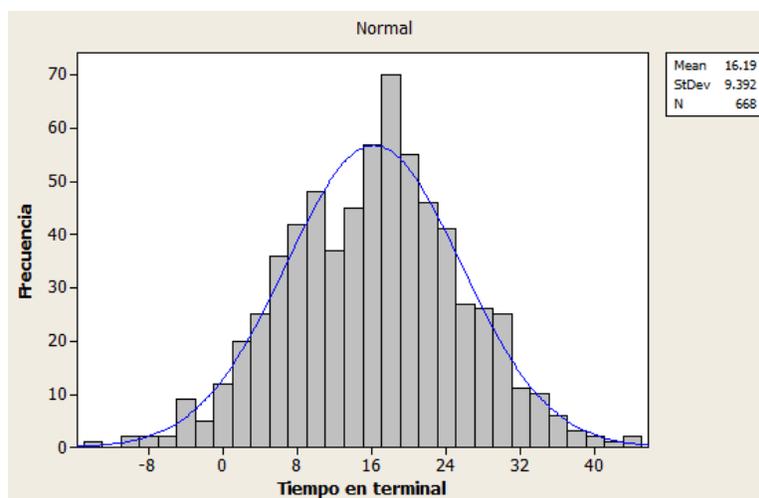


Figura 5.18. Tiempo en terminal

Fuente: Elaboración propia

Asimismo otra limitante es conocer el costo de combustible del automóvil si la elección fue autobús, por lo que a través de la matriz de distancia mínima y usando la relación de 12km/litro independientemente de las características del vehículo debido a cuestiones prácticas es posible determinar su costo, de igual manera se utilizó la matriz de tiempo mínimo, en el Cuadro 5.26 se tiene el resumen de los modelos y en el Anexo 3 se presenta el reporte a detalle de cada uno de ellos.

Cuadro 5.26. Modelos de elección discreta para auto y autobús

VARIABLE	M1	M2	M3	M4
Constante	-4.48251(-4.41)***	-2.60948(-2.14)**	-4.45644(4.20)***	-2.58882(-2.06)**
Edad	-	-.01461(-0.76)	-	-.01696(-0.89)
Sexo	-	-1.07476(-1.77)*	-	-1.03512(-1.74)*
GE	-	-	-	-
LC	2.34785(4.49)***		2.31711(4.53)***	-
INC	.93664(3.28)***	1.03386(3.74)	.88051(3.10)***	.95951(3.49)***
CG	.03744(2.06)**	.03138(1.98)**	-	-
TTOT	-	-	.00600(0.51)	-
Rho cuadrática	0.3252	0.1951	0.2982	0.1661
Rho ajustada	0.3019	0.1601	0.274	0.1298
VARIABLE	M5	M6	M7	M8
Constante	-4.60000(-4.46)***	-5.33894(-3.79)***	-4.88550(-4.51)***	-3.47534(-3.01)***

Edad	-	.01600(0.80)	-	-.00651(-0.37)
Sexo	-	-	-	-
GE	.50193(2.60)***	.55974(2.67)***	.55686(2.93)***	-
LC	-	-	-	-
INC	.92141(3.26)***	.90386(3.23)***	.86818(3.10)***	1.04757(3.88)***
CG	.02405(1.48)	.02416(1.49)	-	-
TTOT	-	-	-.00147(-0.14)	.00048(0.05)
Rho cuadrática	0.2204	0.2243	0.2055	0.146
Rho ajustada	0.1935	0.1906	0.1781	0.1165
Nota: ***, **, * ==> Significancia al 1%, 5%, 10% del nivel				

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el Cuadro 5.26 se obtuvieron ocho modelos siguiendo el proceso por etapas, si bien dos maneras prácticas de estimar un buen modelo es a través de la prueba t la cual debe ser mayor al valor de 2 considerándose en valor absoluto, por lo que el modelo 1 cumple con dicho parámetro; otro indicar que suele utilizarse es el rho ajustado si bien Ortúzar y Willumsen (2008) recomienda que un valor excelente puede ser cercano a 0.4, de este requisito los únicos modelos más próximos son el modelo 1 y 3, pero cumpliendo con ambos parámetros el modelo de elección más representativo es el modelo 1 y sus expresiones son las siguientes:

$$V_{auto} = -4.48251 + .03744 CG + 2.34785 LC + .93664 INC$$

Ecuación 22. Utilidad en automóvil

$$V_{autobús} = .03744 CG$$

Ecuación 23. Utilidad en autobús

Otro parámetro de calibración es la consistencia en los signos, el tiempo total de viaje y el CG deben de tener signos negativos lo cual garantiza la maximización de su utilidad, para este caso se obtuvo signo positivo para el CG pero si bien su coeficiente es pequeño por lo que la utilidad no incrementará a gran proporción, asimismo otra variable significativa fue la licencia de conducir así como el ingreso semanal codificado. Por lo tanto las utilidades pueden ser expresadas en probabilidad por lo que se tiene:

$$P_{auto} = \frac{e^{V_{auto}}}{e^{V_{auto}} + e^{V_{autobús}}}$$

Ecuación 24. Probabilidad de selección de automóvil

$$P_{autobús} = \frac{e^{V_{autobús}}}{e^{V_{auto}} + e^{V_{autobús}}}$$

Ecuación 25. Probabilidad de selección de autobús

Tal como lo menciona Ortúzar y Willumsen (2008) el factor relevante es la diferencia entre ambas utilidades, para este caso el modo en automóvil y en autobús ($V_{bus} - V_{auto}$), las curvas características en forma de “S” se muestran en la Figura 5.19.

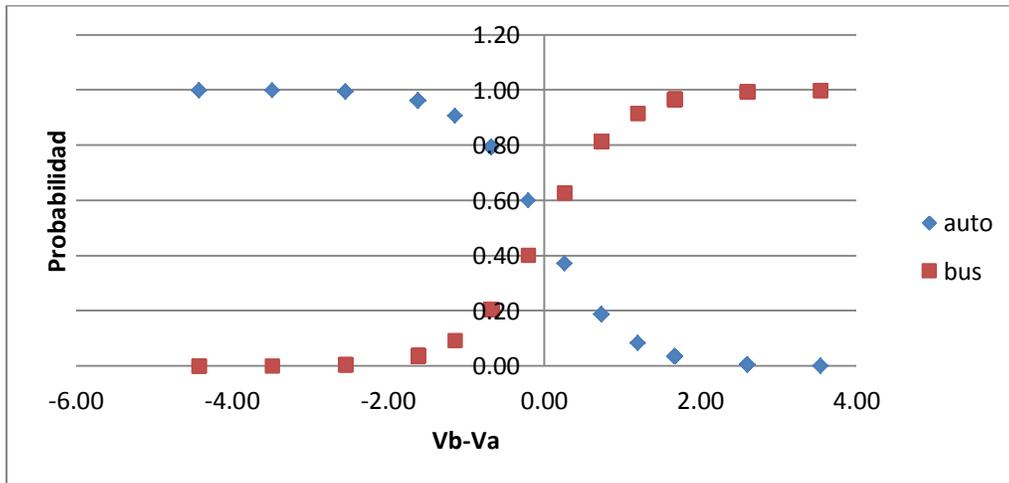


Figura 5.19: Curvas de utilidad para probabilidades en auto y bus

Fuente: Elaboración propia

5.9. Asignación “equilibrio de usuario estocástico”

Dentro del análisis de asignación es necesario tener el inventario de la red completa en lo que se incluye la capacidad de cada uno de los arcos, para ello se utilizó las capacidades mostradas en el Cuadro 5.27 y 5.28. La asignación para este estudio sólo es para el caso de automóvil (conduciendo) para dos casos: el primero para la zona periférica y el otro para la ZMQ haciendo uso de la encuesta de movilidad en la ZCQ del año 2010, lo anterior con la finalidad de comparar el comportamiento del flujo de la red en los dos estados. El reporte de la asignación para la periferia y la ZMQ se encuentran en el Anexo 4.

Cuadro 5.27. Capacidades para vialidades

Vialidad	Capacidad
Autopista	2400 vehículos/hora/carril
Carretera de carriles múltiples	2200 vehículos livianos/hora/carril
Carretera de dos carriles	3200 vehículos livianos/hora en ambos carriles
Un carril y una dirección	1700 vehículos livianos/hora
Zona urbana	300 vehículos/hora/carril

Fuente: HCM (2000)

Cuadro 5.28. Capacidades en rampas

Velocidad a flujo libre en rampa (km/h)	Rampa de un solo carril	Rampa de dos carriles
>80	2200	4400
>65-80	2100	4100
>50-65	2000	3800
≥30-50	1900	3500
<30	1800	3200

Fuente: HCM (2000)

La asignación en la periferia se puede apreciar en la Figura 5.20 empleando el tiempo mínimo de cada uno de los arcos.

