



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES UNIDAD
LEÓN**

TEMA:

**LA DINÁMICA DEL CICLISMO EN LEÓN, GUANAJUATO,
DESDE LA ECONOMÍA DEL TRANSPORTE**

FORMA DE TITULACIÓN: TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN ECONOMÍA INDUSTRIAL

P R E S E N T A:

PEDRO ORLANDO ROSAS SÁNCHEZ



TUTORA: DRA. ARELI VÁZQUEZ JUÁREZ

LEÓN, GUANAJUATO 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso.

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo, mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis padres

Agradecimientos

Este documento fue realizado gracias al apoyo de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico a través del proyecto “Análisis cuantitativo del transporte no motorizado en León, Guanajuato”, PAPIIT TA100716.

Índice

Introducción	3
Antecedentes del problema	5
Justificación	8
Preguntas de investigación	9
Hipótesis.....	9
Objetivos	10
Capítulo 1. Fomento al ciclismo	11
1.1. Impulso del uso de la bicicleta en León, Guanajuato	11
1.2. Beneficios económicos para la sociedad por impulsar el uso de la bicicleta	12
1.3. ¿Cuáles son las ventajas y beneficios para los usuarios de la bicicleta?.....	14
Capítulo 2. Estudio de caso: Antecedentes del ciclismo en León, Guanajuato	23
2.1. Medio natural en León, Guanajuato	24
2.2. Infraestructura construida en León, Guanajuato.	25
2.2.1. Patrones de uso del suelo.....	25
2.2.2. Sistema de transporte	25
2.2.2.1. Caracterización del tránsito	26
2.2.2.2. Transporte público urbano	27
2.3. Aforos Ciclistas.....	28
2.3.1. Datos históricos	28
2.3.2. Plan de recopilación de datos.....	37
2.3.3. Selección y cantidad de puntos para conteos	39
2.3.4. Frecuencia del conteo	44
2.3.5. Herramientas para la recolección de datos.....	44
2.3.6. Capacitación.....	45
2.3.7. Después del conteo	48
2.3.8. Calidad de los datos	48
2.4. Cálculos del conteo ciclista realizado por la ENES, León	52
Capítulo 3. Recopilación de costos público-privado del transporte en bicicleta, en automóvil y el transporte público en León, Guanajuato.	61
3.1. Modelo de Rui Wang para estimación del precio de la tierra en ciudades chinas	62

3.1.1. Metodología para la obtención del costo de la tierra.....	63
3.1.2. Datos sobre los costos de la tierra en las ciudades chinas.....	64
3.1.3. Curvas de precios de la tierra de las ciudades chinas	72
3.1.4. Cálculo del precio de la tierra de Rui Wang aplicado a León	73
3.2 Modelo de Rui Wang para el cálculo del costo público-privado de distintos medios de transporte y su adaptación a León, Guanajuato	81
3.2.1. Metodología para la comparación de los costos de distintos medios de transporte	83
3.2.2. Supuestos sobre los corredores en León, Guanajuato.....	83
3.2.3. Alternativas modales	89
3.3. Costos público-privado del automóvil, transporte público y bicicleta en León, Guanajuato.....	91
3.4. Comparación de los costos del transporte en bicicleta, en automóvil y en transporte público.....	97
4. Resultados	105
5. Conclusiones	108
Referencias	111
Anexo 1	118
Anexo 2	119
Anexo 3	125

Introducción

Las ciudades son atractivas y deseables, por muchas razones, entre ellas la economía de escala, la ubicación geográfica, el número de población económicamente activa, el nivel de seguridad y la facilidad para trasladarse de un lado a otro, ya sea por bicicleta, automóvil o transporte público de manera rápida. En este trabajo nos enfocamos en este último aspecto, entendiendo que en las ciudades debe de existir una movilidad rápida y amigable con el ambiente.

Se ha notado que en las ciudades mexicanas ha aumentado el número de automóviles que circulan por las mismas. Esta situación podría generar problemas como los que menciona Esquivel (2014), quien sostiene que en las ciudades son evidentes los daños ocasionados por el uso excesivo del automóvil, entre los cuales está el congestionamiento (tráfico), ruido, accidentes, contaminación del aire y grandes costos de mantenimiento de los caminos y los automóviles. Lo anterior provoca que en las ciudades disminuya la calidad de vida a causa de la contaminación, impactos sociales y la falta de espacios públicos. Además de lo mencionado, Esquivel (2014) señala que otro de los problemas que las ciudades presentan por el elevado número de automóviles, es que cada vez se están volviendo menos accesibles para los peatones y para todos los modos no motorizados de transporte, como es la bicicleta.

La inadecuada planeación y gestión de los sistemas de transporte, la falta de inversión en infraestructura para los mismos, así como el crecimiento del parque vehicular, son algunas de las razones por las que se presentan problemas viales en las ciudades. Para aminorar los problemas viales por el uso del automóvil, sistemas de transporte como ECOBICI (2018) sostienen que es necesario el impulso de un modo de transporte, que no genere congestionamiento e impulsar al transporte público. A su vez, para la solución de los problemas ambientales por el uso del automóvil, es necesario el impulso de un modo de transporte amigable con el medio ambiente y que sea más accesible económicamente para los usuarios, que alternativas más caras, como el auto eléctrico.

Este trabajo se enfoca en la bicicleta, el cual es un modo de transporte no motorizado con gran presencia en la ciudad de León, Guanajuato. Tenemos la hipótesis de que el uso de este medio de transporte representa una opción para contar con una mejor movilidad urbana en la ciudad.

Esquivel (2014) señala que, en varias investigaciones de especialistas en movilidad urbana y transporte sustentable, se demuestra que la bicicleta es un modo de transporte que tiene beneficios para el usuario y el entorno. El transporte en bicicleta posee ventajas claras dentro de la ciudad, como velocidad de 16 kilómetros por hora en cortas distancias, utiliza poco espacio, no emite contaminantes como ruido o gases de efectos invernadero, no necesita combustible, entre otros factores. Estas características hacen que el transporte en bicicleta pueda competir con otros modos de transporte en distancias medias entre 1 y 9 kilómetros aproximadamente.



El presente trabajo tiene por objetivo hacer una comparación de los costos de la bicicleta con respecto al automóvil y el transporte público a diferentes volúmenes de tráfico en la ciudad de León, Guanajuato, partiendo de estudios realizados en otras ciudades que han manejado objetivos similares. Además del objetivo principal, este trabajo expone las ventajas y beneficios de la bicicleta como medio de transporte y proporciona su situación actual en la ciudad de León, Guanajuato.

En el capítulo 1, llamado Fomento al ciclismo, explicamos las ventajas y desventajas del uso de la bicicleta, exponiendo beneficios de varios tipos, como de salud y medio ambiente. Con lo que respecta al capítulo 2, llamado Estudio de caso: Antecedentes del ciclismo en León, Guanajuato, explicamos la situación de la bicicleta en la ciudad, exponiendo el número general de ciclistas en León y el número de ciclistas en ciertas zonas, explicando que para obtener dichos datos se participó como voluntario en los conteos de ciclistas dirigidos por la Dra. Areli Vázquez Juárez. Con el capítulo 3, llamado Recopilación de costos público-privado del transporte en bicicleta, en automóvil y el transporte público en León, Guanajuato, exponemos el costo público-privado diario de los medios de transporte antes mencionados en la ciudad de León a un determinado nivel de demanda de usuarios. El trabajo del capítulo 3 está basado en el estudio del Dr. Rui Wang, que expone los costos de capital, tierra y operación de diversos medios de transporte en China. Los costos de la tierra se calculan de acuerdo con otro trabajo del Dr. Wang, que estima el precio de la tierra de las ciudades chinas, en función de la distancia del centro urbano, el tamaño de la población y el PIB per cápita promedio, basado en precios de referencia de la tierra publicados por los gobiernos de las ciudades chinas. Los trabajos de Wang son adaptados para aplicarse a León, Guanajuato. Después, en el capítulo 4, llamado Resultados de la comparación de los costos del transporte en bicicleta, en automóvil y en transporte público, comparamos los costos obtenidos en el capítulo 3 de los tres modos de transporte mencionados anteriormente, para comprobar que la bicicleta es el medio de transporte menos costoso. Finalmente, en el capítulo 5, exponemos nuestras conclusiones.



Antecedentes del problema

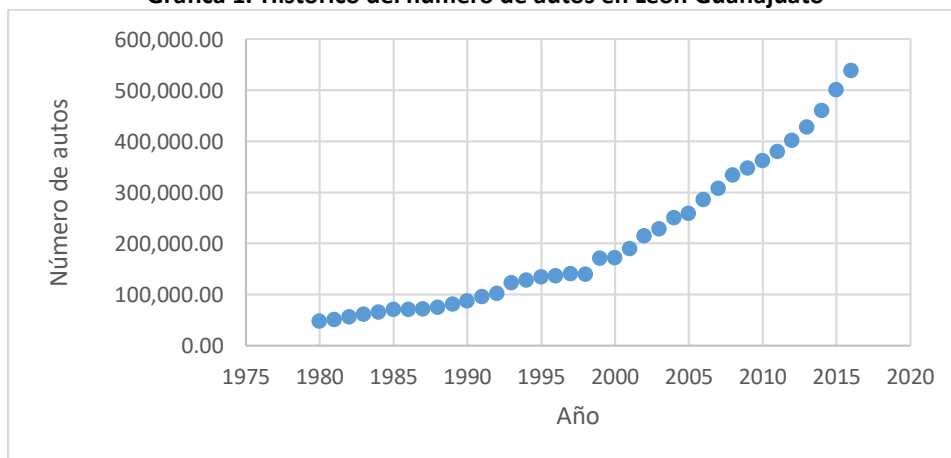
La mayoría de las ciudades en México han diseñado su infraestructura vial pensando en el transporte motorizado, especialmente para el automóvil y el transporte público, sin tomar en cuenta a los transportes no motorizados, como la bicicleta y los peatones, los cuales necesitan una infraestructura específica, la cual no es la prioridad del estado y la sociedad. Como ejemplo, es que de los 2,457 municipios que tiene registrado el INEGI en México, según el Instituto de Políticas para Transporte y Desarrollo (2016) en el año 2016 sólo 19 municipios tenían construidas ciclovías, de las cuales, en más de la mitad de los municipios no superaban los 40 km.

Esquivel (2014) menciona que las ciudades que presentan un nivel de contaminación muy alto y no tienen la infraestructura necesaria para albergar los transportes motorizados, comienzan a preocuparse por el número de vehículos motorizados y por buscar una alternativa a los mismos. La situación preocupa a las ciudades, ya que los daños ocasionados pueden ser irreversibles y la implementación de modos no motorizados (como la bicicleta) presenta grandes retos al sector público.

Como se menciona arriba, en México se les da preferencia a los medios de transporte motorizados, siendo el automóvil y camión los principales. En la ciudad de León, Guanajuato, no se les ha dado la importancia necesaria a los transportes no motorizados, hablando concretamente de la bicicleta, que como veremos en este trabajo, aunque es un medio de transporte más barato que el automóvil y el transporte público, no tiene una infraestructura digna, ni ha sido fomentado adecuadamente, prueba de lo anterior es que aún hacen falta 171 kilómetros de ciclovía en la ciudad, según Milenio (2017).

En la gráfica 1 se observa el aumento en el número de automóviles en la ciudad de León, entre 1980 y 2016. De seguir a este ritmo de crecimiento, León puede llegar a tener un problema de movilidad.

Gráfica 1. Histórico del número de autos en León Guanajuato



Elaboración propia con datos de INEGI.

*Los datos con los que se elaboró la gráfica 1 están en el anexo 1.