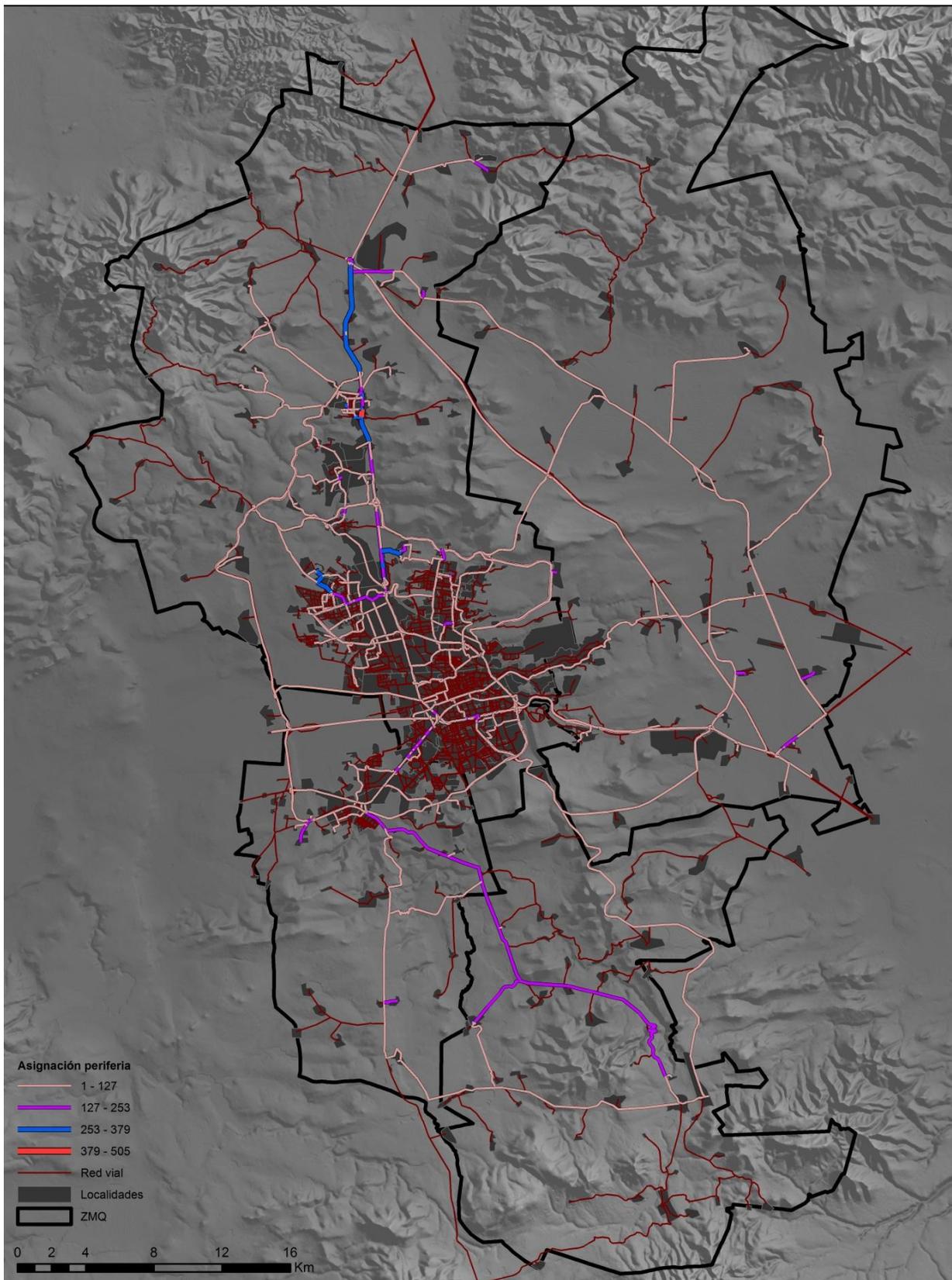


Figura 5.20. Asignación de la periferia

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Figura 5.20 se tiene que la gran parte de la red principal se encuentra dentro del primer rango de 1-127 autos en hora de máxima demanda (7:00 a 8:00) seguida de la Carretera QRO-411 con un rango de 127 a 253 autos la cual conecta prácticamente la cabecera municipal de Huimilpan y el Pueblito, de igual manera se tiene la carretera MEX57 con un tramo con valores de 253 a 379 autos terminando en el Parque Industrial Querétaro, si bien el tramo con mayor número de autos desde 379 a 505 se encuentra en la carretera MEX57 a un extremo de la localidad de Santa Rosa de Jáuregui. Otros tramos de interés son: Prolongación Constituyentes con algunos tramos con rangos de 127-253 autos así como en la intersección de la MEX57 con Luis Pasteur, otros tramos que conservan el mismo rango es Avenida de la Luz hasta el Acceso No. 3 y el tramo de salida de la carretera a Mompaní.

De igual manera, uniendo los desplazamientos de la encuesta en la periferia y la encuesta dentro de la ZCQ se utilizó el mismo método para asignar a la red en que también se obtuvo que la hora de máxima demanda fue de 7:00 a 8:00 sólo para automóvil conduciendo, si bien la encuesta de la ZCQ tiene un año de diferencia se optó por unir ambos los desplazamientos, la asignación se puede apreciar en la Figura 5.21 y su reporte se encuentra en el Anexo 3.

Revisando la Figura 5.21 se tiene que la mayor parte de las vialidades de la periferia se encuentran dentro del primer rango de 1 a 1716 autos, el segundo rango de 1716 a 3431 destaca en las vialidades: MEX57, Prolongación Constituyentes, Bernardo Quintana, QRO-200, Av. Carrillo y Av. La Luz, el tercer rango de 3,431 a 5,146 tiene tramos en: Prolongación Constituyentes, Bernardo Quintana, MEX57 y la QRO-200, por último el rango de 5,146 a 6,862 prácticamente se encuentra en la Avenida 5 de Febrero de la MEX57. Asimismo otra característica para evaluar los resultados es a través del %RMSE, para la periferia es del 20.55% y en la ZMQ es de 4.71% ambos valores menor del 30%.

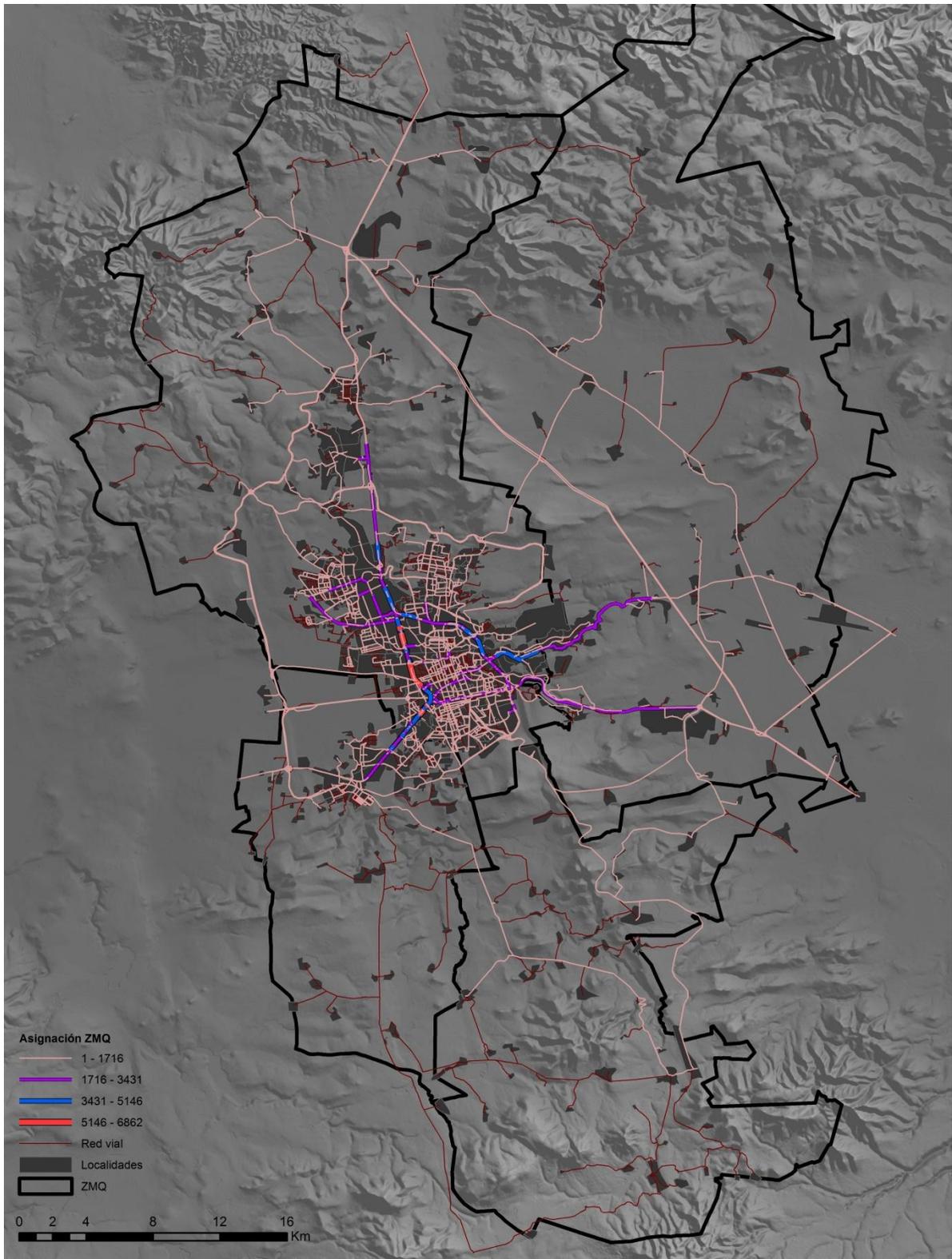


Figura 5.21. Asignación de la ZMQ

Fuente: Elaboración propia

Dentro del análisis, se puede comparar cada uno de los métodos de asignación respecto al de equilibrio de usuario y apreciar cuál método le es similar haciendo uso de los datos en la asignación de la ZMQ, en la Figura 5.22 se tienen gráficamente su comparación y cual tiende a la linealidad.

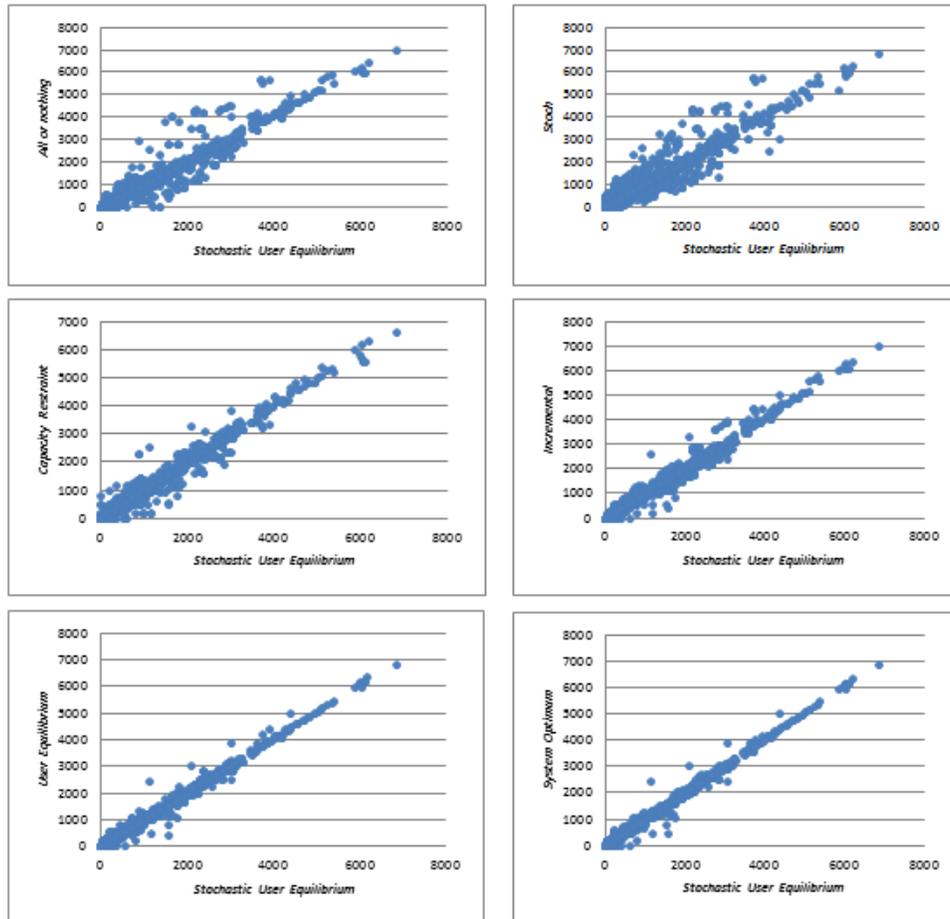


Figura 5.22. Comparación de métodos de asignación

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la Figura 5.22 se puede apreciar los métodos más aproximados son el *User Equilibrium* y el *System Optimum*, existen algunas diferencias ya que el *User Equilibrium* deja algunos arcos en cero ya que no está basado en el comportamiento del usuario y el *System Optimum* suele ser más fiable para análisis de congestión asignando rutas óptimas.

Para un análisis del incremento del flujo vehicular en la hora de máxima producción de viajes inducido por la ZP en la ZMQ se utilizaron las siguientes vialidades mostradas en el Cuadro 5.29.