No sólo los usuarios y la sociedad en general se han percatado del rápido crecimiento del parque vehicular, sino también líderes de opinión y de asociaciones, los cuales han detectado que en el 2025 circularán más de 900, 000 automóviles en la ciudad leonesa:

El parque vehicular en León, Guanajuato, creció un 70% en los últimos 10 años, de continuar de esa manera la tendencia, en el año 2025 en la ciudad de León transitarán más de 900 mil autos. Debido a lo anterior, el Estado debe realizar inversiones en infraestructura vial, ya que la existente infraestructura no crece al mismo ritmo que el parque vehicular (Urbina, K. 2017).

En el año 2017, el líder en Guanajuato de la Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores (AMDA), Arturo González Palomino, dio la advertencia de que los números del parque vehicular en León, son una bomba de tiempo en cuestión de materia vial (Urbina, K. 2017).

El aumento en el parque vehicular también está relacionado con el aumento en la probabilidad de tener un accidente de tránsito.

En León no hay datos públicos detallados sobre su tasa de accidentes viales. Se conoce que en 2016 el estado de Guanajuato tuvo una tasa de accidentes viales del 4.8%, esto lo ubicó como el cuarto lugar con accidentes en lugares de jurisdicción federal. Además, Guanajuato fue el lugar 14 del país en cuanto a la tasa de accidentalidad terrestre, con 12% de los accidentes del país (Ruiz, K. 2016).

El aumento genera tráfico y por ende estrés en los ciudadanos, lo cual inevitablemente reduce su rendimiento en el día a día y su calidad de vida. Es muy importante que para evitar esto, se tomen medidas para impulsar el transporte en bicicleta y la mejora en el transporte público. Desgraciadamente se tienen pocos estudios sobre el transporte no motorizado en León, Guanajuato. Concretamente hay deficiencia de estudios del transporte en bicicleta en la ciudad.

Existen muy pocos estudios sobre el transporte en bicicleta, ya que sólo están los realizados por el IMPLAN y la ENES, León. El estudio de IMPLAN, el cual es el Plan Maestro de Ciclovías, habla sobre las ciclovías existentes en León, pero no es muy exacto en las cantidades de ciclistas que circulan por la ciudad, ya que el estudio fue realizado en 2009 y no se ha vuelto a actualizar como puede verse en la página Web de IMPLAN y en el Plan Maestro de Ciclovías (2016). El estudio de la ENES, León, realiza un conteo mucho más exacto de la cantidad de ciclistas que circulan en León, siendo un primer diagnóstico actualizado, sin llegar a tocar temas de política pública. Hay una falta de información objetiva sobre la importancia, beneficios y costos que conlleva el transportarse en bicicleta, por lo que es difícil, tanto para la sociedad, como para el gobierno impulsar esta opción.

Como se mencionó arriba, existe deficiencia en la literatura sobre el transporte en bicicleta, en cuanto a las ventajas, beneficios y costos. Al tener poca información, es difícil tomar decisiones correctas respecto al ciclismo como una opción para resolver los problemas



ambientales y de congestión. La bicicleta tiene múltiples beneficios para la salud, la calidad de vida, y la movilidad, que la sociedad conoce poco. Como ejemplo de lo anterior, la bicicleta reduce los riesgos de padecer obesidad y estrés. Otro hecho es que la Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México afirma que la bicicleta se ha convertido en el medio de transporte más rápido en dicha ciudad, esto debido a su gran cantidad de tráfico.

Un beneficio para tomar en cuenta, es la diferencia en los precios de transportarse en bicicleta, transporte público o automóvil, porque se refleja en un costo de oportunidad en la economía de las personas. Es decir, al elegir un medio de transporte que les resulta caro, los individuos pierden otras opciones o inversiones, como educación, esparcimiento y salud.

México es un país en vías de desarrollo, por lo que su población no tiene un nivel económico como los países del primer mundo, sin embargo, los países más desarrollados como los Países Bajos, más concretamente Holanda, han optado por la bicicleta como un medio de transporte alternativo. Lo anterior debido a los beneficios ambientales y económicos que trae consigo el ciclismo, como lo menciona el Plan Director Ciclable, “la adquisición y mantenimiento de una bicicleta de uso diario supone un costo para los usuarios 30-40 veces inferior al de los vehículos motorizados, además de no precisar combustible para su funcionamiento” (Plan Director Ciclable 2002: 21). Mencionado lo anterior, su costo es tan reducido y la mayoría de las personas tienen más a su alcance la bicicleta que medios de transporte motorizado, es importante tomar en cuenta la bicicleta como una alternativa al automóvil y al transporte público.



Justificación

Los tres puntos a continuación son las justificaciones y las razones por las que se lleva a cabo el presente trabajo.

- Una de las justificaciones que es importante, es el costo de transportarse en bicicleta, ya que no se han realizado estudios de costos públicos o privados del transporte en bicicleta y del transporte público o el transporte en automóvil en la ciudad de León, Guanajuato, no obstante, el Dr. Rui Wang ha realizado estos estudios para ciudades chinas, en el cual ha tenido por resultado que la bicicleta es un medio de transporte más económico que el automóvil o el autobús. Debido a lo anterior es justificable que se realicen estudios de costo público-privado en la ciudad de León, ya que esto ha ayudado a confirmar que el transportarse en bicicleta es más económico que transportarse en camión o en automóvil.
- Tener un estudio en el que estén expuestas las ventajas y beneficios de la bicicleta como medio de transporte, a modo de ampliar el conocimiento de las personas sobre este mismo, es importante ya que ayuda a fomentar una alternativa al automóvil y al transporte público.
- Puesto que el Plan Maestro de Ciclovías del IMPLAN no da información muy precisa del número de ciclistas en León, está justificado que existan trabajos que expongan la cantidad de ciclistas que circulan en León y su situación actual.

El analizar el transporte en bicicleta es importante, ya que es una posible solución para los problemas de congestión y contaminación que presenta León. La bicicleta es un modo de transporte amigable con el medio ambiente y existen lugares con un gran avance económico como Holanda, que han optado por la bicicleta como un medio de transporte. Además de lo anterior la bicicleta cuenta con gran presencia en la ciudad de León, Guanajuato y es pertinente ser analizada para comprender más del beneficio hacia la ciudad.

El crecimiento del parque vehicular en la ciudad de León, no está a la par con el crecimiento y la mejora de la infraestructura como se mencionó en los antecedentes. En un futuro si no se toman medidas adecuadas por todos los sectores de la población y si no se analiza la viabilidad en sistemas alternativos de transporte, la situación podría llegar a ser problemática o una bomba de tiempo como mencionó Arturo González Palomino, líder en Guanajuato de la Asociación Mexicana de Distribuidores de Automotores (AMDA) en 2017 (Urbina, K. 2017). Por ejemplo, en CDMX el transportarse en automóvil o transporte público se ha convertido en una gran cantidad de tiempo perdido debido a su congestión, además de que es una ciudad en crisis ambiental (Reina, E. 2019).



La bicicleta es un modo de transporte, que ha sido impulsado en ciudades alrededor del mundo, porque es respetuoso con el medio ambiente, ayuda a la salud de los usuarios y por esto mejora su calidad de vida (Esquivel, O. 2014: 9).

Debido a los pocos estudios que existen sobre el transporte en bicicleta en León, muchas personas sólo saben lo que la cultura general concibe por transporte en bicicleta y eso no es del todo correcto. Tener información equivocada puede ser más riesgoso que no tener información, por lo que es importante que exista un estudio que nos revele el costo público-privado diario a determinada demanda de usuarios de la bicicleta el transporte público y el automóvil. Con lo anterior se sustenta a la sociedad y al estado, que el impulso al transporte en bicicleta puede resolver los problemas de movilidad y medio ambiente que actualmente presenta la ciudad de León.

Para tener un panorama más claro de los beneficios proporcionados por el ciclismo, situación actual del transporte en bicicleta en la ciudad de León, estructura del costo público-privado diario y para ayudar a dar fomento al mismo, lo cual puede ser la solución a los problemas antes expresados, es por lo que se lleva a cabo este trabajo.

Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las ventajas en velocidad, espacio y costo económico para el usuario y la sociedad, el transportarse en bicicleta en comparación al transporte en automóvil y el transporte público?
- ¿Cuáles son los beneficios de transportarse en bicicleta en el bienestar de las personas?
- ¿Cuál es la cantidad de personas que usan la bicicleta como medio de transporte a diario durante la hora pico en León, Guanajuato?
- ¿Cuáles son los costos públicos y privados del transporte en bicicleta, transporte en automóvil y el transporte público en horas pico en la ciudad de León, Guanajuato?
- ¿Cuánta es la diferencia de los costos públicos y privados del transporte en bicicleta, transporte en automóvil y el transporte público en horas pico en la ciudad de León, Guanajuato?

Hipótesis

Los costos de usar una bicicleta en León, Guanajuato, son inferiores a los de conducir un automóvil, una motocicleta o utilizar el transporte público. La bicicleta es un modo de transporte muy utilizado en León, Guanajuato.



Objetivos

Objetivo general

Contar con un estudio cuantitativo que compare el costo público-privado diario a una determinada demanda de usuarios para el transporte en bicicleta, transporte público y automóvil. Además de lo anterior se buscará obtener información sobre los beneficios más relevantes del uso de la bicicleta como medio de transporte.

Objetivos específicos

1. Revisar estudios de costos sobre la bicicleta, el automóvil y el transporte público, realizados en otras ciudades y ver si pueden ser aplicados a León, Guanajuato.
2. Investigar razones por las cuáles es importante fomentar el ciclismo para disminuir el congestionamiento de las ciudades y la contaminación.
3. Realizar un estudio de costos público-privado, de la bicicleta, el automóvil y el transporte público, con diferentes volúmenes de tráfico.
4. Comparar los costos obtenidos en el objetivo 3, para cuantificar las diferencias.



Capítulo 1. Fomento al ciclismo

Este capítulo se concentrará en exponer los beneficios económicos para la sociedad del uso e impulso de la bicicleta, así como los beneficios y ventajas individuales del mismo. El capítulo es meramente una entrada hacia la información existente, ya sea de instituciones públicas o privadas sobre los temas que aborda. Los temas en cuestión, son el impulso del uso de la bicicleta en León, Guanajuato; beneficios económicos para la sociedad por impulsar la bicicleta y ¿cuáles son las ventajas y beneficios para los usuarios de la bicicleta? Dicha información está respaldada por las referencias que acompañan a la misma, por lo que el presente trabajo sólo las expondrá.

La siguiente información es de fuentes confiables, el propósito de documentarla y presentarla, es informar a los lectores de este trabajo, de los resultados de investigaciones que han sido hechas en otros trabajos, ya sean nacionales o extranjeros. Por lo que este capítulo expone información que ayudará a aumentar el conocimiento que las personas tengan acerca de los beneficios de la bicicleta y respaldara que es un medio de transporte que debe ser tomado en cuenta por la sociedad organizada y el Estado.

1.1. Impulso del uso de la bicicleta en León, Guanajuato

Una estrategia impulsada por el gobierno para dar fomento al transporte en bicicleta es la construcción y optimización de distintas ciclovías, para hacer el ciclismo más seguro en la ciudad de León (Plan Municipal de Desarrollo, León. 2015: 45). Si bien esta estrategia ha tenido resultados positivos, como por ejemplo la rehabilitación de la ciclovía del Boulevard Torres Landa; aún no se han construido ciclovías suficientes en zonas peligrosas para andar en bicicleta. El periódico AM (2018) menciona que hay zonas inseguras por el alto flujo de automóviles, como es la zona centro, Libramiento José María Morelos, boulevard Juan Alonso de Torres, boulevard Timoteo Lozano, Delta, Francisco Villa, La Luz y López Mateos, en las que no hay espacio para construir ciclovías, por lo que sigue siendo difícil y peligroso transitar en bicicleta por esas zonas. En otras palabras, el estado ha hecho un trabajo eficiente en reparar ciclovías dañadas en León, pero no ha construido ciclovías en las zonas donde son indispensables.