Cuadro 5.29. Comparación de volumen de flujo en la red

Vialidad	Ubicación	ZP (veh)	ZMQ (veh)	Longitud del tramo (m)	Densidad ZP (veh/m)	Densidad ZMQ (veh/m)	Relación (ZP/ZMQ)
5 de Febrero (S-N, carril central)	Constituyentes a Zaragoza	146	5117	221.6	0.659	23.091	2.9%
5 de Febrero (S-N, carril central)	Miguel Hidalgo	101	4172	462.14	0.219	9.028	2.4%
5 de Febrero (S-N, lateral)	Miguel Hidalgo	16	1508	307.18	0.052	4.909	1.1%
5 de Febrero (S-N, central)	Epigmenio González- Obreros	99	4569	651.71	0.152	7.011	2.2%
Bernardo Quintana(O-E, central)	Pie de la cuesta	41	2714	1140.97	0.036	2.379	1.5%
Bernardo Quintana(S-N, central)	Viveros	66	3600	472.21	0.140	7.624	1.8%
Paseo Constituyentes (SO-NE, central)	Del monte	146	6187	223.32	0.654	27.705	2.4%
Paseo Constituyentes (SO-NE,central)	Santa Anita	107	2866	274.3	0.390	10.448	3.7%
MEX57 (S-N, central)	Camelinas	38	3253	1021.67	0.037	3.184	1.2%
MEX57 (S-N, central)	Privada Juriquilla	80	1427	1920.03	0.042	0.743	5.6%
Fray Junipero (S-N, central)	La pradera	54	122	700.05	0.077	0.174	44.3%
A Balcón de la Colina (NO-SE, central)	A Mompani	27	197	1552.66	0.017	0.127	13.7%
MEX57 (O-E, central)	San Isidro	34	2160	1508.85	0.023	1.432	1.6%
QRO-200	Saldarriaga	14	2741	2440.9	0.006	1.123	0.5%
QRO-400 (ambos)	Cumbres del Cimatario	8	194	2260.59	0.004	0.086	4.1%
QRO-500 (ambos)	Amazcala	26	135	948.81	0.027	0.142	19.3%
QRO-100 (ambos)	Parque Zoológico de Querétaro	9	470	1075.8	0.008	0.437	1.9%
QRO-411 (ambos)	San Francisco	161	312	2252.25	0.071	0.139	51.6%
QRO-500 (ambos)	Coyotillos	78	298	2364.42	0.033	0.126	26.2%
QRO-540 (ambos)	Cereso del estado	24	213	2130.41	0.011	0.100	11.3%

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el Cuadro 5.29 se aprecia la relación de volumen de tránsito vehicular de la ZP respecto a la ZMQ en la hora de máxima producción de viajes, si bien la vialidad con una relación mayor es el arco de la carretera QRO-411 en dónde los viajes de los residentes de la periferia son el 51.6% del volumen total (cabe mencionar que dicho volumen total son los viajes en vehículo particular de los residentes de la ZMQ en dicha hora, es decir, no se considera el tráfico pesado, autobuses, ni tráfico de paso), el segundo arco significativo es el anillo Fray Junípero Serra en dirección sur-norte sobre el carril

central donde los usuarios de la periferia son el 44.3% del flujo, asimismo otra vialidad significativa es la QRO-500 dentro de dos arcos, el primero (en la zona de Amazcala) con un valor del 26.2% y el segundo (en la zona de Coyotillos) con el 19.3%, otras vialidades de interés son a Balcón de la Colina (con el 13.7%) y la QRO-540 con el 11.3%. El arco interurbano con menor uso por parte de los residentes de la periferia resultó ser la QRO-200 (en la zona de Saldarriaga) con un valor de 0.5%.

Otra característica a revisión en los arcos analizados es la densidad de la red, la mayor densidad con los viajes de la ZP se presenta en el arco de la Avenida 5 de Febrero en dirección sur-norte sobre el carril central con un valor de 0.659 veh/m (es decir 659 veh/km) en donde se tienen 146 vehículos sobre un tramo de arco de 221.6 metros, otro valor significativo dentro de la misma ZP es sobre Paseo Constituyentes en su tramo central con una densidad de 0.654 (654 veh/km) en donde se tiene 146 vehículos sobre un tramo de arco de 223.32 metros, los valores mínimos de densidad observados en las vialidades elegidas es en la QRO-400 con un valor de 0.004 (4 veh/km) y con un número de ocho vehículos sobre un arco de 2,260.59 metros, otra vialidad es la QRO-200 con un valor de 0.006 (6 veh/km) y mostrando 14 vehículos sobre un arco de 2,440.9 metros.

Al considerar toda la ZMQ la mayor densidad se presentó en Paseo Constituyentes sobre el carril central con un valor de 27.705 (27,705 veh/km) con 6,187 vehículos sobre un arco de 223.32 metros, otra densidad significativa es la vialidad 5 de Febrero con dirección sur-norte sobre el carril central con un valor de 23.091 (23,091 veh/km) en donde se tiene 5,117 vehículos en un arco de 221.6 metros, la densidad mínima encontrada fue de 0.086 (86 veh/km) rumbo a la QRO-400 con un total de vehículos de 194 en un arco de 2,260.59 metros.

5.10. Costos en la movilidad de los residentes de la ZC y la ZP

Para conocer el costo de los desplazamientos en automóvil y autobús a partir de la encuesta OD, para el automóvil, se clasificó en autos de cuatro, seis y ocho cilindros, para la ZC asentada durante los últimos cinco años se tiene en promedio recorridos de 10.35 km mientras que para la ZP es de 15 km en promedio con una diferencia de 4.65 km, asimismo determinó que para la ZC se tiene un consumo en carburante del 65.24% menos que en la ZP (considerando las longitudes de viajes, consumo de combustible por tipo de vehículo empleado, y tipo de carburante), en cuestión de la tarifa en autobús público se tiene que en la ZC se gasta un 46.24% menos que en la ZP; otra manera de expresar los costos en su movilidad es a través del costo generalizado y su relación que puede existir con los tiempos promedios de recorrido, cabe aclarar que en el caso del transporte público, éste incluye los tiempos de camino a la parada, de espera en parada y de viaje, (considerando el valor del tiempo por motivo de viaje y sector de actividad del individuo) además de la tarifa, y en el caso del automóvil se incluye el valor de tiempo (bajo la misma consideración anterior) y el gasto en carburante, los resultados se muestran en el Cuadro 5.30.

Cuadro 5.30. Costo generalizado y tiempo promedio

	Costo Generalizado		Tiempo promedio	
	ZC	ZP	ZC	ZP
Auto	18.90	33.75	24.33	29.21
Autobús	34.87	37.08	53.76	58.14

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el cuadro 5.30 es evidente que el costo generalizado en automóvil es mayor en la ZP con una diferencia de costo generalizado de \$14.85, asimismo el tiempo promedio de viaje resultó ser mayor para la ZP. Para el costo generalizado en autobús público es mayor el costo generalizado por desplazamiento en la ZP respecto a la ZC con una diferencia de \$2.21 y su tiempo es mayor en la ZP con una diferencia de 4.38 minutos en promedio.

6. CONCLUSIONES

A partir de los resultados de la encuesta origen-destino se confirma la hipótesis general de la presente investigación, ya que a partir de los costos por desplazamientos, el gasto en combustible en las áreas urbanas construidas durante los últimos cinco años en el límite de la conurbación es un 65.24% menos que en la zona periférica, y el gasto en tarifa en desplazamientos en autobús público es un 46.24% menor en la conurbación con respecto a la zona periférica. Considerando el costo generalizado por desplazamiento resultó ser mayor para la zona periférica con una diferencia de \$14.85, mientras que para el autobús público se tiene una diferencia de costo generalizado de \$2.21 (una de las diferencias mínimas se debe a que los usuarios de la ZC se enfrentan con el problema de la distancia recorrida a la parada o al punto donde cogen el autobús, mientras que la frecuencia de paso para la ZP resulta una desventaja, de esta manera se refleja una compensación de tiempo por ambas zonas). En cuanto a los tiempos promedios de recorrido para automóvil y autobús público resultaron ser mayores para ambos medios en la zona periférica, reflejándose todos estos valores en el impacto negativo inducido por la dispersión urbana en los desplazamientos de sus usuarios.

En el análisis de congestión a partir de una muestra de los veinte arcos que se exponen en el Cuadro 5.29 y haciendo uso de los flujos obtenidos a partir de las asignaciones de tráfico considerando por un lado los viajes de la ZP y por el otro, los de la ZMQ, en la hora de máxima demanda (7:00-8:00), se determinó que el arco con mayor tasa de uso por parte de los residentes de la ZP respecto a los de la ZCQ es la carretera QRO-411 con un valor de 51.6%, el segundo arco resultó ser el anillo vial Fray Junípero con un valor de 44.3%. Ahora bien, las menores relaciones las muestra la carretera QRO-200 con un valor de 0.5%. Por otra parte, para la misma muestra, se determinó la densidad de los arcos a partir de la relación del número de vehículos y la distancia de arco, por lo que para la asignación para la ZP arrojó que el arco con mayor densidad es la Avenida 5 de Febrero con un valor de 0.659 (659 veh/km) con un total 146 vehículos y 221.6 metros de distancia, de igual manera el arco con menor densidad es la QRO-400 con 0.004 (4 veh/km) con un total de ocho vehículos en una distancia de 2,260.59 metros. Para el análisis de densidad de

los arcos usando la asignación de la ZMQ se utilizó el mismo procedimiento en los veinte arcos en donde se registró que la mayor densidad se encuentra en el arco de Paseo Constituyentes con un valor de 27.705 (27,705 veh/km) con un total de 6,187 autos en un arco de 223.32 metros, la densidad mínima muestreada se presenta en la QRO-400 con un valor de 0.086 (86 veh/km) con un total de 194 autos en un arco de 2,260.59 metros.

En cuanto a la primer hipótesis específica de la presente tesis, ésta se confirma, ya que la variable que mayor tasa presentó en la elección de residencia son el precio de la vivienda y el valor del suelo con un 31.67% en las áreas urbanas construidas durante los últimos cinco años en el límite de la conurbación, y del 24.15% en la zona periférica, de la cual, se tiene en las localidades urbanas un 21.77% y en las localidades rurales un 27.10%. En cuanto a la hipótesis de la elección de su residencia por la proximidad al trabajo, presenta una tasa del 11.67% en la ZC y 11.90% para la zona periférica, ubicándose después del precio de vivienda, tranquilidad y asuntos familiares, lo anterior no valida la segunda hipótesis particular establecida al inicio de la investigación. La tercer hipótesis particular se valida a partir de lo expuesto en el párrafo anterior. Dentro del análisis de los desplazamientos, el principal motivo de viaje fue por trabajo (primario, secundario y terciario) teniéndose un 46.78% en la zona periférica y 46.52% en las áreas urbanas construidas los últimos cinco años, para ambas zonas el principal medio utilizado es el autobús público seguido del automóvil (conduciendo).

Dentro de la etapa de generación de viajes, en la modelación de producción de viajes por motivos de trabajo agregado por zona, tres variables socioeconómicas resultaron significativas: población total, población ocupada y el ingreso familiar, y como variable espacial resultó ser significativa el tiempo de viaje de los usuarios. En cuanto a la modelación de la atracción de viajes por motivo de trabajo, las variables económicas significativas fueron el total de personal y las unidades económicas por superficie cuadrada (m^2), mientras que en la producción de viajes por motivo de escuela la variable que resultó significativa fue el tamaño poblacional en el rango de edad posible de ir a la escuela (entre los tres y veinticuatro años).

En el proceso de calibración del MG, la función de resistencia significativa de acuerdo a sus parámetros estadísticos resultó ser la exponencial para todos los motivos de viaje. Espacialmente se observa que la atracción de viajes por motivo de trabajo está concentrada en los parques industriales (con un 33.50%) y en la ZCQ (con un 52.87%), siendo los municipios con mayor atracción de viajes: Santiago de Querétaro (con el 48.52%) y El Marqués (con el 34.53%). La atracción de viajes por motivo de escuela se concentra en la ZCQ con el 52%, mientras que la atracción por otros motivos se encuentra dentro del primer anillo de la ZCQ con el 63.30% de los desplazamientos. La atracción de viajes empleando el automóvil se concentra en la ZCQ con el 40.38%.

Espacialmente, en base a las líneas de deseo se observó que los patrones de distribución entre los pares origen-destino por motivo de trabajo muestran una forma radial en cada uno de los parques industriales y también como destino la ZCQ. En cuanto a la distribución espacial de viajes realizados en automóvil y producidos en la periferia alcanzan un máximo de dos viajes siendo estos desplazamientos los de mayor distancia de recorrido, para los viajes en automóvil en la ZMQ (mayor a 10 viajes) la mayor parte de ellos se concentran en la ZCQ.

Los resultados de la modelación de la elección modal muestran que la utilidad en automóvil está en función del ingreso semanal, si cuenta con licencia de conducir y del costo generalizado (siendo ésta última variable significativa como atributo tanto para el automóvil como para el autobús público). Los resultados reflejan que es más atractivo el empleo del automóvil, pues dicho medio consume menores tiempos de recorrido así como un menor costo generalizado.