La sociedad civil organizada, usa como estrategia para dar fomento a la bicicleta, la organización de paseos o “rodadas” en ambientes controlados. La rodada es un recorrido organizado por el colectivo ciudadano a favor del uso de la bicicleta, “Ponte las ruedas, Saca la bici”, realizado cada miércoles, en el que diferentes personas llevan sus bicicletas y recorren varias partes de la ciudad. Dicha rodada reúne 600 ciclistas en promedio cada miércoles (Ponte las ruedas, Saca la bici. 2018).

El impulso en León, Guanajuato, de la bicicleta no ha sido tan efectivo como en otras ciudades de Latinoamérica y el resto del mundo, siendo por eso que se mantiene como la cuarta ciudad en Latinoamérica, con el mayor número de kilómetros de ciclovías y número de ciclistas, pero no avanzando más allá. (Gobierno de León, 2018).



Por ejemplo, en América Latina se ha impulsado el uso de la bicicleta por sistemas compartidos por medio de estaciones a lo largo de la ciudad. Ríos et al. (Citado por Jakovcevic et al. 2015: 4) menciona que en América Latina y el Caribe las ciudades que ya cuentan con sistemas de bicicletas compartidas son 12. Estos sistemas se componen de estaciones distribuidas en diferentes puntos de la ciudad, donde las personas toman una bicicleta por un tiempo limitado y realizan un viaje hacia otra estación.

Con el impulso de la bicicleta se pretende la reducción de problemas y la búsqueda de la eficiencia energética. Dora et al. (Citado por Jakovcevic et al. 2015: 4) dice que la meta de los sistemas de bicicletas compartidas, es instalar la bicicleta como un modo de transporte en la ciudad, para que su uso masivo permita reducir problemas sociales y ambientales relacionados con la salud física y mental de la población, los embotellamientos, la vida de los entornos urbanos, el cambio climático y la dependencia del petróleo. Lo anterior se resaltarán más en la sección 1.3.

Según Shaheen et al. (Citado por Jakovcevic et al. 2015: 4) la promoción del uso de la bicicleta es una política muy empleada para contrarrestar los efectos negativos del uso del automóvil en los grandes centros urbanos y mencionan que en los últimos 10 años, los sistemas de bicicletas compartidas se han vuelto populares por el mundo en múltiples ciudades.

1.2. Beneficios económicos para la sociedad por impulsar el uso de la bicicleta

Si la sociedad no estuviera dispuesta totalmente a transportarse a todos lados en bicicleta, ya sea el Estado o la sociedad, podrían darle un fomento para incluirla en las actividades cotidianas de los ciudadanos con el fin de minimizar los males de congestión y contaminación del automóvil.

Pero malestares de congestión y contaminación no es lo único que puede resolver el impulso a gran escala del uso de la bicicleta, ya que también existen beneficios económicos para la sociedad, los cuales están comprobados en otras ciudades del mundo. En la parte siguiente se enlistan algunos de los beneficios económicos que trae a la sociedad el impulsar el uso de la bicicleta.

1. Los negocios locales están llenos de vecinos

En Quito, Ecuador, el barrio “La Floresta” ha logrado rescatar las calles de la presencia dominante del automóvil. El mercado municipal de la zona, casi abandonado, se ha fortalecido al ganarle espacio al tráfico y el número de visitantes y clientes se ha multiplicado por 3. Ahora existen negocios de pequeños emprendedores que viven en el mismo barrio y ofertan productos orgánicos, ropa, artesanías, muebles, etc. Las calles mejoraron de apariencia, hay plantas, sillas de descanso en las banquetas, se disfruta de un ambiente auténtico y se tiene contacto con las personas de la zona. Ciudadanos van sólo para caminar y terminan



comprando algo. La mayoría de los clientes de los negocios son de hecho los mismos pobladores del barrio (Ramírez, J. 2017).

2. En bicicleta llevas menos, pero regresas más veces
La gente que va en auto no siempre es mejor cliente. Según Heart Foundation (2011) en ciudades donde se han aplicado sistemas de transporte no motorizados, el acceso a espacios públicos ha aumentado el flujo de clientes en comercios locales. Heart Foundation (2011) afirma que:
 - Ciclistas y peatones compran menos, pero de manera más frecuente, 11 veces al mes en promedio, frente a 7 de los automovilistas.
 - Aproximadamente el 75% de los automovilistas realizan sus compras en lugares a los que pudieran llegar a pie o en bicicleta. En promedio compran dos bolsas de artículos, pero generan tráfico.
 - Por cada dólar que se gasta en negocios locales, se generan 3 veces más beneficios para las economías locales que cuando se compra en grandes cadenas transnacionales.
3. Menos autos, más clientes
Girar una cuadra para entrar en un gran estacionamiento, implica por lo menos 30 minutos y ocupa bastante espacio destinado exclusivamente a autos, que normalmente transportan uno o dos pasajeros. En cambio, en el espacio que ocuparía un auto caben de 6 a 10 bicicletas. Si se hacen cálculos, no es difícil darse cuenta cómo incrementaría el número de clientes en zonas amables con peatones y ciclistas (Ramírez, J. 2017). El espacio en bicicleta se profundizará más en la sección 1.3.
4. Las zonas “bike friendly” aumentan la plusvalía de negocios y propiedades
En el Times Square en Nueva York, se implementaron reformas para mejorar el espacio público. Una zona con bastante tráfico, insegura, sin lugares para la recreación o para caminar, fue mejorada por la alcaldía de Nueva York con una plaza peatonal. Pusieron asientos, lugares para congregarse y limitaron las calles de acceso para que hubiera más peatones, el resultado:
 - La gente permanece más tiempo en la zona, 84% se quedan a leer, comer algo o permanecen ahí para otras actividades.
 - El 42% de los residentes de Nueva York compran en el vecindario más a menudo (Ramírez, J. 2017).
5. Con mayor cantidad de peatones y ciclistas, surgen nuevos negocios
Al haber más peatones y ciclistas, se abrió una nueva pizzería en Barcelona y un sistema de estacionamiento seguro para bicicletas en Madrid. Alrededor de las bicicletas se desarrollan iniciativas económicas con innovación. El cambio de paradigma en el tráfico genera nuevos negocios que al mismo tiempo potencian identidades locales. Agricultura urbana en Santiago de Chile, ferias artesanales de productos hechos con materiales locales, cerveza artesanal, repartidores en



bicicleta como Uber Eats, comida tradicional, espacio para músicos, artistas, juguetes tradicionales, iniciativas que ponen en valor lo local frente a la producción en serie, que implican los productos industriales. Hay valores agregados, la gente que camina o va en bicicleta mejora su salud y se aleja de los hospitales, esto le ahorra al país millones de dólares en el sistema de salud pública (Ramírez, J. 2017).

1.3. ¿Cuáles son las ventajas y beneficios para los usuarios de la bicicleta?

A continuación, se mencionarán los beneficios que concede a los usuarios el utilizar la bicicleta como medio de transporte. Es importante mencionar que en esta sección se exponen beneficios económicos, de salud, movilidad y medio ambiente, por lo que nuestro trabajo será un documento de referencia para consultar esta información.

La bicicleta tiene beneficios, no sólo para la salud sino para la calidad de vida de los usuarios. De acuerdo con Eriksson et al. (Citado por Jakovcevic et al. 2015: 4) además de los beneficios que se obtienen a largo plazo, el usar de manera frecuente la bicicleta produce mejoras en el estado de salud, entretenimiento, ahorro de dinero y tiempo al viajar de los usuarios. De hecho, evidencias recientes indican que la satisfacción con el viaje se relaciona con la satisfacción en la vida. Friman et al. (Citado por Jakovcevic et al. 2015: 4) comentan que los ciclistas junto con los peatones muestran mayor satisfacción con sus viajes diarios que los usuarios de otros modos de transporte.

Rodríguez y Joo (Citado en Esquivel, O. 2014: 9) sostienen que los viajes que se realizan en transporte no motorizado (que por lo general son en bicicleta), son los viajes que se pretende sean los que actúen de manera favorable en la salud física y mental, además de que beneficie la actitud de los viajeros o usuarios.

A continuación, se mencionan algunas de las ventajas y beneficios más importantes para los usuarios de la bicicleta.

a) Eficiencia energética y de desplazamiento

Cuando se analiza la relación entre energía que se utiliza y distancia que se recorre, desde el punto de vista energético, la bicicleta constituye el modo de transporte más eficiente (PROBICI, 2010: 28). En el Plan Director Ciclable (Citado en Esquivel, O. 2014: 22) se sostiene que cuando se fabrica una bicicleta sólo es necesario una fracción de la energía que se utiliza para fabricar un vehículo a motor. Un automóvil completamente ocupado, es decir, que esté completamente lleno de usuarios mientras viaja, consume 12 veces más recursos que una bicicleta y la bicicleta consume 50 veces menos recursos que un coche en el que va una sola persona.

El uso de la bicicleta sólo consume energía del propio cuerpo humano, lo que ofrece las siguientes ventajas (IDAE, 2007: 14):



- Independencia respecto a otros países.
- Autonomía energética.
- No necesita instalaciones de suministro de combustible como gasolineras.
- Recurso energético no agotable y gratuito.
- Accesible a casi todo el mundo desde el punto de vista energético.

b) Contaminación y ruido

Según Pozueta (2000) el congestionamiento hace los traslados más lentos y por ende se contamina más. En otras palabras, el congestionamiento hace más grande el consumo de recursos no renovables, la contaminación, el ruido y la utilización del espacio público urbano por vehículo.

La bicicleta por otro lado emite una contaminación casi nula, la cual es bastante controlable y no afecta la salud de las personas como lo menciona PROBICI:

Las emisiones contaminantes de la bicicleta son muy pequeñas frente a las que presentan los vehículos motorizados, mayormente en los viajes cortos, donde las emisiones del automóvil son mucho mayores. Además, la bicicleta contribuye a la reducción del cambio climático causado por la emisión de gases de efecto invernadero ocasionados por el transporte en automóvil y el transporte público (PROBICI, 2010: 30).

En la figura 1 se puede observar un ejemplo de cómo es el tránsito vehicular en León, Guanajuato, donde se nota claramente un fuerte congestionamiento, lo que hace los viajes más cortos y por ende más contaminantes.

Figura 1. Vista general del tránsito vehicular en la ciudad de León.



Fotografía de Silvia Millan



La bicicleta no consume combustible y no emite contaminantes, por lo que cuenta con ciertos beneficios medio ambientales (PROBICI. 2010: 34):

- No emite gases contaminantes para la atmósfera, de la que el vehículo motorizado es el máximo responsable.
- La contaminación acústica es inferior a la causada por los vehículos motorizados.
- No son consumidores de suelo, sólo en la construcción de las infraestructuras necesarias para su uso.
- Fomentan la disminución de la congestión del tránsito y del transporte público, gracias al cambio de elección de los usuarios con respecto a sus desplazamientos diarios.

c) Salud

Puesto que México es el país con la mayor tasa de obesidad en el mundo, fomentar la bicicleta, también podría ayudar a mitigar o disminuir este problema. No sólo debería ser fomentado por lo anterior, sino que también tiene otros beneficios para la salud.

Geus (Citado en Esquivel, O. 2014: 23) comenta que, según datos de la Organización Mundial de la Salud, al utilizar diariamente la bicicleta los usuarios tienen hasta un 50% menos riesgos de contraer enfermedades cardiovasculares y hasta un 30% menos en enfermedades respiratorias, los usuarios experimentan un mayor rendimiento cognitivo, sufren menos estrés y puesto que realizan actividad física se reducen los problemas de salud mental como la ansiedad y la depresión.

Akar and Clifton (Citado en Esquivel, O. 2014: 24) sostienen que, si fueran difundidos de forma más amplia los beneficios que la bicicleta da a la salud de las personas, más gente se daría cuenta que el desplazamiento en bicicleta es una oportunidad de ejercitarse. Pucher and Dijkstra (Citado en Esquivel, O. 2014: 24) concuerdan con lo anterior puesto que el transportarse en bicicleta es la forma más económica, sencilla y segura de ejercitarse diariamente que las personas necesitan.



Figura 2. Andar en bicicleta da beneficios a la salud.



Fotografía de Areli Vázquez Juárez.

La figura 2 muestra a dos personas sentadas junto a su bicicleta y a un hombre de mediana edad andando en la suya. Las personas pueden optar por mejorar su salud transportándose en bicicleta sin importar su edad, género o condición económica y con eso mejoraran su calidad de vida.

El uso de la bicicleta trae beneficios fisiológicos como psicológicos a los usuarios que las utilizan de manera constante como medio de transporte (Plan Director Ciclable, 2002: 21):

-Beneficios fisiológicos

- La actividad física reduce el riesgo de padecer: enfermedades cardiovasculares, tensión arterial alta, cáncer de colon y diabetes.
- Ayuda a controlar el sobrepeso, la obesidad y el porcentaje de grasa corporal.
- Fortalece los huesos, aumentando la densidad ósea.
- Fortalece los músculos y mejora la capacidad para hacer esfuerzos sin fatiga (forma física).

-Beneficios psicológicos

- La actividad física mejora el estado de ánimo y disminuye el riesgo de padecer estrés, ansiedad y depresión; aumenta la autoestima y proporciona bienestar psicológico.

d) Costo

Es muy importante resaltar que los costos de un automóvil son mucho más elevados que los que tienen la bicicleta como menciona el Plan Director Ciclable y Pozueta:



La compra y mantenimiento de una bicicleta para uso diario tiene un costo 30-40 veces menor al de los vehículos motorizados, además de que no necesita combustible para funcionar (Plan Director Ciclable 2002: 21).

Según Pozueta (Citado en Esquivel, O. 2014: 25) la pérdida de tiempo, los retrasos de viajes y mercancías, el estrés, el estancamiento o que pierdan valor los inmuebles, la caída de la actividad económica en las áreas que presentan congestión, por la reducción de su competitividad frente a otros; lo anterior son algunos de los más importantes costos socioeconómicos del congestionamiento o tráfico (como es comúnmente llamado).

Los costos de la bicicleta en comparación con los del automóvil se profundizarán más en el capítulo 3.

e) Rapidez

Según la secretaria de movilidad de la Ciudad de México, la bicicleta se ha convertido en el medio de transporte más rápido, con una velocidad de 16.4 km/h; le sigue el automóvil con 15 km/h, el transporte público con 13.3 km/h y el metro con 11.9 km/h. De seguir el crecimiento del parque vehicular de la misma manera en León, Guanajuato, es probable que esta situación se replique.

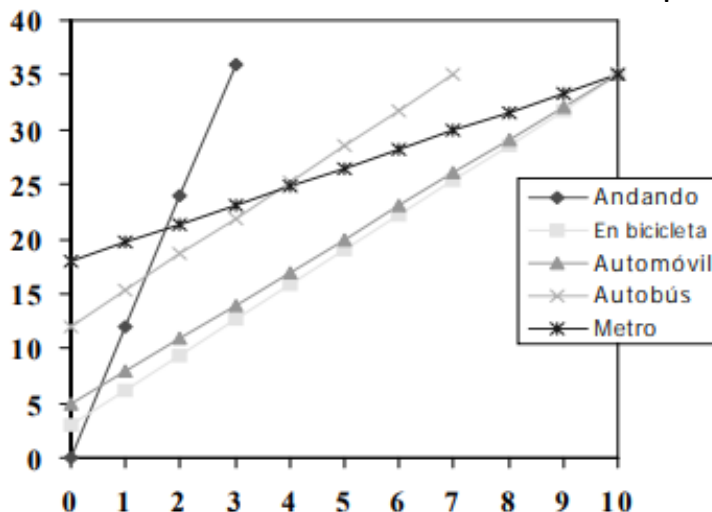
PROBICI y Pozueta mencionan algunas de las características de la velocidad de la bicicleta:

La velocidad promedio al transportarse en bicicleta en lugares urbanos ronda los 15-20 km/h, ya tomando en cuenta las paradas o disminución de pedaleo por los cruces y otras circunstancias de tráfico (PROBICI, 2010: 28).

Según Molina (Citado en Pozueta, 2000: 7) y como puede verse en la gráfica 2, evaluando el estudio de la velocidad comercial de los diferentes medios de transporte, realizado en Londres, el desplazarse a pie presenta el resultado óptimo en cuanto a velocidad, hasta los 300-500 metros de distancia. Según Pozueta (2000) la bicicleta parece ser el más eficaz en distancias de hasta 7 o 10 Kms, mientras el Metro sería el más eficaz a partir de esa distancia, en la que, también el automóvil alcanza los buenos rendimientos de la bicicleta, pero no llega a los del metro. Frente al Metro o al automóvil, el autobús resulta siempre desfavorecido por tener que sumar a sus pérdidas de tiempo en las paradas, la lenta velocidad comercial de la calzada, que comparte con los automóviles.



Gráfica 2. Velocidad urbana de los distintos medios de transporte.

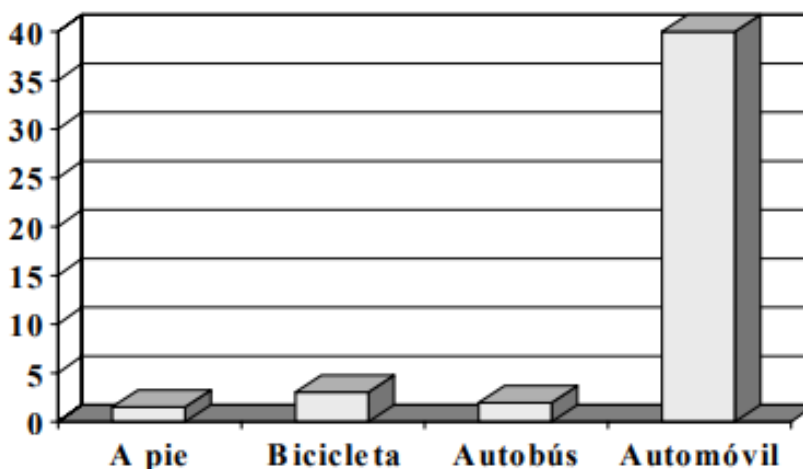


Fuente: Molina, 1980 en Pozueta, 2000: 8.

f) Espacio que se utiliza en infraestructura

Donde claramente el automóvil está en última posición es en cuanto a la ocupación de espacio urbano (Pozueta, 2000: 8). Molina (Citado en Pozueta, 2000: 8) sostiene que calculando el espacio que en teoría utiliza una persona que realiza viajes en cualquier medio de transporte, las personas que viajan en vehículo privado resultan ocupar hasta 15 veces más espacio que un ciclista y más de 20 veces lo que un pasajero de autobús o un peatón; lo anterior puede visualizarse en la gráfica 3 y en la figura 3.

Gráfica 3. Ocupación de suelo por medio de transporte.



Fuente: Molina (1980) en Pozueta, 2000: 9.



g) Descongestión y revitalización del entorno urbano

El uso de la bicicleta por muchas personas puede recuperar y otorgar el valor al entorno urbano de las ciudades por (Plan Director Ciclable 2002: 22):

- La descongestión del tráfico motorizado en los centros de las ciudades.
- La revitalización de zonas poco frecuentadas a determinadas horas del día como consecuencia del incremento de la presencia de peatones y ciclistas, complementadas con las acciones arquitectónicas correspondientes.

h) Calidad de vida

La calidad de vida se define como la percepción del individuo sobre su posición en la vida dentro del contexto cultural y el sistema de valores en el que vive y con respecto a sus metas, expectativas, normas y preocupaciones. Es un concepto extenso y complejo que engloba la salud física, el estado psicológico, el nivel de independencia, las relaciones sociales, las creencias personales y la relación con las características sobresalientes del entorno (Organización Mundial de la Salud, 1998: 28).

Al aumentar la calidad de vida medioambiental, permitir un mayor disfrute de la ciudad y el entorno, reducir la intrusión en el paisaje, promover la comunicación social y favorecer la equidad, la bicicleta mejora la calidad de vida y es síntoma de progreso, tal y como lo demuestra su impulso y utilización en los países más desarrollados de Europa como Dinamarca, Holanda y Alemania (Esquivel, O. 2014: 28).



Figura 3. Espacio requerido por modo de transporte.



Fotografía de el poster "La guía de utilidades del viajero urbano" de International Sustainable Solutions. Recuperado de: <https://bit.ly/2VYMOYz>



En la figura 4 se puede apreciar la ruta ciclista del Rin en Alemania. Alemania ha sido destacada por ser uno de los mayores impulsores de las energías verdes y por ende del transporte en bicicleta, gracias a estos aspectos es uno de los países con mejor calidad de vida en el mundo.

Figura 4. Ruta ciclista del Rin en Alemania.



Fotografía de Germany Simply Inspiring. Recuperado de: <https://bit.ly/2TysMfG>

Conclusiones del capítulo 1

Como se revisó a lo largo de este capítulo, existe evidencia de que la bicicleta es un medio de transporte no sólo amigable con el medio ambiente sino también con otros factores, como la salud, el espacio que utiliza y la velocidad. Ya que resulta ser un medio de transporte eficiente en medias y cortas distancias, debe ser tomado en cuenta por todos los usuarios del transporte público y automovilistas, como una alternativa para transportarse a sus trabajos, con esto lograrán mejorar su salud, su calidad de vida y lo más importante, preservarán el medio ambiente de su ciudad.

Además de las ventajas en salud, espacio y velocidad, la bicicleta beneficia aspectos psicológicos como la reducción de riesgo de padecer depresión y mejora la satisfacción con la vida. En este capítulo se expusieron ventajas y beneficios con el propósito de informar y aumentar el conocimiento de las personas sobre la bicicleta.



Capítulo 2. Estudio de caso: Antecedentes del ciclismo en León, Guanajuato

En el presente capítulo discutiremos principalmente dos temas:

1. Una breve descripción de las características importantes de la ciudad de León, Guanajuato.
2. Presentar la situación actual del ciclismo en la ciudad de León, Guanajuato. En particular, estimar el número de ciclistas que circulan a diario durante la hora pico en la ciudad de León. Para ello hablaremos del conteo ciclista llevado a cabo por la Escuela Nacional de Estudios Superiores, unidad León, dirigido por la Dra. Areli Vázquez Juárez y en el cual participé como voluntario.

El capítulo se divide en tres secciones: Medio natural en León, Guanajuato, Infraestructura construida en León, Guanajuato y Aforos ciclistas. En los dos primeros se hace una descripción de las características de medio ambiente e infraestructura en León, resaltando la información vehicular sobre lo demás. En el tercero se hace un resumen de cómo fue el modo de trabajo y las estrategias al realizar los conteos ciclistas, así como mi trabajo como voluntario. Finalmente tenemos el número promedio de ciclistas que transita a diario durante la hora pico en León y con las estadísticas respectivas para el conteo realizadas por la Dra. Areli Vázquez Juárez y el Dr. Juan Miguel Ruiz Zepeda. El número de ciclistas que transita en León lo utilizaremos en el estudio de costos de los capítulos 3 y 4.