A partir de los desplazamientos que emplean el automóvil en la hora de máxima demanda se analizaron las asignaciones de tráfico para la ZP y la ZMQ, en donde se determinó que para la asignación en la ZP el flujo menor se presentó en la red periférica que conecta la ZCQ en un rango de 1 a 127 autos, el segundo flujo representativo se ubica en la QRO-411 en un rango de 127 a 253 autos, la tercera vialidad representativa se ubica en la parte norte en la MEX57 con valores entre 253 y 379 autos, el arco con mayor flujo

vehicular se ubica en la carretera MEX57 en un rango de 379 a 505 autos a un lado de la zona de Santa Rosa de Jáuregui, las vialidades que no presentaron flujo vehicular son caminos con bifurcaciones del tipo terracerías. Para la asignación en la ZMQ el flujo menor se ubica en la red periférica en un rango de 1 a 1,716 autos, el segundo rango (1,716 a 3,431) son las vialidades en la ZCQ que conectan con el primer anillo vial el cual se encuentra en un rango de 3,131 a 5,146 autos así como en la carretera MEX57, el flujo con mayor número de vehículos se ubica en los arcos de la Avenida 5 de Febrero sobre el primer anillo vial con un rango de 5,146 a 6,862 autos.

Debido a la importancia de la determinación de las localidades que presentan integración funcional al centro de la metrópoli, a continuación se exponen las conclusiones particulares de dicha temática.

6.1 En la elección de localidades con integración funcional

En base a la revisión de la literatura internacional se observó que existen similitudes entre los diferentes países de los parámetros empleados para la determinación de localidades con integración funcional. En México, aún se sigue utilizando el 75% de población ocupada en actividades industriales o comerciales, su objetivo radica en la identificación de localidades urbanas o en proceso de urbanización; para delimitar a nivel metropolitano los países tienen similitud en el uso de una población con un mínimo de 50,000 habitantes, para delimitar a nivel micropolitano se usan criterios que van de 10,000 a 50,000 habitantes a excepción de México en el que aún sigue basando sus criterios a nivel metropolitano. Por parte de Estados Unidos y Canadá uno de sus objetivos es delimitar áreas estadísticas con propósitos específicos, para México se tiene similitud en el uso de las AGEBs las cuales están compuestas por un cierto número de manzanas (calles) agregando información de más de 100 variables socioeconómicas. Si bien, Japón por el grado de complejidad de sus ciudades ha definido las denominadas “Áreas Urbanas de Empleo”, estipula la importancia en los flujos de desplazamiento por motivo de trabajo, algo que en México aún no se ha logrado. Respecto a los porcentajes de desplazamientos Estados Unidos y Canadá manejan porcentajes más altos que México, no obstante, Japón emplea un

porcentaje menor que Estados Unidos, Canadá y México del 10% y solamente en dirección al núcleo central, esto es debido a lo ya mencionado con anterioridad, derivado de la complejidad que se lleva en dicho país.

La población ocupada en los sectores secundario y terciario ha auxiliado en analizar y comprar la magnitud de las variables distancia y tiempo, si bien, el tiempo resultó más representativo en la dinámica de las localidades, ni el tiempo ni la distancia por si solas fueron influyentes en la estimación del modelo de producción de viajes por motivo de trabajo, pues la misma dinámica metropolitana influenciada por los parques industriales complicaron su estimación directa, debiendo desarrollar una relación que dependía de la distancia a la ZCQ o a un PI, induciendo el fenómeno de gravitación de viajes y su relación con las economías de escala, su importancia reside en los modelos monocéntrico y policéntrico, pues si la población ocupada de las localidades tienden a gravitar (realizar actividades por motivo de trabajo) a una localidad más cercana que la ZCQ dependiendo de su grado de especialización y oferta de empleo o bien, las características socioeconómicas y espaciales que generan desplazamientos a los parques industriales.

Observando la magnitud y significación estadística de la población ocupada en los sectores secundario y terciario en los modelos construidos, hace necesaria una reconsideración por parte del INEGI para estimar dicha información y ser publicada en los próximos censos.

En la aplicación del modelo para seleccionar que localidades presentan mayor integración funcional la aceptación de los tres principales parámetros establecidos por el INEGI (población, porcentaje de población ocupada en el sector secundario y terciario y el 15% de los desplazamientos por motivo de trabajo a la ZC) permitió realizar la construcción del modelo, sin embargo en los viajes, se optó por agregar una regla de flujo de desplazamientos en la que al menos se generaran 100 viajes por motivo de trabajo como mínimo teniéndose cualquier destino en general, si bien, su valor se adoptó del Censo Canadiense resulta ser significativa ya que ello aseguró que la localidad presentaría cierto grado de producción de desplazamientos.

Otra cualidad, fue la magnitud del tiempo, obteniéndose que el 100% de las localidades con un tiempo de viaje a la ZCQ son influyentes, lo anterior puede servir como un nuevo criterio en el análisis de dinámica de ZMs. Ahora bien, para un tiempo mayor a 10 minutos y auxiliándose de las isócronas de distancia y tiempo se comprobó que el modelo trabajaba de manera análoga ya que espacialmente muestra que algunas localidades no influyentes se ubicaban a una distancia apreciable y la magnitud del tiempo resulto ser elevado, así mismo las vialidades de algunas localidades eran del tipo terracería lo cual se reflejaba en mayor tiempo en sus desplazamientos.

6.2. Líneas de investigación futura

- Dentro de la etapa de generación de viajes, es necesario estimar que variables explicativas pueden representar los viajes no basados en el hogar asimismo como los de regreso a casa.
- La implementación de modelos de uso de suelo los cuales pueden estar relacionados en escenarios políticos, ya que si se mejoran los niveles de servicio en vialidades en la zona periférica esto generara nuevos asentamientos por la comodidad que implica la misma.
- En la asignación de tráfico es necesario utilizar modelos dinámicos los cuales representen de mejor manera la realidad y de esta manera evaluar aquellas políticas asociadas a la operación de tráfico.

LITERATURA CITADA

- Arteaga, I. (2005). De periferia a ciudad consolidada estrategias para la transformación de zonas urbanas marginales. *Bitácora Urbano Territorial*, Vol. 1, Núm. 009, pp. 98-111, ISSN: 0124-7913.
- Arvizu, C. (2005). Evolución urbana de Querétaro (1531-2005). Municipio de Querétaro-Tec de Monterrey, 324 p., ISBN: 968-891-082-1.
- Ascher, F. (2004). Los nuevos principios del urbanismo. Madrid: Alianza Ensayo.
- Ampt, E.S., Ortúzar, J. de D. (2004). On Best Practice in Continuous Large-Scale Mobility Surveys. *Transportation Review*, Num. 24, Vol. 3, pp. 337-363.
- Bazant, J. (2008). Procesos de expansión y consolidación urbana de bajos ingresos en las periferias. *Bitácora Urbano Territorial*, Vol. 13, Núm. 2, pp. 117-132. ISSN: 0124-7913.
- Bazant, J. (2010). “Expansión urbana incontrolada y paradigmas de la planeación urbana”, *Espacio Abierto*, Núm.3, pp. 475-503.
- Borja, J. (2003). La ciudad conquistada. Madrid: Alianza Editorial. Núm. 90, Vol. 30, pp. 124-126, ISSN: 0250-7161.
- Bruce, E. (2001). GIS: A Visual Approach, (2da ed.), Onword press, Canada.
- Bruton, M.J. (1985). Introduction to Transportation Planning Hutchinson, Londres.
- Caliper Corporation (1999). Travel demand modeling with TransCAD 3.5
- Camagni, R. (2005). Economía Urbana, Antoni Bosch, Barcelona España.
- Centro Queretano de Recursos Naturales (CQRN) (2009). Diagnóstico y propuesta de solución: Problemática del sistema de transporte. Zona Rural de la Región Centro del Estado de Querétaro, Concyteq, Querétaro, México.
- Daganzo, C., Sheffi, Y. (1977). On stochastic models of traffic assignment. *Transportation Research* 14B, pp. 243-255.
- Dupuy, G. (1995a). L’Auto et la Ville, Ed. Flammarion, Francia.
- Dupuy, G. (1995b), Les territoires de l’automobile; Ed. Anthropos, Paris
- Dupuy, G. (1998). El urbanismo de las redes. Teorías y métodos; Ed. Oikos-tau, Barcelona, España.

- Espino, R. (2003). Análisis y predicción de la demanda del transporte de pasajeros: Una aplicación al estudio de dos corredores de transporte en Gran Canaria. Tesis doctoral, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, España, (167 paginas).
- Flores, C. (2009). La estructura espacial urbana y accesibilidad diferenciada a centros de empleo en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Región y Sociedad*, Vol. 21, Núm. 44, pp.117-144, ISSN: 1870-3925.
- Foster, M. (1979). "City planners and urban transportation: The American response, 1900-1940", *Journal of Urban History*, vol. 5, (3) pp. 365-396.
- Garber, N. y Hoel, L. (2004). Ingeniería de tránsito y carreteras. Ed. Cengage Learning, México.
- García, J. (2008). Incidencia en la movilidad de los principales factores de un modelo metropolitano cambiante. *Eure*, Vol.34, Núm. 101, pp.5-23, ISSN: 07176236.
- García, J. (2010). "Urban sprawl and travel to work: the case of the metropolitan area of Madrid", *Journal of Transport Geography*, vol.18, núm. 2, pp. 197-213.
- García, M. (2006). Estructura espacial del empleo y economías de aglomeración: el caso de la industria en la Región Metropolitana de Barcelona, España, (217 páginas).
- Gaviria, Z. (2009). La expansión urbana sobre las periferias rurales del entorno inmediato a la ciudad metropolitana. *Soluciones de Postgrado EIA*, Núm.3, pp. 63-74.
- Giuliano, G., Gillespie, A. (1997). "Research issues regarding societal change and transport", *Journal of Transport Geography*, Num. 3, pp.165-176.
- Graizbord, B. (2002). Elementos para el ordenamiento territorial: uso del suelo y recursos. *Estudios Demográficos y Urbanos*, Núm. 050, pp.411-423, ISSN: 0186-7210.
- Guillermo, A. (2004). Procesos metropolitanos y grandes ciudades: Dinámicas recientes en México y otros países. 530 p., UNAM, ISBN: 970-701-545-4.
- Gökalp, L. (1988). Les systèmes technologiques à grande échelle: les réseaux et leur impact; *Annales du Levant*, no. 3, pp. 25-31.
- Hall, P. (1996). Ciudades del mañana; historia del urbanismo en el siglo XX. Ed. Serbal; Barcelona, España
- Heinrichs, Dirk., Nuissl, H., Rodriguez, S. (2009). Dispersión urbana y nuevos desafíos para la gobernanza (metropolitana) en América Latina: el caso de Santiago de Chile. *Eure*, Vol. 104, Núm. 104, pp. 29-46, ISSN: 0250-7161.