Es importante señalar que este capítulo, en especial la sección 2.3., es informativo. La sección 2.3 explica cómo se estima el número de ciclistas que transitan a diario en León en la hora de máxima demanda. Este dato es sumamente importante para poder conseguir el costo público-privado de la bicicleta, el automóvil y el transporte público, lo cual es el objetivo principal de esta tesis. Además, queremos documentar y presentar el uso de la bicicleta en León.

En la sección 2.4. se informará sobre la situación del ciclismo en León, Guanajuato. Al saber el número de ciclistas que transitan a diario durante la hora pico en la ciudad y las estadísticas más importantes, una persona puede darse cuenta de la relevancia que el transporte en bicicleta tiene para un sector de la población en nuestra ciudad.

Algunos de los datos necesarios para los cálculos que se realizarán en el capítulo 3 se consiguieron en los resultados del conteo ciclista de la ENES León. La razón por la que se describirá el conteo entero, en lugar de describir la parte en la que participó el autor de esta tesis, es que todo formará parte de un solo trabajo. Ya que, si se exponen las actividades en las que participó el autor de esta tesis, haría quedar esta sección como un sinsentido o algo incomprensible, por lo que presentaremos el trabajo completo que fue realizado durante 2016 y 2017.



2.1. Medio natural en León, Guanajuato

El ámbito de estudio es la ciudad de León, Guanajuato, la cual aparece en la Figura 5. El municipio de León se ubica entre los flancos guanajuatenses de los Altos de Jalisco y la Sierra de Guanajuato; colinda con los siguientes municipios: al norte con San Felipe y Lagos de Moreno (Jalisco), al sur con San Francisco del Rincón y Romita, al este con Guanajuato y Silao, al oeste con Purísima del Rincón y Unión de San Antonio (Jalisco).

Tiene una extensión territorial aproximada de 1,280 km², equivalentes al 4.8% de la superficie del estado (Plan Municipal de Desarrollo. León, 2015: 6). León es el municipio más poblado del estado de Guanajuato, al concentrar una población de 1 millón 578 mil 626 habitantes (INEGI, 2015) que representan el 26.97% de la población estatal.

Figura 5. Mapa de Guanajuato y León.

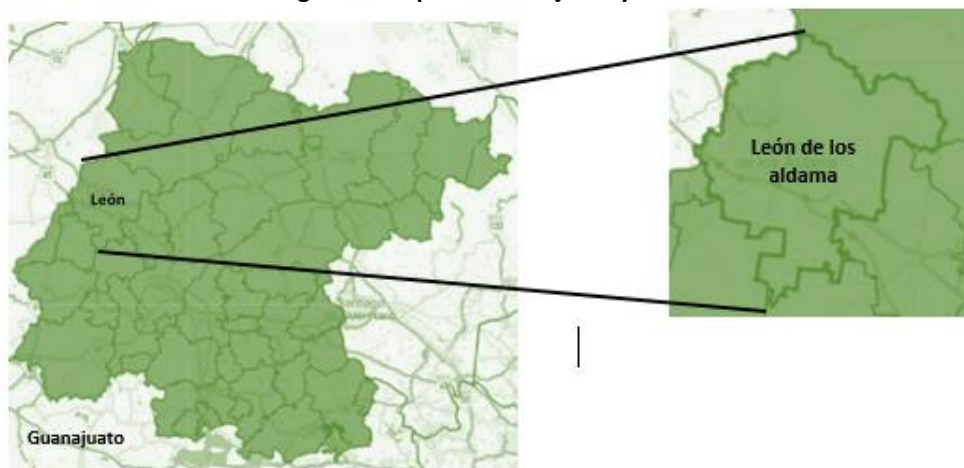


Imagen de León de los Aldama tomada de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapas/>

A medida que se camina hacia el norte de la ciudad, el terreno es cada vez más montañoso hasta encontrar la Sierra de Comanja o de Ibarra, en los confines con los municipios de Ocampo y San Felipe. Hacia el noreste está el Cerro del Gigante (2,884 metros), la mayor elevación en el distrito. El noroeste es también montañoso. El centro del municipio, el suroeste, sur y sureste, se ve sembrada de maíz, cebada, papa y otros cultivos. Al sur-suroeste se hallan vallados, especialmente en Santa Rosa, Los Sapos, San Pedro del Monte, La Sandía y Santa Ana del Conde. Casi todos los terrenos bajos del municipio se ven cubiertos de mezquites y pirules; en las regiones montañosas son comunes los nopales, casahuate, patoles y garambullos (Presidencia Municipal de León, 2018).

El clima es templado, muy benigno todo el año. Su temperatura media anual es de 19.2°C. La precipitación pluvial media anual es de 697.6 milímetros; los vientos dominantes provienen del oeste, la temperatura máxima es de 35.3°C y la mínima de 0°C (Presidencia Municipal de León, 2018).



2.2. Infraestructura construida en León, Guanajuato.

El entorno urbano está caracterizado por tres factores, los patrones del uso del suelo (destinos y actividades), el sistema de transporte (infraestructura física y tipos de servicios) y el diseño urbano definido como las cualidades estéticas de los patrones del uso del suelo (Handy, 2005).

2.2.1. Patrones de uso del suelo

Según con cartografía de uso del suelo (2011), el 38.4% del municipio está ocupado por zonas agrícolas de riego, humedad y temporal, el 19.4% por la zona urbana y asentamientos humanos, el 36.3% con algún tipo de cobertura vegetal, mientras que el 5.9% corresponde a otras categorías (Instituto Municipal de Planeación de León, 2015: 16).

2.2.2. Sistema de transporte

El ritmo de crecimiento de la infraestructura vial primaria, no va a la par con el alto índice de crecimiento del parque vehicular en la ciudad de León, el cual se ha incrementado a una tasa de 8% anual en los últimos 15 años. Es probable que en 25 años el número de vehículos en León aumente de 428 mil 493 a más de 1 millón 200 mil (Plan Municipal de Desarrollo. León, 2015: 21).

El presidente ejecutivo en 2017 de la Asociación Mexicana de Distribuidores de Autos en el estado de Guanajuato, Arturo González Palomino, reveló:

Del 2000 al 2016 existe un aumento del 49 por ciento en el número de autos que circulan en León. El parque vehicular aumentó de 350 mil 953 a 523 mil 216 unidades. De esta cantidad, ocho de cada diez vehículos son nuevos, la demanda de automóviles se deriva de factores económicos como atractivas tasas de interés, el empleo, facilidades, migración, entre otras (Pedroza, R. 2017).

El crecimiento del parque vehicular se debe a las facilidades que actualmente existen para conseguir un automóvil en León, Guanajuato. Otra de las razones como se menciona arriba es el crecimiento económico de la ciudad. Es recomendable que el estado, el sector privado y la sociedad organizada tomen cartas en el asunto.

Según el Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO), lo que les compete a los gobiernos municipales es replantear sus prioridades en el diseño de espacio público, para favorecer ante todo a peatones, ciclistas y personas en silla de ruedas, lo cual no es sólo construir ciclovías, sino también señalamientos viales y estacionamientos para ciclistas en lugares seguros.



2.2.2.1. Caracterización del tránsito

El problema principal en cuanto al tránsito en León, Guanajuato, es el tráfico. En la figura 6 se muestra la demanda a la hora pico. Como ciudadanos o usuarios de transporte, basta con salir a la calle alrededor de las 7:30 am para experimentar problemas de movilidad por la ciudad. Esto anterior es debido (como ya se mencionó antes) a la insuficiencia de la infraestructura en la ciudad.

En León existen algunos problemas de congestión que reportan los conductores en vías primarias y secundarias. Recordemos que:

- Vías Primarias son avenidas que tienen como función facilitar el tránsito vehicular entre distintos puntos de la ciudad, pueden o no ser controladas por semáforos y generalmente cuentan con carriles exclusivos para transporte público y/o bicicletas. Sobre ellas los vehículos alcanzan altas velocidades, la velocidad máxima permitida es de 60 kilómetros por hora (RVIAL, 2015).
- Vías secundarias tienen la función de permitir el acceso a predios y facultar el flujo de tránsito vehicular no continuo. Ejemplos de ellas son calles y avenidas de tránsito local con topes y reductores de velocidad, solamente se pueden alcanzar 40 kilómetros por hora como máximo (RVIAL, 2015).

Según el reglamento de tránsito municipal de León, Guanajuato, todos los bulevares son vías primarias, las calles y avenidas son vías secundarias. La información concerniente al congestión (además de quejas de los usuarios) es la siguiente:

Juan Pablo II, el distribuidor vial que se inauguró en 2007, no resistió 20 años de vida útil que fue lo que predijo el estudio de Ingeniería de Tránsito con el que se basó su construcción. Entre las 7 y 8:30 de la mañana, el puente más alto del distribuidor vial Juan Pablo II se satura de vehículos que van en dirección a Silao. El tráfico se paraliza en esa hora y los autos que esperan subir al distribuidor Juan Pablo II se extiende por más de un kilómetro sobre el bulevar Morelos, hasta avenida Olímpica (Durán, V. 2016).

La dirección de Obra Pública Municipal estima que tan sólo en el boulevard Aeropuerto, circulan 123 mil vehículos; en el boulevard Torres Landa 23 mil y en el boulevard Aristóteles, la única entrada y salida a Las Joyas, 10 mil vehículos, todo esto entre 7 y 8:30 de la mañana (Santana, G. 2016).

El Plan Municipal de Desarrollo hizo un estudio sobre la movilidad y detectó crecimiento vehicular, planteándose como reto el solucionarlo. Es importante señalar que seguir apostando a la infraestructura en transporte motorizado, podría acarrear, el caer en errores como los del puente Juan Pablo II, mencionado anteriormente; además de que no sólo el tráfico es el problema.



El Plan Municipal de Desarrollo de León, Guanajuato, registró poco mantenimiento en las distintas vías, así como poca integración de los cruceros semaforizados. Se reveló además que la principal causa de contaminación proviene del transporte público y privado, que aportan el 55.71% de las emisiones totales de contaminantes en la atmósfera (Santana, G. 2016).

Figura 6. La salida a Silao es una con más tráfico en la ciudad.



Imagen de Periódico AM (2017), recuperado de: <https://bit.ly/2TAp8SO>

2.2.2.2. Transporte público urbano

A continuación, se resumirán las características del transporte público urbano de la ciudad de León, Guanajuato, según el Plan Municipal de Desarrollo de León, 2015.

En cuanto al Sistema Integrado de Transporte (SIT), la ciudad adoptó el modelo de desarrollo de ciudades sustentables e inició operaciones en el año 2003, con una oferta de más de 220 mil viajes diarios en las líneas troncales. Posteriormente, el SIT se consolidó como la columna vertebral de la movilidad al satisfacer la demanda de más del 79.1% de los viajes diarios que se realizan en transporte público en la zona urbana, lo que representa el 44.7% de la cobertura de la red de rutas actuales con un recorrido aproximado de 1,556 kilómetros. El SIT cuenta con cinco estaciones de transferencia: Delta, San Jerónimo, San Juan Bosco, Santa Rita y Timoteo Lozano. Existen 60 paraderos distribuidos sobre 31 km de las principales vialidades de la zona urbana. Operan 83 rutas, de las cuales 58 son alimentadoras, 20 son auxiliares y 5 son troncales (Plan Municipal de Desarrollo. León, 2015: 18).

Actualmente, se cuenta con 1 mil 700 autobuses de transporte público colectivo de ruta fija, distribuidos en 100 rutas urbanas (sin contemplar los ramales de las rutas) y se realizan 800 mil viajes diarios dentro de la zona urbana; a nivel sub-urbano el transporte cuenta con 14 rutas y 40 autobuses para la prestación del servicio (Plan Municipal de Desarrollo. León, 2015: 18).



Las rutas del transporte suburbano atienden el 2.6% de la demanda de viajes municipales, dando servicio del 100% a las principales localidades, esto representa una cobertura del 19.7% de las rutas municipales. A pesar de lo anterior, se observa la falta de mantenimiento de los autobuses, la amplitud en horarios efectivos primordialmente en las noches y los pavimentos en vialidades (Plan Municipal de Desarrollo. León, 2015: 19).

Las rutas remanentes cubren el 18.3% de la demanda de viajes diarios y representan el 35.5% de la cobertura de rutas con un recorrido aproximado de 1,231 km. A pesar de la amplia cobertura existen algunas zonas de la ciudad en donde estas rutas no prestan el servicio como al norte de la zona de la presa de El Palote, al poniente del polígono de Las Joyas y al sur oriente sobre la salida al municipio de Silao (Plan Municipal de Desarrollo. León, 2015: 19).

En los ocho polígonos de desarrollo se cuenta con algunos avances en la vialidad para dar acceso al transporte público, sin embargo, actualmente aún existen vialidades que son usadas por el transporte público que se encuentran en terracería (Plan Municipal de Desarrollo. León, 2015: 19).

2.3. Afors Ciclistas

El propósito principal de la siguiente sección es presentar una estimación del número de ciclistas que transitan a diario durante la hora pico en la ciudad de León. Este dato es indispensable, ya que se utilizará en los cálculos que se realizarán en el capítulo 3. Para conseguir el dato anterior se participó como voluntario y ayudante en el conteo ciclista dirigido por la Doctora Areli Vázquez Juárez de la ENES, León.

En particular, la sección 2.3 describirá como fue el proceso para contar el número de ciclistas que circulan a diario durante la hora pico en la ciudad de León, explicando el aforo ciclista de la ENES, León, dirigido por la Dra. Areli Vázquez Juárez. Al final del capítulo se presenta un listado para especificar cuáles fueron las actividades del autor de esta tesis durante dicho conteo. El autor de la tesis participó en los conteos ciclistas principalmente para obtener los datos que necesitaba para sus cálculos, así como apoyo en distintas actividades que se mencionarán más adelante.

2.3.1. Datos históricos

La sección siguiente es la explicación de la elaboración de los conteos ciclistas. Para esta parte del estudio sobre el transporte no motorizado en León, Guanajuato, se tomó como base el “Manual Conducting bicycle and pedestrian counts a manual for jurisdictions in Los Angeles country and beyond”.

Primeramente, fue necesario revisar los conteos anteriormente realizados. Se tienen datos sobre los conteos realizados en el año 2009 por el IMPLAN (Instituto Municipal de Planeación), el cual cuenta (desde el año 2009) con el Plan Maestro de Ciclovías, cuya meta



máxima es la construcción de 540 km de ciclovías. Para dicho objetivo es necesaria la recopilación de información con respecto al flujo de ciclistas de distintas zonas de León, Guanajuato.

Los datos del conteo de IMPLAN son de 2009, pero dan información sobre la dinámica de los ciclistas. El estudio realizado en ese año nos recuerda la importancia de realizar estudios sobre el transporte no motorizado en León, Guanajuato, ya que según el IMPLAN, la bicicleta tiene una gran importancia como medio de transporte en la ciudad, ya que existen zonas con un flujo de más de 120 ciclistas por hora (Como se ve en la Figura 7).

Los días que se escogieron para la elaboración de los conteos de la ENES, León, fueron jueves y viernes de 7:00 am a 9:00 am. La primera razón para esto es tener un conteo de un día entre semana, martes, miércoles o jueves y un día del fin de semana, a fin de corroborar variaciones entre los días. Y la segunda razón es el tema de los voluntarios que ayudaron en el conteo, ya que los días y horas que se seleccionaron se acomodaban a sus horarios.

Sólo se realizaron conteos en horario matutino, el manual citado anteriormente, especifica que se deben de contar en la mañana y en la tarde, ya que el horario escogido es antes y durante el momento del viaje de la población a sus trabajos, escuelas, ejercicio, etc. Pero podemos concebir a estas personas saliendo durante la mañana y regresando por el mismo camino durante la tarde-noche. Para justificar esto, y comprobar que es igual de factible realizar conteos durante la mañana, durante la tarde y durante la noche, se realizó una prueba t pareada de los datos del conteo que realizó IMPLAN. IMPLAN realizó un conteo de 8 horas en diversos puntos de la ciudad que serán mencionados y especificados en la sección 2.3.3 llamada “Selección y cantidad de puntos para conteos” y los dividieron en ciclistas que pasan por un determinado aforo durante la mañana y durante la tarde; los conteos realizados por IMPLAN se presentan en las tablas 2 y 3.

Recordemos que una prueba t pareada se caracteriza por medir a un mismo grupo en cierta condición antes y después de aplicar una variable. Nos permite identificar si existen diferencias estadísticamente significativas cuando comparamos dos grupos de datos, permitiéndonos conocer si el cambio que haya recibido un grupo de datos se debe al efecto de la variable independiente que aplicamos anteriormente.

En nuestro caso, la variable independiente sería el tiempo, los primeros datos fueron tomados en la mañana y los segundos por la tarde. Lo que queremos comprobar, es que no hay diferencia estadística de tomar los datos en la mañana a tomarlos en la tarde.

Las tablas 2 y 3, están divididas en los puntos en los que los ciclistas se dirigen de norte a sur (y en ese mismo punto, los que se dirigen del sur al norte) dividido a su vez, en mañana (AM) y tarde (PM). Pasa lo mismo, en los puntos en los que los ciclistas se dirigen de este a oeste (y en ese mismo punto, los que se dirigen del oeste al este), en este caso también se dividen en mañana y tarde.



Para la prueba se sumaron los datos para tener el flujo de ciclistas de los aforos durante la mañana y la tarde en una sola tabla, es decir, se sumaron los flujos de norte a sur de la mañana, con los de sur a norte de la mañana. Posteriormente se sumaron los flujos de este a oeste de la mañana, con los de oeste a este de la mañana, haciendo lo mismo con los datos de la tarde. Todo esto con el propósito de tener los flujos totales de los ciclistas de los aforos durante la mañana y durante la tarde, esto se observa en la tabla 4. En la gráfica 4 se observa la comparación de los 2 flujos ciclistas de la tabla 4.

Tabla 2.

Tendencias de Flujos



Fase II

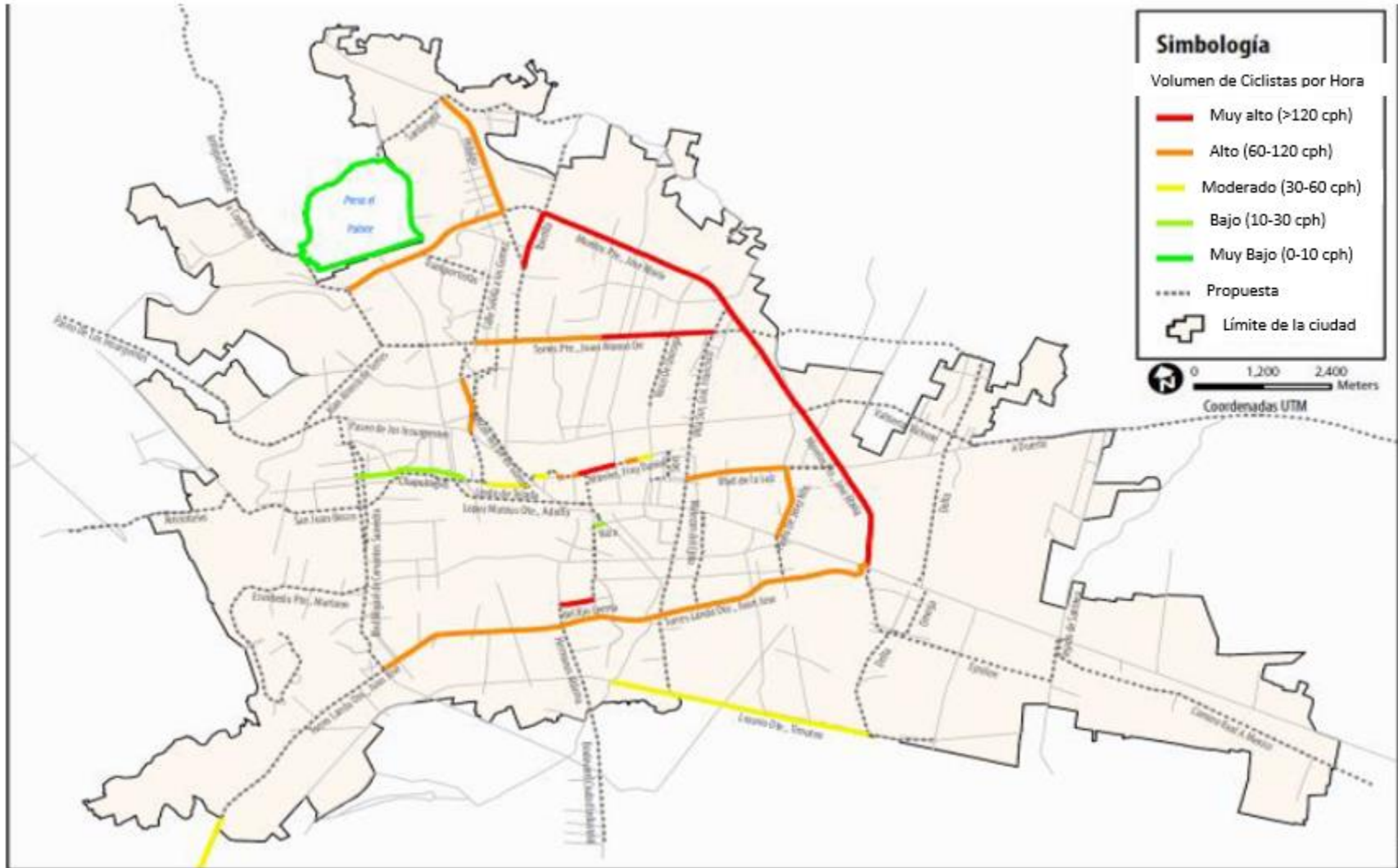


Numero de Aforo	Ubicación	NS_AM	NS_PM	SN_AM	SN_PM
2	BLVD. HERMANOS ALDAMA	167	218	158	161
3	AV. CIUDAD DE ASIS	157	122	109	151
4	BLVD. DELTA	248	352	232	226
6	BLVD. SAN PEDRO	54	47	59	43
7	BLVD. FRANCISCO VILLA	213	297	263	172
10	PROLONGACION JUAREZ	153	94	133	80
15	BLVD. FRANCISCO VILLA	325	122	128	306
17	BLVD. ANTONIO MADRAZO	713	239	181	520
18	BLVD. HIDALGO	357	211	95	146
19	SALIDA A LOS GOMEZ	312	326	162	449
20	BLVD. MANUEL DE AUSTRI	260	238	169	155
23	BLVD. ARISTOTELES	65	169	145	82
26	BLVD. HERMENEGILDO BUSTOS	231	130	101	258
27	BLVD. HIDALGO	348	234	324	445
29	BLVD. JOSE MA. MORELOS	716	393	437	701

Fuente: IMPLAN, PMCF2, 2010: 17.



Figura 7. Volumen de ciclistas



Fuente: IMPLAN, PMCF1, 2009: 4

Tabla 3.