- Herce, M., Magrinyà, F. (2002). La ingeniería en la evolución urbanística, Departamento de infraestructuras del transporte y territorio, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- Ibeas, A., Gonzalez, F., Dell, L. (2007). Manual de encuestas de movilidad. Preferencias Reveladas. 155 p., ISBN: 978-84-89627-73-4.
- Iracheta, A. (2010). “El fenómeno metropolitano en México”, *Economía y Sociedad*, Núm. 25, pp. 153-179.
- Islas, V., Rivera, C., Torres, G. (2002). Estudio de la demanda de transporte. Instituto Mexicano del Transporte, publicación técnica, Núm. 213, ISSN: 0188-7297.
- Kanemoto, Yoshitsugu y Kurima, Reiji (2005), “Urban employment areas: defining japanese metropolitan areas and constructing the statistical database for them”, en A. Okabe, *GIS-Based Studies in the Humanities and Social Sciences* Taylor & Francis, Boca Raton, EUA.
- Kumar, M., Garg, P.K., Khare, D. (2007). Monitoring and modelling of urban sprawl using remote sensing and GIS techniques. *Applied Earth Observation and Geoinformation*, Vol. 10, Núm 1, pp. 26-43, ISSN: 0303-2434.
- Lizárraga, C. (2006). Movilidad urbana sostenible: Un reto para las ciudades del siglo XXI. *Economía, Sociedad y Territorio*, Vol. 6, Núm. 022, pp. 1-36, ISSN: 1405-8421.
- Luce, R., Suppes, P. (1965). Preference, utility and subjective probability. En R.D. *Handbook of Mathematical Psychology*. John Wiley & Sons, Nueva York.
- McFadden, D. (1974). The measurement of urban travel demand. *Journal of Public Economics*, num. 3, pp. 303-328.
- Montgomery, D., Elizabeth, P., Geoffrey, V. (2006). Introducción al análisis de regresión lineal, CECSA, D.F., México.
- MTC (2010). Metodología de actualización del modelo de transporte del área metropolitana de Lima y Callao. 121 p.
- Nasarre, V., Badia, A. (2006). Una aproximación al crecimiento de áreas urbanas a través de la fotografía aérea y de Sistemas de Información Geográficas (SIG). La ciudad de Tarrassa como caso de estudio. *Cuadernos Geográficos*, Núm.39, pp.185-201, ISSN: 0210-5462.
- National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) (2010). Advanced Practice in Travel Forecasting. Transportation Research Board, 88p., ISBN: 9780309143103.
- Negrete, M., Salazar, H. (1986). “Zonas metropolitanas en México, 1980”, *Estudios Demográficos y Urbanos*, Núm.1, pp. 97-124.

- Office Management and Budget (OMB) (2010). Standards for Delineating Metropolitan and Micropolitan Statistical Areas, Parte IV, No.123, *Federal Register*, EUA.
- Obregón, S. (2008). Impactos sociales y económicos de las infraestructuras de transporte viario: estudio comparativo de dos ejes, el “Eix Transversal de Catalunya” y la carretera MEX120 en México. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- Ortúzar, J.D., Román, C. (2003). El problema de modelación desde una perspectiva desagregada: el caso del transporte. *Eure*, Núm. 88, Vol.29, pp. 149-171.
- Ortúzar, J.D., Willumsen, L. (2008). Modelos de Transporte, Universidad de Cantabria, Cantabria, España.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU) y Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Querétaro (CONCYTEQ) (2008). Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: GEO Zona Metropolitana de Querétaro, Concyteq, Querétaro, México.
- Rueda, S. (1988). La ciudad compacta y diversa frente a la conurbación difusa. Ciudades para un futuro más sostenible. Escuela Superior de Arquitectura de Madrid, Madrid.
- Puderer, H. (2008). Defining and measuring metropolitan areas: a comparison between Canada and the United States, *Geography Working Paper Series*, No. 2008002.
- Ribaud, J. (1981). La Ville heureuse, Editions du Moniteur, París, Francia
- Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL). Consejo Nacional de Población (CONAPO) e Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI) (2007), Delimitación de las zonas metropolitanas de México 2005, Autor, México.
- Sachs, W. (1992). For love of the automobile, University of California Press, Berkeley, EUA
- Sheffi, Y. (1985). Urban Transportation Network: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods. 390 p., ISBN: 0-13-939729-9.
- Senett, R. (1979). Les Tyrannies de l'intimité; Le Seuil, París, Francia.
- Smith, M.E. (1979). Design of small sample home interview travel surveys. *Transportation Research Board* 13B, pp. 289-294.
- Sobrino, J. (1993). Gobierno y administración metropolitana y regional, México, Instituto Nacional de Administración Pública, A.C., México.
- Sobrino, J. (2007). Patrones de dispersión intrametropolitano en México. *Estudios Demográficos y Urbanos*. Vol. 22, Núm.3, pp. 583-617, ISSN: 0186-7210.

- Song, S. (1992). Monocentric and Polycentric Density Functions and Their Required Commutes. University of California Transportation Center, No. 198.
- Souza, E. (2010). “La zonificación de áreas metropolitanas en la contemporaneidad latinoamericana”, *Urbano*, núm. 22, pp.78-86.
- Stopher, P., Chester, W., Stecher, C. y Alsnih, R. (2003). Standars for household travel surveys-some porpose ideas, International Conference on Transport Survey Quality and Innovation.
- Suárez, M., Delgado, J. (2007). “La expansión urbana probable de la Ciudad de México. Un escenario pesimista y dos alternativas para el año 2020”, *Estudios Demográficos y Urbanos*, Núm. 1, pp. 101-142.
- Sudhira, H.S., Ramachandra, T.V., Jagadish, K.S. (2004). Urban sprawl: metrics, dynamics and modelling using GIS. *Applied Earth Observation and Geoinformation*. Vol. 5, Núm. 1, pp. 29-39, ISSN: 0303-2434.
- Sultana, S., Weber, J. (2007). “Journey-to-work patterns in the age of sprawl: Evidence from two midsize southern metropolitan areas”, *The Professional Geographer*, vol. 59, (2), pp. 193-208.
- Torres, V., Hernández S. (2006). Propuesta metodológica para la estimación del valor del tiempo de los usuarios de la infraestructura carretera en México: El caso del transporte de pasajeros. Núm. 291. Instituto Mexicano del Transporte.
- Travel Survey Manual and appendices (TSM) (1996). Report FHWA-PL-96-030 and FHWA-PL-96-029, Washington, DC: Federal Highway Administration.
- Tierney, K; Decker, S; Prousaloglou, K;Ruiter, E;McGuckin,N (1996). Travel Survey Manual. Cambridge Systematics, Inc., 323 p., FHWA-PL-96-030.
- Trinidad, S.M. (2010). La expansión urbana en suelos de conservación en la delegación Tlahuac, D.F.México. Tesis de maestría, 175 p.
- Unikel, L., Ruiz, C., Garza, G. (1976). El desarrollo urbano de México, Colegio de México, Centro de estudios económicos y demográficos, México.
- Webster, D., Muller L. (2002). Challenges of peri-urbanization in the lower Yangtze región: the case of Hangzhou-Ninbo Corridor. Stanford University, Asia/Pacific Research Center Discussion Paper.

2. Parámetros de calibración

HBW

Starting Procedure Gravity Estimation on November 30, 2012 (11:22 AM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES PARA TABLA DE FRICCION\MATRIX HBW.mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Gamma function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ DE TIEMPO MINIMO.mtx(MATRIZ DE TIEMPO MINIMO - [t min])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\CALIBRACION\HBW\FUNCION GAMMA.bin
Results : 1 out of 1 model(s) did not converge.
VIAJES : Did NOT converge after 10 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Gamma = $a \cdot \text{pow}(t, -b) \cdot \exp(-c \cdot t)$
a = 6606.3569587208
b = 0.9755487992
c = 0.0800259120
VIAJES : TLD Maximum Error = 0.0117846265
Mean: -0.0000000000
Var: 0.0032577950
SDEV: 0.0570770971
RMSE: 0.0570770971
Execution Time was 00:00:03.679.

Starting Procedure Gravity Estimation on November 30, 2012 (11:36 AM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES PARA TABLA DE FRICCION\MATRIX HBW.mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Inverse power function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ DE TIEMPO MINIMO.mtx(MATRIZ DE TIEMPO MINIMO - [t min])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\CALIBRACION\HBW\FUNCION INVERSA.bin
Results : All models converged
VIAJES : Converged after 6 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Inverse Power = $\text{pow}(t, -b)$
b = 2.8843447776
VIAJES : Mean Cost Error = 0.0090897292
Mean: 0.0000000000
Var: 0.0035292738
SDEV: 0.0594076916
RMSE: 0.0594076916
Gravity: 2 gravity model(s) out of 6 performed did not converge to the specified convergence (1.00e-002) after 10 iterations.
Execution Time was 00:00:02.737.

Starting Procedure Gravity Estimation on November 30, 2012 (11:41 AM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES PARA TABLA DE FRICCION\MATRIX HBW.mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Negative exponential function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ DE TIEMPO MINIMO.mtx(MATRIZ DE TIEMPO MINIMO - [t min])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\CALIBRACION\HBW\FUNCION EXPONENCIAL.bin
Results : All models converged
VIAJES : Converged after 6 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Negative Exponential = $\exp(-c \cdot t)$
c = 0.1325375189
VIAJES : Mean Cost Error = 0.0003244177
Mean: 0.0000000000
Var: 0.0033090891
SDEV: 0.0575246826
RMSE: 0.0575246826
Execution Time was 00:00:02.351.

HBS

Starting Procedure Gravity Estimation on December 03, 2012 (11:56 AM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES CON NUEVOS IDS\MATRIZ_HBS.mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Gamma function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ DE TIEMPO MINIMO.mtx (MATRIZ DE TIEMPO MINIMO - [t min])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\CALIBRACION\HBS\FUNCION GAMMA.bin
Results : 1 out of 1 model(s) did not converge.
VIAJES : Did NOT converge after 10 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Gamma = $a \cdot \text{pow}(t, -b) \cdot \exp(-c \cdot t)$
a = 9667.3391634513
b = 2.2412643213
c = 0.0000000000
VIAJES : TLD Maximum Error = 0.0516589777
Mean: -0.0000000000
Var: 0.0010640291
SDEV: 0.0326194588
RMSE: 0.0326194588
Gravity: 1 gravity model(s) out of 10 performed did not converge to the specified convergence (1.00e-002) after 10 iterations.
Execution Time was 00:00:01.373.

Starting Procedure Gravity Estimation on December 03, 2012 (11:58 AM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES CON NUEVOS IDS\MATRIZ_HBS.mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Inverse power function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ DE TIEMPO MINIMO.mtx (MATRIZ DE TIEMPO MINIMO - [t min])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\CALIBRACION\HBS\FUNCION INVERSA.bin
Results : All models converged
VIAJES : Converged after 8 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Inverse Power = $\text{pow}(t, -b)$
b = 2.8127549921
VIAJES : Mean Cost Error = 0.0002836552
Mean: 0.0000000000
Var: 0.0010691426
SDEV: 0.0326977458
RMSE: 0.0326977458
Gravity: 3 gravity model(s) out of 8 performed did not converge to the specified convergence (1.00e-002) after 10 iterations.
Execution Time was 00:00:01.107.

Starting Procedure Gravity Estimation on December 03, 2012 (12:00 PM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES CON NUEVOS IDS\MATRIZ_HBS.mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Negative exponential function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ DE TIEMPO MINIMO.mtx (MATRIZ DE TIEMPO MINIMO - [t min])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\CALIBRACION\HBS\FUNCION EXPONENCIAL.bin
Results : All models converged
VIAJES : Converged after 6 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Negative Exponential = $\exp(-c \cdot t)$
c = 0.1546207837
VIAJES : Mean Cost Error = 0.0007274822
Mean: -0.0000000000
Var: 0.0010345293
SDEV: 0.0321641001
RMSE: 0.0321641001
Gravity: 3 gravity model(s) out of 6 performed did not converge to the specified convergence (1.00e-002) after 10 iterations.
Execution Time was 00:00:00.888.