Tendencias de Flujos



Fase II



Número de Aforo	Ubicación	EW_AM	EW_PM	WE_AM	WE_PM
1	BLVD. TIMOTEO LOZANO	204	205	98	454
5	BLVD. EPSILON	294	175	135	357
8	BLVD. TIMOTEO LOZANO	429	223	109	251
9	BLVD. JUAN JOSE TORRES LANDA	259	238	116	222
11	AV. OLIMPICA	748	283	208	676
12	BLVD. LA LUZ	358	205	293	186
13	BLVD. VICENTE VALTIERRA	436	171	214	284
14	BLVD. LA LUZ	592	423	390	611
16	BLVD. TELLEZ CRUCES	621	384	350	518
21	BLVD. SAN JUAN BOSCO	87	238	207	133
22	BLVD. MARIANO ESCOBEDO	31	74	6	22
24	CAMINO A COMANJA	191	57	89	223
25	AV. TRANSPORTISTAS	54	33	30	55
28	BLVD. JOSE MA. MORELOS	271	264	287	236

Fuente: IMPLAN, PMCF2, 2010: 18.



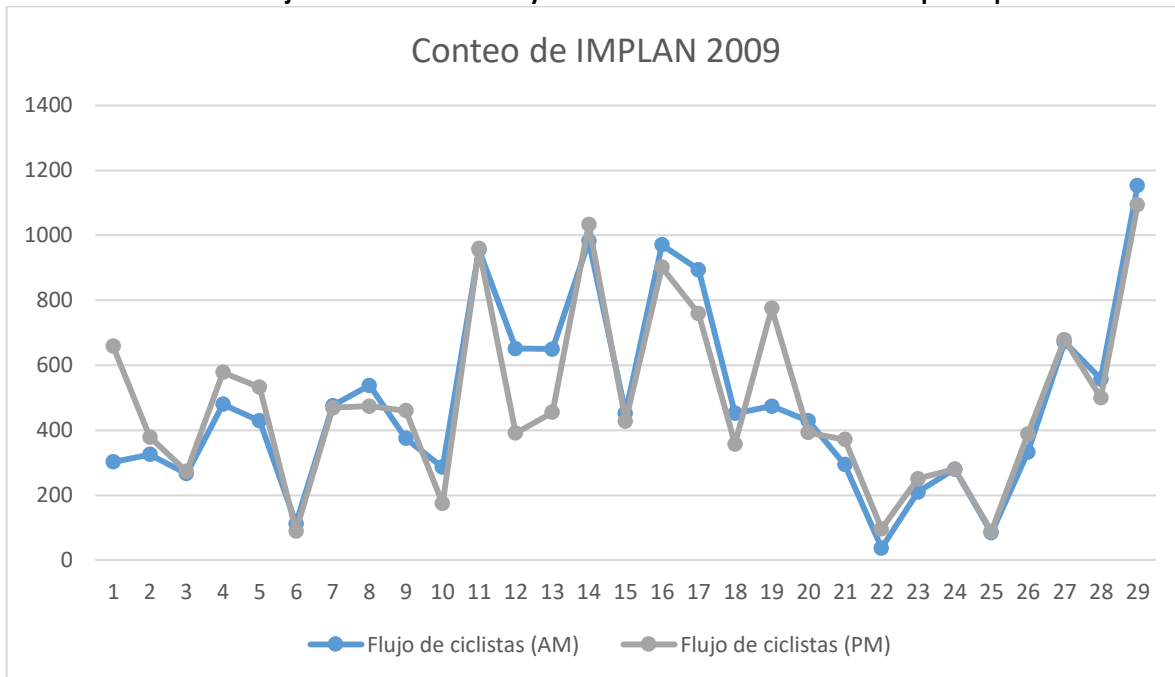
Tabla 4. Unión de los flujos ciclistas de la tabla 2 y 3

# Aforo	Flujo de ciclistas (AM)	Flujo de ciclistas (PM)
1	302	659
2	325	379
3	266	273
4	480	578
5	429	532
6	113	90
7	476	469
8	538	474
9	375	460
10	286	174
11	956	959
12	651	391
13	650	455
14	982	1034
15	453	428
16	971	902
17	894	759
18	452	357
19	474	775
20	429	393
21	294	371
22	37	96
23	210	251
24	280	280
25	84	88
26	332	388
27	672	679
28	558	500
29	1153	1094

Fuente: Elaboración propia con los datos de la tabla 2 y 3.



Gráfica 4. Flujo durante la mañana y la tarde de los conteos realizados por Implan.



Elaboración propia con los datos de la tabla 4.

Para la realización de la prueba t pareada, se usó la tabla 4. Recordemos que una prueba t pareada se caracteriza por medir a un mismo grupo en cierta condición antes y después de aplicar una variable. Nos permite identificar si existen diferencias estadísticamente significativas cuando comparamos dos grupos de datos, permitiéndonos conocer si el cambio que haya recibido un grupo de datos se debe al efecto de la variable independiente que aplicamos anteriormente.

En nuestro caso, la variable independiente sería el tiempo, los primeros datos fueron tomados en la mañana y los segundos por la tarde. Lo que queremos comprobar, es que no hay diferencia estadística de tomar los datos en la mañana a tomarlos en la tarde.

Por lo que nuestras hipótesis quedarían de la siguiente manera:

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Siendo la hipótesis nula, que nuestras medias son iguales y la hipótesis alternativa que nuestras medias son diferentes. Realizando las pruebas en el Programa Minitab, con el análisis de datos, con la prueba t para medias de 2 muestras emparejadas y un 95% de confiabilidad, se encontraron los resultados de la tabla 5.

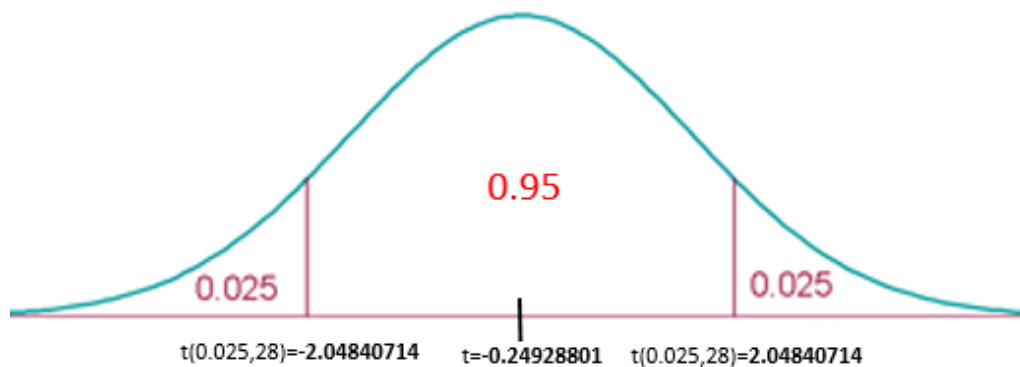


Tabla 5. Análisis de datos

	<i>flujo de ciclistas(AM)</i>	<i>flujo de ciclistas (PM)</i>
Media	486.966	492.689655
Varianza	80754.2	74399.2931
Observaciones	29	29
Coeficiente de correlación de Pearson	0.90221	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	28	
Desviación estándar	284.2	272.8
Estadístico t	-0.2493	
P(T<=t) una cola	0.40248	
Valor crítico de t (una cola)	1.70113	
P(T<=t) dos colas	0.80496	
Valor crítico de t (dos colas)	2.04841	

Fuente: Elaboración propia.

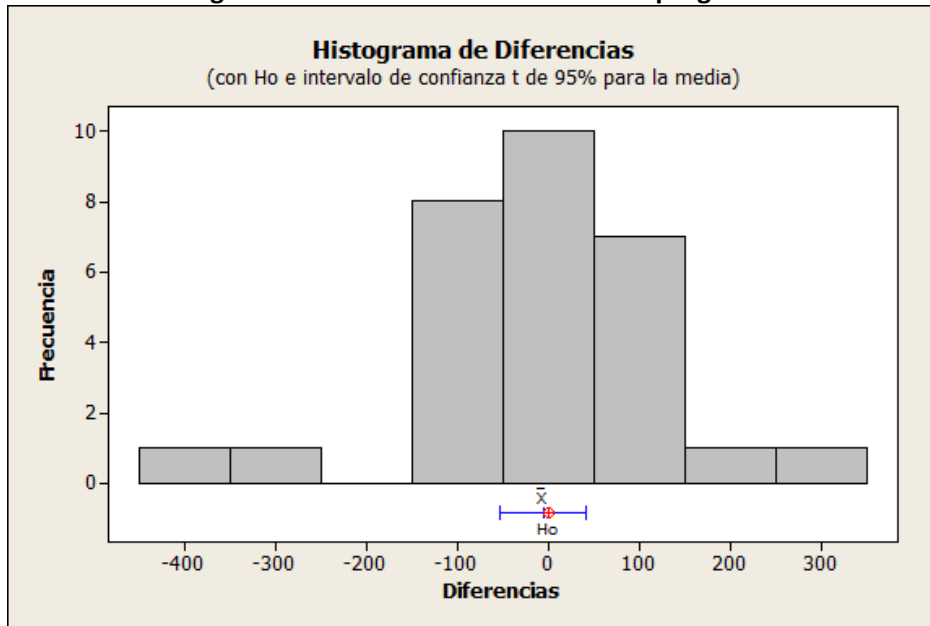
Gráfica 5. Campana de Gauss de la prueba t pareada



Fuente: Elaboración propia.

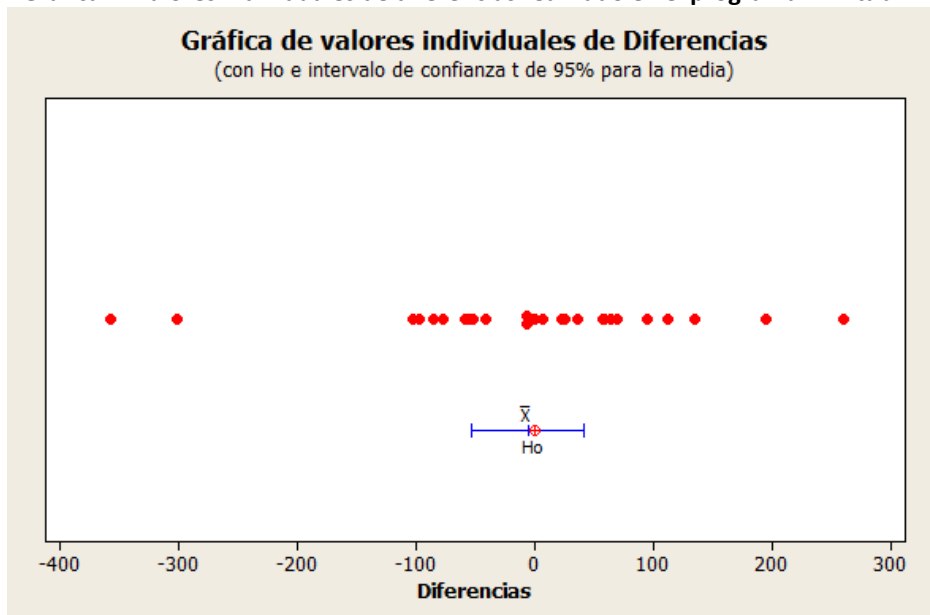


Gráfica 6. Histograma de diferencias realizado en el programa Minitab 17



Fuente: Elaboración propia.