HBO

Starting Procedure Gravity Estimation on December 03, 2012 (12:35 PM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES CON NUEVOS IDS\MATRIZ_HBO.mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Gamma function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ DE TIEMPO MINIMO.mtx(MATRIZ DE TIEMPO MINIMO - [t min])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\CALIBRACION\HBO\FUNCION GAMMA.bin
Results : 1 out of 1 model(s) did not converge.
VIAJES : Did NOT converge after 10 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Gamma = $a \cdot \text{pow}(t, -b) \cdot \exp(-c \cdot t)$
a = 2093.8031170141
b = 1.1421144526
c = 0.0495087878
VIAJES : TLD Maximum Error = 0.0213047731
Mean: -0.0000000000
Var: 0.0028900365
SDEV: 0.0537590595
RMSE: 0.0537590595
Gravity: 1 gravity model(s) out of 10 performed did not converge to the specified convergence (1.00e-002) after 10 iterations.
Execution Time was 00:00:01.550.

Starting Procedure Gravity Estimation on December 03, 2012 (12:37 PM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES CON NUEVOS IDS\MATRIZ_HBO.mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Inverse power function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ DE TIEMPO MINIMO.mtx(MATRIZ DE TIEMPO MINIMO - [t min])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\CALIBRACION\HBO\FUNCION INVERSA.bin
Results : All models converged
VIAJES : Converged after 6 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Inverse Power = $\text{pow}(t, -b)$
b = 2.3482571993
VIAJES : Mean Cost Error = 0.0076636620
Mean: 0.0000000000
Var: 0.0029802812
SDEV: 0.0545919518
RMSE: 0.0545919518
Execution Time was 00:00:00.884.

Starting Procedure Gravity Estimation on December 03, 2012 (12:38 PM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES CON NUEVOS IDS\MATRIZ_HBO.mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Negative exponential function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ DE TIEMPO MINIMO.mtx(MATRIZ DE TIEMPO MINIMO - [t min])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\CALIBRACION\HBO\FUNCION EXPONENCIAL.bin
Results : All models converged
VIAJES : Converged after 5 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Negative Exponential = $\exp(-c \cdot t)$
c = 0.1081902125
VIAJES : Mean Cost Error = 0.0052527100
Mean: 0.0000000000
Var: 0.0029373080
SDEV: 0.0541969374
RMSE: 0.0541969374
Execution Time was 00:00:00.767.

HBR

Starting Procedure Gravity Estimation on December 03, 2012 (01:54 PM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES CON NUEVOS IDS\MATRIZ_HBR.mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Gamma function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ DE TIEMPO MINIMO.mtx (MATRIZ DE TIEMPO MINIMO - [t min])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\CALIBRACION\HBR\FUNCION GAMMA.bin
Results : 1 out of 1 model(s) did not converge.
VIAJES : Did NOT converge after 10 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Gamma = $a \cdot \text{pow}(t, -b) \cdot \exp(-c \cdot t)$
a = 2186.4805338422
b = 0.8856460576
c = 0.0677318058
VIAJES : TLD Maximum Error = 0.0192580505
Mean: 0.0000000000
Var: 0.0103601689
SDEV: 0.1017849148
RMSE: 0.1017849148
Gravity: 1 gravity model(s) out of 10 performed did not converge to the specified convergence (1.00e-002) after 10 iterations.
Execution Time was 00:00:01.319.

Starting Procedure Gravity Estimation on December 03, 2012 (01:55 PM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES CON NUEVOS IDS\MATRIZ_HBR.mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Inverse power function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ DE TIEMPO MINIMO.mtx (MATRIZ DE TIEMPO MINIMO - [t min])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\CALIBRACION\HBR\FUNCION INVERSA.bin
Results : All models converged
VIAJES : Converged after 7 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Inverse Power = $\text{pow}(t, -b)$
b = 2.2112463442
VIAJES : Mean Cost Error = 0.0001747817
Mean: -0.0000000000
Var: 0.0110976288
SDEV: 0.1053452835
RMSE: 0.1053452835
Execution Time was 00:00:00.948.

Starting Procedure Gravity Estimation on December 03, 2012 (01:56 PM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES CON NUEVOS IDS\MATRIZ_HBR.mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Negative exponential function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ DE TIEMPO MINIMO.mtx (MATRIZ DE TIEMPO MINIMO - [t min])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\CALIBRACION\HBR\FUNCION EXPONENCIAL.bin
Results : All models converged
VIAJES : Converged after 5 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Negative Exponential = $\exp(-c \cdot t)$
c = 0.1061168965
VIAJES : Mean Cost Error = 0.0022584470
Mean: 0.0000000000
Var: 0.0104695191
SDEV: 0.1023206679
RMSE: 0.1023206679
Execution Time was 00:00:00.742.

HBAUTO

Starting Procedure Gravity Estimation on December 03, 2012 (03:32 PM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES CON NUEVOS IDS\MATRIZ_HBAUTO.mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Gamma function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ DE TIEMPO MINIMO.mtx (MATRIZ DE TIEMPO MINIMO - [t min])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\CALIBRACION\HBAUTO\FUNCION GAMMA.bin
Results : 1 out of 1 model(s) did not converge.
VIAJES : Did NOT converge after 10 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Gamma = $a \cdot \text{pow}(t, -b) \cdot \exp(-c \cdot t)$
a = 1099.9676735908
b = 1.7104168846
c = 0.0000000000
VIAJES : TLD Maximum Error = 0.0655687109
Mean: -0.0000000000
Var: 0.0002327223
SDEV: 0.0152552399
RMSE: 0.0152552399
Gravity: 1 gravity model(s) out of 10 performed did not converge to the specified convergence (1.00e-002) after 10 iterations.
Execution Time was 00:00:01.589.

Starting Procedure Gravity Estimation on December 03, 2012 (03:34 PM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES CON NUEVOS IDS\MATRIZ_HBAUTO.mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Inverse power function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ DE TIEMPO MINIMO.mtx (MATRIZ DE TIEMPO MINIMO - [t min])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\CALIBRACION\HBAUTO\FUNCION INVERSA.bin
Results : All models converged
VIAJES : Converged after 8 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Inverse Power = $\text{pow}(t, -b)$
b = 3.5815220036
VIAJES : Mean Cost Error = 0.0002267210
Mean: -0.0000000000
Var: 0.0001952710
SDEV: 0.0139739410
RMSE: 0.0139739410
Gravity: 6 gravity model(s) out of 8 performed did not converge to the specified convergence (1.00e-002) after 10 iterations.
Execution Time was 00:00:01.252.

Starting Procedure Gravity Estimation on December 03, 2012 (03:35 PM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES CON NUEVOS IDS\MATRIZ_HBAUTO.mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Negative exponential function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ DE TIEMPO MINIMO.mtx (MATRIZ DE TIEMPO MINIMO - [t min])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\CALIBRACION\HBAUTO\FUNCION EXPONENCIAL.bin
Results : All models converged
VIAJES : Converged after 6 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Negative Exponential = $\exp(-c \cdot t)$
c = 0.2055765100
VIAJES : Mean Cost Error = 0.0052147568
Mean: -0.0000000000
Var: 0.0001978713
SDEV: 0.0140666719
RMSE: 0.0140666719
Gravity: 5 gravity model(s) out of 6 performed did not converge to the specified convergence (1.00e-002) after 10 iterations.
Execution Time was 00:00:01.164.

HBAUTO (ZMQ)

Starting Procedure Gravity Estimation on December 03, 2012 (07:26 PM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES CON NUEVOS IDS\MATRIZ_HBAUTO(ZMQ).mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Gamma function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ TIEMPO MAXIMO.mtx(MATRIZ TIEMPO MAXIMO - [t max])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\APLICACION\HBAUTO(ZMQ)\FUNCION GAMMA.bin
Results : 1 out of 1 model(s) did not converge.
VIAJES : Did NOT converge after 10 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Gamma = $a \cdot \text{pow}(t, -b) \cdot \exp(-c \cdot t)$
a = 19.4794046665
b = 0.7252339639
c = 0.0000000000
VIAJES : TLD Maximum Error = 0.0220491501
Mean: 0.000022444
Var: 0.0025138427
SDEV: 0.0501382354
RMSE: 0.0501382355
Execution Time was 00:00:01.200.

Starting Procedure Gravity Estimation on December 03, 2012 (07:27 PM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES CON NUEVOS IDS\MATRIZ_HBAUTO(ZMQ).mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Inverse power function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ TIEMPO MAXIMO.mtx(MATRIZ TIEMPO MAXIMO - [t max])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\APLICACION\HBAUTO(ZMQ)\FUNCION INVERSA.bin
Results : All models converged
VIAJES : Converged after 6 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Inverse Power = $\text{pow}(t, -b)$
b = 1.1428202546
VIAJES : Mean Cost Error = 0.0010470307
Mean: 0.000022444
Var: 0.0025313776
SDEV: 0.0503127975
RMSE: 0.0503127976
Execution Time was 00:00:00.779.

Starting Procedure Gravity Estimation on December 03, 2012 (07:29 PM)

Model : Gravity Calibration
Constraint : Doubly (Productions and Attractions)
Iterations : 10
Convergence : 1.00e-002
TLD Max (minutes) : 60
Base Flow Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\MATRICES\MATRICES CON NUEVOS IDS\MATRIZ_HBAUTO(ZMQ).mtx
Number of Models : 1
Matrix : VIAJES
Calibration Type : Negative exponential function
Include K-Factors : No
Cost Matrix : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\IMPEDANCIA\MATRIZ TIEMPO MAXIMO.mtx(MATRIZ TIEMPO MAXIMO - [t max])
Summary file : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\APLICACION\HBAUTO(ZMQ)\FUNCION EXPONENCIAL.bin
Results : All models converged
VIAJES : Converged after 3 iterations.
K-Factor not performed
Calibrated Negative Exponential = $\exp(-c \cdot t)$
c = 0.0773247290
VIAJES : Mean Cost Error = 0.0012657021
Mean: 0.0000000000
Var: 0.0025253548
SDEV: 0.0502529083
RMSE: 0.0502529083
Execution Time was 00:00:00.468.

3. Modelos logit

Modelo 1

```

Discrete choice (multinomial logit) model
Dependent variable      Choice
Log likelihood function  -55.21755
Estimation based on N = 120, K = 4
Inf.Cr.AIC = 118.4 AIC/N = .987
Model estimated: Feb 02, 2013, 13:59:52
R2=1-LogL/LogL* Log-L fncn R-sqrd R2Adj
Constants only -81.8226 .3252 .3019
Chi-squared[ 3] = 53.21001
Prob [ chi squared > value ] = .00000
Response data are given as ind. choices
Number of obs.= 120, skipped 0 obs

```

MODE	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
GC	.03744**	.01815	2.06	.0392	.00186	.07302
A_AUTO	-4.48251***	1.01565	-4.41	.0000	-6.47314	-2.49188
AUT_INC1	.93664***	.28552	3.28	.0010	.37703	1.49626
AUT_LC1	2.34785***	.52300	4.49	.0000	1.32280	3.37290

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Descriptive Statistics for Alternative AUTO						
Utility Function			All		51.0 observs.	
Coefficient			120.0 obs.		that chose AUTO	
Name	Value	Variable	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
GC	.0374	GC	32.045	20.218	38.140	23.608
A_AUTO	-4.4825	ONE	1.000	.000	1.000	.000
AUT_INC1	.9366	INC	3.275	1.100	3.804	1.184
AUT_LC1	2.3478	LC	.558	.499	.863	.348

Descriptive Statistics for Alternative TP						
Utility Function			All		69.0 observs.	
Coefficient			120.0 obs.		that chose TP	
Name	Value	Variable	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
GC	.0374	GC	42.686	22.397	40.291	22.245

```

Cross tabulation of actual choice vs. predicted P(j)
Row indicator is actual, column is predicted.
Predicted total is F(k,j,i)=Sum(i=1,...,N) P(k,j,i).
Column totals may be subject to rounding error.

```

NLOGIT Cross Tabulation for 2 outcome Multinomial Choice Model

XTab_Prbl	AUTO	TP	Total
AUTO	33.0000	18.0000	51.0000
TP	18.0000	51.0000	69.0000
Total	51.0000	69.0000	120.000

```

Cross tabulation of actual y(ij) vs. predicted y(ij)
Row indicator is actual, column is predicted.
Predicted total is N(k,j,i)=Sum(i=1,...,N) Y(k,j,i).
Predicted y(ij)=1 is the j with largest probability.

```

NLOGIT Cross Tabulation for 2 outcome Multinomial Choice Model

XTab_Frq	AUTO	TP	Total
AUTO	39.0000	12.0000	51.0000
TP	13.0000	56.0000	69.0000
Total	52.0000	68.0000	120.000

Modelo 2

Discrete choice (multinomial logit) model
 Dependent variable Choice
 Log likelihood function -65.86048
 Estimation based on N = 120, K = 5
 Inf.Cr.AIC = 141.7 AIC/N = 1.181
 Model estimated: Feb 02, 2013, 14:07:56
 R2=1-LogL/LogL* Log-L fncn R-sqrd R2Adj
 Constants only -81.8226 .1951 .1601
 Chi-squared[4] = 31.92415
 Prob [chi squared > value] = .00000
 Response data are given as ind. choices
 Number of obs.= 120, skipped 0 obs

MODE	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
GC	.03138**	.01581	1.98	.0472	.00038	.06237
A_CAR	-2.60948**	1.22037	-2.14	.0325	-5.00135	-.21760
CAR_SEX1	-1.07476*	.60780	-1.77	.0770	-2.26603	.11651
CAR_EDA1	-.01461	.01933	-.76	.4498	-.05249	.02327
CAR_INCL	1.03386***	.27641	3.74	.0002	.49211	1.57560

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Descriptive Statistics for Alternative CAR						
Utility Function			All		51.0 observs. that chose CAR	
Coefficient			Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
Name	Value	Variable				
GC	.0314	GC	32.045	20.218	38.140	23.608
A_CAR	-2.6095	ONE	1.000	.000	1.000	.000
CAR_SEX1	-1.0748	SEXO	.208	.408	.098	.300
CAR_EDA1	-.0146	EDAD	39.192	12.066	38.333	10.476
CAR_INCL	1.0339	INC	3.275	1.100	3.804	1.184

Descriptive Statistics for Alternative TP						
Utility Function			All		69.0 observs. that chose TP	
Coefficient			Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
Name	Value	Variable				
GC	.0314	GC	42.686	22.397	40.291	22.245

Cross tabulation of actual choice vs. predicted P(j)
 Row indicator is actual, column is predicted.
 Predicted total is $F(k,j,i) = \sum_{i=1}^N P(k,j,i)$.
 Column totals may be subject to rounding error.

NLOGIT Cross Tabulation for 2 outcome Multinomial Choice Model			
XTab_Prbl	CAR	TP	Total
CAR	29.0000	22.0000	51.0000
TP	22.0000	47.0000	69.0000
Total	51.0000	69.0000	120.0000

Cross tabulation of actual y(ij) vs. predicted y(ij)
 Row indicator is actual, column is predicted.
 Predicted total is $N(k,j,i) = \sum_{i=1}^N Y(k,j,i)$.
 Predicted y(ij)=1 is the j with largest probability.

NLOGIT Cross Tabulation for 2 outcome Multinomial Choice Model			
XTab_Frq	CAR	TP	Total
CAR	29.0000	22.0000	51.0000
TP	13.0000	56.0000	69.0000
Total	42.0000	78.0000	120.0000

Modelo 3

Discrete choice (multinomial logit) model
 Dependent variable Choice
 Log likelihood function -57.42464
 Estimation based on N = 120, K = 4
 Inf.Cr.AIC = 122.8 AIC/N = 1.024
 Model estimated: Feb 02, 2013, 14:08:59
 R2=1-LogL/LogL* Log-L fncn R-sqrd R2Adj
 Constants only -81.8226 .2982 .2740
 Chi-squared[3] = 48.79582
 Prob [chi squared > value] = .00000
 Response data are given as ind. choices
 Number of obs.= 120, skipped 0 obs

MODE	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
TTOT	.00600	.01168	.51	.6077	-.01690	.02889
A_CAR	-4.45644***	1.06204	-4.20	.0000	-6.53800	-2.37489
CAR_INC1	.88051***	.28403	3.10	.0019	.32381	1.43721
CAR_LC1	2.31711***	.51159	4.53	.0000	1.31441	3.31981

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Descriptive Statistics for Alternative CAR						
Utility Function			51.0 observs.			
Coefficient			All	120.0 obs.	that chose CAR	
Name	Value	Variable	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
TTOT	.0060	TTOT	26.594	14.619	30.471	16.263
A_CAR	-4.4564	ONE	1.000	.000	1.000	.000
CAR_INC1	.8805	INC	3.275	1.100	3.804	1.184
CAR_LC1	2.3171	LC	.558	.499	.863	.348

Descriptive Statistics for Alternative TP						
Utility Function			69.0 observs.			
Coefficient			All	120.0 obs.	that chose TP	
Name	Value	Variable	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
TTOT	.0060	TTOT	61.083	27.973	56.918	22.507

Cross tabulation of actual choice vs. predicted P(j)
 Row indicator is actual, column is predicted.
 Predicted total is $F(k,j,i) = \sum(i=1, \dots, N) P(k,j,i)$.
 Column totals may be subject to rounding error.

NLOGIT Cross Tabulation for 2 outcome Multinomial Choice Model

XTab_Prpb	CAR	TP	Total
CAR	32.0000	19.0000	51.0000
TP	19.0000	50.0000	69.0000
Total	51.0000	69.0000	120.000

Cross tabulation of actual y(ij) vs. predicted y(ij)
 Row indicator is actual, column is predicted.
 Predicted total is $N(k,j,i) = \sum(i=1, \dots, N) Y(k,j,i)$.
 Predicted y(ij)=1 is the j with largest probability.

NLOGIT Cross Tabulation for 2 outcome Multinomial Choice Model

XTab_Frq	CAR	TP	Total
CAR	44.0000	7.00000	51.0000
TP	20.0000	49.0000	69.0000
Total	64.0000	56.0000	120.000

Modelo 4

Discrete choice (multinomial logit) model
 Dependent variable Choice
 Log likelihood function -68.23557
 Estimation based on N = 120, K = 5
 Inf.Cr.AIC = 146.5 AIC/N = 1.221
 Model estimated: Feb 02, 2013, 14:10:06
 R2=1-LogL/LogL* Log-L fncn R-sqrd R2Adj
 Constants only -81.8226 .1661 .1298
 Chi-squared[4] = 27.17397
 Prob [chi squared > value] = .00002
 Response data are given as ind. choices
 Number of obs.= 120, skipped 0 obs

MODE	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
TTOT	.00038	.01058	.04	.9717	-.02036	.02111
A_CAR	-2.58882**	1.25534	-2.06	.0392	-5.04925	-.12839
CAR_SEX1	-1.03512*	.59553	-1.74	.0822	-2.20235	.13210
CAR_EDA1	-.01696	.01909	-.89	.3744	-.05438	.02046
CAR_INC1	.95951***	.27508	3.49	.0005	.42037	1.49866

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Descriptive Statistics for Alternative CAR						
Utility Function			All 120.0 obs.		51.0 observs. that chose CAR	
Name	Value	Variable	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
TTOT	.0004	TTOT	26.594	14.619	30.471	16.263
A_CAR	-2.5888	ONE	1.000	.000	1.000	.000
CAR_SEX1	-1.0351	SEXO	.208	.408	.098	.300
CAR_EDA1	-.0170	EDAD	39.192	12.066	38.333	10.476
CAR_INC1	.9595	INC	3.275	1.100	3.804	1.184

Descriptive Statistics for Alternative TP						
Utility Function			All 120.0 obs.		69.0 observs. that chose TP	
Name	Value	Variable	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
TTOT	.0004	TTOT	61.083	27.973	56.918	22.507

Cross tabulation of actual choice vs. predicted P(j)
 Row indicator is actual, column is predicted.
 Predicted total is $F(k,j,i) = \sum_{i=1, \dots, N} P(k,j,i)$.
 Column totals may be subject to rounding error.

NLOGIT Cross Tabulation for 2 outcome Multinomial Choice Model

XTab_Prbb	CAR	TP	Total
CAR	28.0000	23.0000	51.0000
TP	23.0000	46.0000	69.0000
Total	51.0000	69.0000	120.0000

Cross tabulation of actual y(ij) vs. predicted y(ij)
 Row indicator is actual, column is predicted.
 Predicted total is $N(k,j,i) = \sum_{i=1, \dots, N} Y(k,j,i)$.
 Predicted y(ij)=1 is the j with largest probability.

NLOGIT Cross Tabulation for 2 outcome Multinomial Choice Model

XTab_Frq	CAR	TP	Total
CAR	26.0000	25.0000	51.0000
TP	10.0000	59.0000	69.0000
Total	36.0000	84.0000	120.0000

Modelo 5

```

Discrete choice (multinomial logit) model
Dependent variable      Choice
Log likelihood function  -63.78798
Estimation based on N = 120, K = 4
Inf.Cr.AIC = 135.6 AIC/N = 1.130
Model estimated: Feb 02, 2013, 14:51:17
R2=1-LogL/LogL* Log-L fncn R-sqrd R2Adj
Constants only -81.8226 .2204 .1935
Chi-squared[ 3] = 36.06915
Prob [ chi squared > value ] = .00000
Response data are given as ind. choices
Number of obs.= 120, skipped 0 obs

```

MODEL	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
GC	.02405	.01620	1.48	.1376	-.00770	.05580
A_CAR	-4.60000***	1.03227	-4.46	.0000	-6.62321	-2.57680
CAR_INCL	.92141***	.28293	3.26	.0011	.36688	1.47594
CAR_GE1	.50193***	.19310	2.60	.0093	.12347	.88039

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Descriptive Statistics for Alternative CAR						
Utility Function			51.0 observs.			
Coefficient			All	120.0 obs.	that chose CAR	
Name	Value	Variable	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
GC	.0240	GC	32.045	20.218	38.140	23.608
A_CAR	-4.6000	ONE	1.000	.000	1.000	.000
CAR_INCL	.9214	INC	3.275	1.100	3.804	1.184
CAR_GE1	.5019	GE	3.008	1.325	3.627	1.385

Descriptive Statistics for Alternative TP						
Utility Function			69.0 observs.			
Coefficient			All	120.0 obs.	that chose TP	
Name	Value	Variable	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
GC	.0240	GC	42.686	22.397	40.291	22.245

```

+-----+
| Cross tabulation of actual choice vs. predicted P(j) |
| Row indicator is actual, column is predicted. |
| Predicted total is F(k,j,i)=Sum(i=1,...,N) P(k,j,i). |
| Column totals may be subject to rounding error. |
+-----+

```

NLOGIT Cross Tabulation for 2 outcome Multinomial Choice Model			
XTab_Prbl	CAR	TP	Total
CAR	29.0000	22.0000	51.0000
TP	22.0000	47.0000	69.0000
Total	51.0000	69.0000	120.0000

```

+-----+
| Cross tabulation of actual y(ij) vs. predicted y(ij) |
| Row indicator is actual, column is predicted. |
| Predicted total is N(k,j,i)=Sum(i=1,...,N) Y(k,j,i). |
| Predicted y(ij)=1 is the j with largest probability. |
+-----+

```

NLOGIT Cross Tabulation for 2 outcome Multinomial Choice Model			
XTab_Frq	CAR	TP	Total
CAR	28.0000	23.0000	51.0000
TP	10.0000	59.0000	69.0000
Total	38.0000	82.0000	120.0000

Modelo 6

Discrete choice (multinomial logit) model
 Dependent variable Choice
 Log likelihood function -63.46676
 Estimation based on N = 120, K = 5
 Inf.Cr.AIC = 136.9 AIC/N = 1.141
 Model estimated: Feb 02, 2013, 14:13:18
 R2=1-LogL/LogL* Log-L fncn R-sqrd R2Adj
 Constants only -81.8226 .2243 .1906
 Chi-squared[4] = 36.71158
 Prob [chi squared > value] = .00000
 Response data are given as ind. choices
 Number of obs.= 120, skipped 0 obs

MODEL	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
GC	.02416	.01618	1.49	.1353	-.00755	.05587
A_CAR	-5.33894***	1.41046	-3.79	.0002	-8.10339	-2.57450
CAR_EDA1	.01600	.01996	.80	.4226	-.02311	.05512
CAR_GE1	.55974***	.20973	2.67	.0076	.14867	.97081
CAR_INC1	.90386***	.27987	3.23	.0012	.35532	1.45240

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Descriptive Statistics for Alternative CAR						
Utility Function			51.0 observs.			
Coefficient			All	120.0 obs.	that chose CAR	
Name	Value	Variable	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
GC	.0242	GC	32.045	20.218	38.140	23.608
A_CAR	-5.3389	ONE	1.000	.000	1.000	.000
CAR_EDA1	.0160	EDAD	39.192	12.066	38.333	10.476
CAR_GE1	.5597	GE	3.008	1.325	3.627	1.385
CAR_INC1	.9039	INC	3.275	1.100	3.804	1.184

Descriptive Statistics for Alternative TP						
Utility Function			69.0 observs.			
Coefficient			All	120.0 obs.	that chose TP	
Name	Value	Variable	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
GC	.0242	GC	42.686	22.397	40.291	22.245

+-----+
 | Cross tabulation of actual choice vs. predicted P(j) |
 | Row indicator is actual, column is predicted. |
 | Predicted total is $F(k,j,i)=\sum_{i=1,\dots,N} P(k,j,i)$. |
 | Column totals may be subject to rounding error. |
 +-----+

NLOGIT Cross Tabulation for 2 outcome Multinomial Choice Model

XTab_Prbl	CAR	TP	Total
CAR	30.0000	21.0000	51.0000
TP	21.0000	48.0000	69.0000
Total	51.0000	69.0000	120.000

+-----+
 | Cross tabulation of actual y(ij) vs. predicted y(ij) |
 | Row indicator is actual, column is predicted. |
 | Predicted total is $N(k,j,i)=\sum_{i=1,\dots,N} Y(k,j,i)$. |
 | Predicted y(ij)=1 is the j with largest probability. |
 +-----+

NLOGIT Cross Tabulation for 2 outcome Multinomial Choice Model

XTab_Frq	CAR	TP	Total
CAR	29.0000	22.0000	51.0000
TP	11.0000	58.0000	69.0000
Total	40.0000	80.0000	120.000

Modelo 7

Discrete choice (multinomial logit) model

Dependent variable Choice
 Log likelihood function -65.00535
 Estimation based on N = 120, K = 4
 Inf.Cr.AIC = 138.0 AIC/N = 1.150
 Model estimated: Feb 02, 2013, 14:14:21
 R2=1-LogL/LogL* Log-L fncn R-sqrd R2Adj
 Constants only -81.8226 .2055 .1781
 Chi-squared[3] = 33.63442
 Prob [chi squared > value] = .00000
 Response data are given as ind. choices
 Number of obs.= 120, skipped 0 obs

MODE	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
TTOT	-.00147	.01076	-.14	.8913	-.02255	.01961
A_CAR	-4.88550***	1.08298	-4.51	.0000	-7.00811	-2.76289
CAR_INC1	.86818***	.27995	3.10	.0019	.31948	1.41687
CAR_GE1	.55686***	.19038	2.93	.0034	.18373	.92998

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Descriptive Statistics for Alternative CAR						
Utility Function			All 120.0 obs.		51.0 observs. that chose CAR	
Name	Value	Variable	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
TTOT	-.0015	TTOT	26.594	14.619	30.471	16.263
A_CAR	-4.8855	ONE	1.000	.000	1.000	.000
CAR_INC1	.8682	INC	3.275	1.100	3.804	1.184
CAR_GE1	.5569	GE	3.008	1.325	3.627	1.385

Descriptive Statistics for Alternative TP						
Utility Function			All 120.0 obs.		69.0 observs. that chose TP	
Name	Value	Variable	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
TTOT	-.0015	TTOT	61.083	27.973	56.918	22.507

Cross tabulation of actual choice vs. predicted P(j)
 Row indicator is actual, column is predicted.
 Predicted total is $F(k,j,i)=\sum_{i=1,\dots,N} P(k,j,i)$.
 Column totals may be subject to rounding error.

NLOGIT Cross Tabulation for 2 outcome Multinomial Choice Model			
XTab_Prbl	CAR	TP	Total
CAR	29.0000	22.0000	51.0000
TP	22.0000	47.0000	69.0000
Total	51.0000	69.0000	120.000

Cross tabulation of actual y(ij) vs. predicted y(ij)
 Row indicator is actual, column is predicted.
 Predicted total is $N(k,j,i)=\sum_{i=1,\dots,N} Y(k,j,i)$.
 Predicted y(ij)=1 is the j with largest probability.

NLOGIT Cross Tabulation for 2 outcome Multinomial Choice Model			
XTab_Frq	CAR	TP	Total
CAR	29.0000	22.0000	51.0000
TP	8.00000	61.0000	69.0000
Total	37.0000	83.0000	120.000

Modelo 8

Discrete choice (multinomial logit) model
 Dependent variable Choice
 Log likelihood function -69.87904
 Estimation based on N = 120, K = 4
 Inf.Cr.AIC = 147.8 AIC/N = 1.231
 Model estimated: Feb 02, 2013, 14:15:17
 R2=1-LogL/LogL* Log-L fncn R-sqrd R2Adj
 Constants only -81.8226 .1460 .1165
 Chi-squared[3] = 23.88703
 Prob [chi squared > value] = .00003
 Response data are given as ind. choices
 Number of obs.= 120, skipped 0 obs

MODE	Coefficient	Standard Error	z	Prob. z >Z*	95% Confidence Interval	
TTOT	.00048	.01041	.05	.9631	-.01992	.02089
A_CAR	-3.47534***	1.15369	-3.01	.0026	-5.73653	-1.21415
CAR_EDA1	-.00651	.01773	-.37	.7136	-.04127	.02825
CAR_INCI	1.04757***	.26978	3.88	.0001	.51881	1.57634

Note: ***, **, * ==> Significance at 1%, 5%, 10% level.

Descriptive Statistics for Alternative CAR						
Utility Function			51.0 observs.			
Coefficient			All	120.0 obs.	that chose CAR	
Name	Value	Variable	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
TTOT	.0005	TTOT	26.594	14.619	30.471	16.263
A_CAR	-3.4753	ONE	1.000	.000	1.000	.000
CAR_EDA1	-.0065	EDAD	39.192	12.066	38.333	10.476
CAR_INCI	1.0476	INC	3.275	1.100	3.804	1.184

Descriptive Statistics for Alternative TP						
Utility Function			69.0 observs.			
Coefficient			All	120.0 obs.	that chose TP	
Name	Value	Variable	Mean	Std. Dev.	Mean	Std. Dev.
TTOT	.0005	TTOT	61.083	27.973	56.918	22.507

-----+
 | Cross tabulation of actual choice vs. predicted P(j) |
 | Row indicator is actual, column is predicted. |
 | Predicted total is $F(k,j,i)=\sum_{i=1,\dots,N} P(k,j,i)$. |
 | Column totals may be subject to rounding error. |
 +-----+

NLOGIT Cross Tabulation for 2 outcome Multinomial Choice Model			
XTab_Prbl	CAR	TP	Total
CAR	27.0000	24.0000	51.0000
TP	24.0000	45.0000	69.0000
Total	51.0000	69.0000	120.000

-----+
 | Cross tabulation of actual y(ij) vs. predicted y(ij) |
 | Row indicator is actual, column is predicted. |
 | Predicted total is $N(k,j,i)=\sum_{i=1,\dots,N} Y(k,j,i)$. |
 | Predicted y(ij)=1 is the j with largest probability. |
 +-----+

NLOGIT Cross Tabulation for 2 outcome Multinomial Choice Model			
XTab_Frq	CAR	TP	Total
CAR	27.0000	24.0000	51.0000
TP	12.0000	57.0000	69.0000
Total	39.0000	81.0000	120.000

4. Asignación

Periferia

Starting Procedure Traffic Assignment

Iteration	Relative Gap	Max. Flow Change	RMSE	% RMSE
1	n/a	84.000000	3.45	36.89
2	0.000476	44.000000	1.92	20.55

INPUT FILES

=====
Network : C:\FOMIX\RED ZMQ\Red ZMQ.net
Demand Table : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\APLICACION\HBAUTO\MODELO GRAVITACIONAL HBAUTO CON
TABLA DE FRICCION.mtx

OUTPUT FILES

=====
Flow Table : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\Asignacion\AUTO PERIFERIA\Asignacion en auto periferia.bin

LINK FIELDS

=====
Cost : [t min]
Capacity : CAPACIDAD
Probability Function : Normal

OD DEMAND

=====
OD Pairs : 446224
Non zero OD Pairs : 905
Demand : 4418.00
Intranodal Demand : 0.00

PARAMETERS

=====
Method : Stochastic User Equilibrium
Maximum Iterations : 20
Iterations : 3
Conv. Criteria : 0.01

Running Results

=====
Relative Gap : 0.00
RMSE : 1.92
% RMSE : 20.55
Max Flow Change : 44.00
Equilibrium reached : Yes
Total V-Time-T : 63592.04
Total V-Dist-T : 45383448.56
Centroid V-Time-T : 970.44
Centroid V-Dist-T : 161740.41
V-Time-T w/o Centroids : 62621.60
V-Dist-T w/o Centroids : 45221708.16

Total Running Time 00:00:00.925.

ZMQ

Starting Procedure Traffic Assignment on January 04, 2013 (04:32 PM)

Iteration	Relative Gap	Max. Flow Change	RMSE	% RMSE
1	n/a	5027.000000	253.31	104.95
2	0.220983	3185.000000	142.35	58.39
3	0.023746	1146.500000	60.12	24.70
4	0.028829	885.416667	40.25	16.56
5	0.012220	451.250000	19.64	8.09
6	0.013771	447.300000	19.55	8.07
7	0.013117	254.261905	14.98	6.19
8	0.006972	184.696429	11.39	4.71

INPUT FILES

=====
Network : C:\FOMIX\RED ZMQ\Red ZMQ.net
Demand Table : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\APLICACION\HBAUTO(ZMQ)\MODELO GRAVITACIONAL
AUTO_ZMQ CON TABLA DE FRICCION.mtx

OUTPUT FILES

=====
Flow Table : C:\FOMIX\MODELO GRAVITACIONAL\Asignacion\AUTO ZMQ\Asignación en la ZMQ equilibrio de usuario en
auto.bin

LINK FIELDS

=====
Cost : [t min]
Capacity : CAPACIDAD
Probability Function : Normal

OD DEMAND

=====
OD Pairs : 446224
Non zero OD Pairs : 30654
Demand : 62336.00
Intranodal Demand : 0.00

PARAMETERS

=====
Method : Stochastic User Equilibrium
Maximum Iterations : 20
Iterations : 9
Conv. Criteria : 0.01

Running Results

=====
Relative Gap : 0.01
RMSE : 11.39
% RMSE : 4.71
Max Flow Change : 184.70
Equilibrium reached : Yes
Total V-Time-T : 1218159.42
Total V-Dist-T : 695626440.36
Centroid V-Time-T : 7911.57
Centroid V-Dist-T : 1318594.46
V-Time-T w/o Centroids : 1210247.86
V-Dist-T w/o Centroids : 694307845.90

Total Running Time 00:00:03.219.