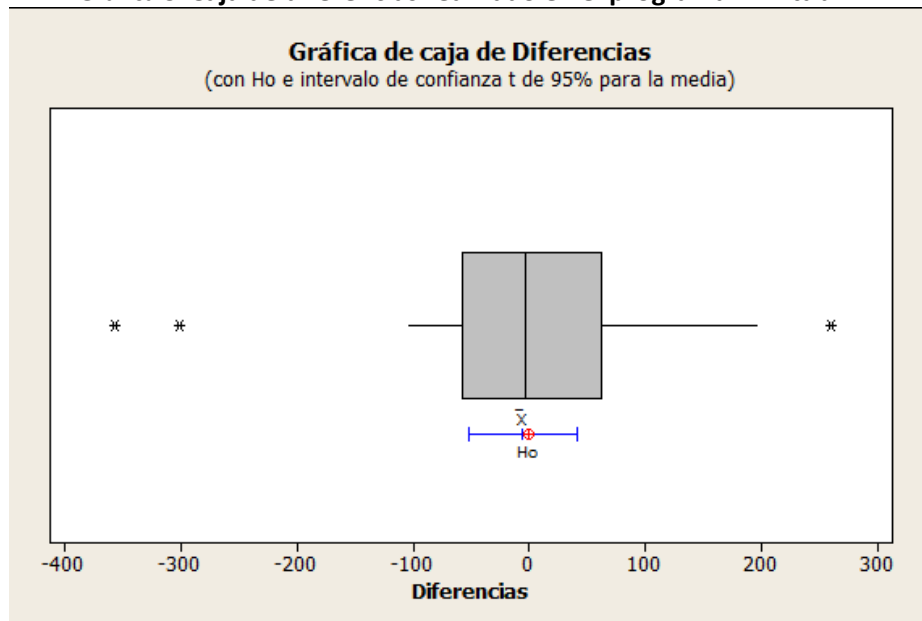
Gráfica 7. Valores individuales de diferencias realizado en el programa Minitab 17



Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 8. Caja de diferencias realizado en el programa Minitab 17



Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la campana de Gauss (Gráfica 5), el valor del estadístico está dentro del valor crítico de t, por lo que se acepta la hipótesis nula. Si se observan las gráficas 6, 7 y 8, se confirma que la media cae dentro de los rangos de la hipótesis nula, tanto en el histograma de diferencias, como en la gráfica de valores individuales de diferencias y en la gráfica de caja de diferencias. Por lo tanto, no hay una diferencia estadística, entre realizar el conteo de ciclistas por la mañana o por la tarde.

Por lo que se puede concluir que el conteo realizado durante la mañana, es equiparable, al que se realizaría por la tarde o noche, por lo que el conteo de la mañana nos sirve para conocer la máxima demanda durante la mañana o la tarde.

2.3.2. Plan de recopilación de datos

Una vez resuelto lo anterior, pasaremos a seguir explicando cómo se realizó el conteo ciclista de la ENES, León. Para poder realizar los conteos adecuadamente, se revisaron los viajes no motorizados que se considerarían relevantes para los conteos, los cuales se centrarán en la bicicleta y triciclos de carga.

- Triciclo de carga



Imagen de <https://bit.ly/2HISXQm>



- Bicicleta



Fotografía de Areli Vázquez Juárez

En un conteo manual es posible obtener el número de usuarios en contraste con el número de vehículos. Es decir, que se contaría el número de usuarios que están sobre el vehículo y se tomará la cantidad completa, si en una bicicleta van dos personas, se contarán como si fueran dos ciclistas, ya que a final de cuentas dos usuarios están utilizando la bicicleta como medio de transporte.

Para los atributos de los ciclistas se tomó en cuenta:

- Mujeres ciclistas. Ya que proporcionaría datos relevantes para indicadores de equidad y nos daría un panorama más claro de cuál es la participación de la mujer en el ciclismo en León.
- Ciclistas con casco. Para darnos datos relevantes sobre la protección que usan los ciclistas en sus viajes.
- Niños con uniforme. Para conocer cuántos viajes en bicicleta se realizan para que un alumno vaya por su cuenta a la escuela, o bien que un familiar lo lleve a la misma.
- Ciclistas con carga. Con esto obtendremos evidencia sobre el impacto económico que tiene la bicicleta en la ciudad, ya que muchos trabajadores a domicilio, como fontaneros, repartidores o albañiles, utilizan la bicicleta como un medio de trabajo.

Para considerar a los usuarios como ciclistas con carga, sería que estuvieran utilizando, ya sea sólo una caja atrás o que tuviera algún tipo de carga en sus brazos (como un tanque de gas o un garrafón de agua). Para distinguirlos durante el conteo se usó una notación que será explicada más adelante.



2.3.3. Selección y cantidad de puntos para conteos

Los conteos ya realizados, nos ayudaron a tomar la decisión de en donde actualizar los datos, así como también en qué puntos debíamos prestar más atención a la hora de realizar los conteos. Los puntos que IMPLAN tomó para realizar sus conteos están en la tabla 6.

Para nuestro conteo, como ya se mencionó, fueron considerados los puntos de IMPLAN, agregando además otros 12 puntos de importancia para nuestro análisis. Dichos puntos fueron agregados para poder completar los datos del Cicloférico, tener puntos cercanos a las estaciones de transferencia del SIT, tomar en cuenta un mapa más actualizado de las ciclovías, como el de la Figura 8 en el que todos los caminos en verde representan ciclovías ya construidas. Los puntos también se agregaron al basarnos en las recomendaciones del manual “Conducting Bicycle and pedestrian counts a manual for Jurisdictions in Los Angeles County and Beyond”.

Según el manual, los puntos para contar ciclistas o peatones pueden ser elegidos según estas características:

- Destinos que atraen a ciclistas y peatones: las escuelas, el centro de la ciudad, las principales zonas comerciales o de empleo, las zonas residenciales de alta densidad, las zonas de usos cívicos y las principales estaciones de tránsito o paradas, son algunos ejemplos.
- Instalaciones públicas para viajes no motorizados: caminos para bicicletas en la calle, senderos y puentes para peatones y bicicletas.
- Lugares específicos donde ya hay un historial de conteos no motorizados, lugares que involucran peatones o ciclistas, así como también instalaciones planificadas para viajes no motorizados.
- Lugares donde se planean nuevas instalaciones para bicicletas y peatones, de manera que los conteos puedan ser realizados antes y después de que estén construidas las nuevas instalaciones.
- Puntos cercanos al SIT.

Una de las principales sugerencias que se establecen en el manual es que “si los recursos son limitados, hay que concentrarse en lugares donde se espere observar altos volúmenes de bicicletas” (The Southern California Association of Governments [SCAG], 2013: 26).

En los conteos de la ENES, León, se tuvieron un total de 42 puntos, puesto que el número de voluntarios era reducido, no fue posible en un sólo conteo la cuantificación de los 42 simultáneamente; por lo que fueron repartidos en los distintos días de los conteos. Los puntos escogidos están en la Tabla 7 y se muestran en la Figura 9.



Tabla 6. Aforos para conteos ciclistas (IMPLAN)

# de aforo	Vialidad	Entre vialidades		Dirección	Descripción de la calle
1	TIMOTEO LOZANO	BLVD. SAN PEDRO	BLVD. PASEO DE JEREZ	Este/Oeste	Vía primaria
2	BLVD. HERMANOS ALDAMA	BLVD. JUAN JOSE TORRES LANDA	CALLE RIO CONCHOS	Norte/Sur	Vía primaria
3	AV. FCO DE ASIS (CDAD. ASIS)	BLVD. AEROPUERTO	CALLE CIUDAD VIBAR	Norte/Sur	Vía colectora
4	BLVD. DELTA	CALLE LAMBDA	CALLE ETA	Norte/Sur	Vía primaria
5	BLVD. EPSILON	BLVD. DELTA	CALLE JEREZ DE CARTAGENA	Este/Oeste	Avenida secundaria
6	BLVD. SAN PEDRO	BLVD. JUAN JOSE TORRES LANDA	BLVD. ALFREDO VALADEZ	Norte/Sur	Vía colectora
7	BLVD. GRAL. FRANCISCO VILLA	BLVD. JUAN JOSE TORRES LANDA	CALLE SANTA BERNARDITA	Norte/Sur	Vía primaria
8	TIMOTEO LOZANO	BLVD. VENUSTIANO CARRANZA	CALLE INDEPENDENCIA	Este/Oeste	Vía primaria
9	BLVD. JUAN JOSE TORRES LANDA	BLVD. LA MERCED	CALLE NUEVA YORK	Este/Oeste	Vía primaria
10	PROL. JUAREZ	BLVD. JUAN JOSE TORRES LANDA	CALLE DR. JOSE DE JESUS	Norte/Sur	Avenida secundaria
11	AV. OLIMPICA	BLVD. JOSE MARIA MORELOS	CALLE VIA CAMPOS PRIMAVERALES	Este/Oeste	Calle industrial
12	BLVD. LA LUZ	BLVD. JOSE MARIA MORELOS	CALLE DEL POTRERO	Este/Oeste	Vías de acceso
13	BLVD. VICENTE VALTIERRA	BLVD. JOSE MARIA MORELOS	CAMINO a ALFARO	Este/Oeste	Avenida primaria
14	BLVD. LA LUZ	CALLE BARRIO DE GUADALUPE	CALLE ANCHA	Este/Oeste	Calle comercial o mixta
15	BLVD. GRAL. FRANCISCO VILLA	BLVD. VICENTE VALTIERRA	CALLE FRAY DANIEL MIRELES	Norte/Sur	Avenida primaria
16	BLVD. TELLEZ CRUCES	BLVD. JOSE MARIA MORELOS	BLVD. VASCO DE QUIROGA	Este/Oeste	Calle comercial o mixta
17	BLVD. ANTONIO MADRAZO	BLVD. JUAN JOSE TORRES LANDA	BLVD. CONGRESO DE CHIPALCINGO	Norte/Sur	Avenida secundaria
18	BLVD. MIGUEL HIDALGO	RIO DE LOS GOMEZ	CALLE MARAVATIO	Norte/Sur	Avenida primaria
19	SALIDA DE LOS GOMEZ	CALLE 16 DE SEPTIEMBRE	RIO DE LOS GOMEZ	Norte/Sur	Calle comercial mixta
20	CALLE MANUEL DE AUSTRI	BLVD. SAN JUAN BOSCO	BLVD. CAMPECHE	Norte/Sur	Avenida secundaria
21	BLVD. SAN JUAN BOSCO	BLVD. MIGUEL DE CERVANTES SUR	CALLE SORIA	Este/Oeste	Calle comercial o mixta
22	BLVD. MARIANO ESCOBEDO	CALLE ARTURO SOTO RANGEL	BLVD. JUAN ALONSO DE TORRES	Este/Oeste	Arterias o vías primarias
23	BLVD. ARISTOTELES	GASOLINERA	BLVD. SAN JUAN BOSCO	Norte/Sur	Vías colectoras o avenidas secundarias
24	CAMINO A COMANJA	ACCESO A BALCONES DEL CAMPESTRE	CALLE HDA. EL SALTO	Este/Oeste	Vías colectoras o avenidas secundarias
25	TRANSPORTISTAS	BLVD. JOSE MARIA MORELOS	ARROYO DEL GRANIZO	Este/Oeste	Calle residencial
26	BLVD. HERMENEGILDO BUSTOS	TRANSPORTISTAS	BLVD. TALABARTEROS DE AURORA	Norte/Sur	Vías colectoras o avenidas secundarias
27	BLVD. MIGUEL HIDALGO	CALLE ORO	BLVD. TALABARTEROS DE AURORA	Norte/Sur	Vías colectoras o avenidas secundarias
28	BLVD. JOSE MARIA MORELOS	BLVD. MIGUEL HIDALGO	BLVD. IBARILLA (Camino Ibarilla)	Este/Oeste	Arterias o vías primarias
29	BLVD. JOSE MARIA MORELOS	BLVD. VICENTE VALTIERRA	BLVD. LA LUZ	Norte/Sur	Arterias o vías primarias
30	BLVD. ADOLFO LOPEZ MATEOS	CALLE JULIAN DE OBREGON	CALLE CHAPULTEPEC	Norte/Sur	Arterias o vías primarias

Fuente: Instituto Municipal de Planeación, PMCF2, 2009: 17.

Figura 8. Mapa con las ciclovías de León Guanajuato

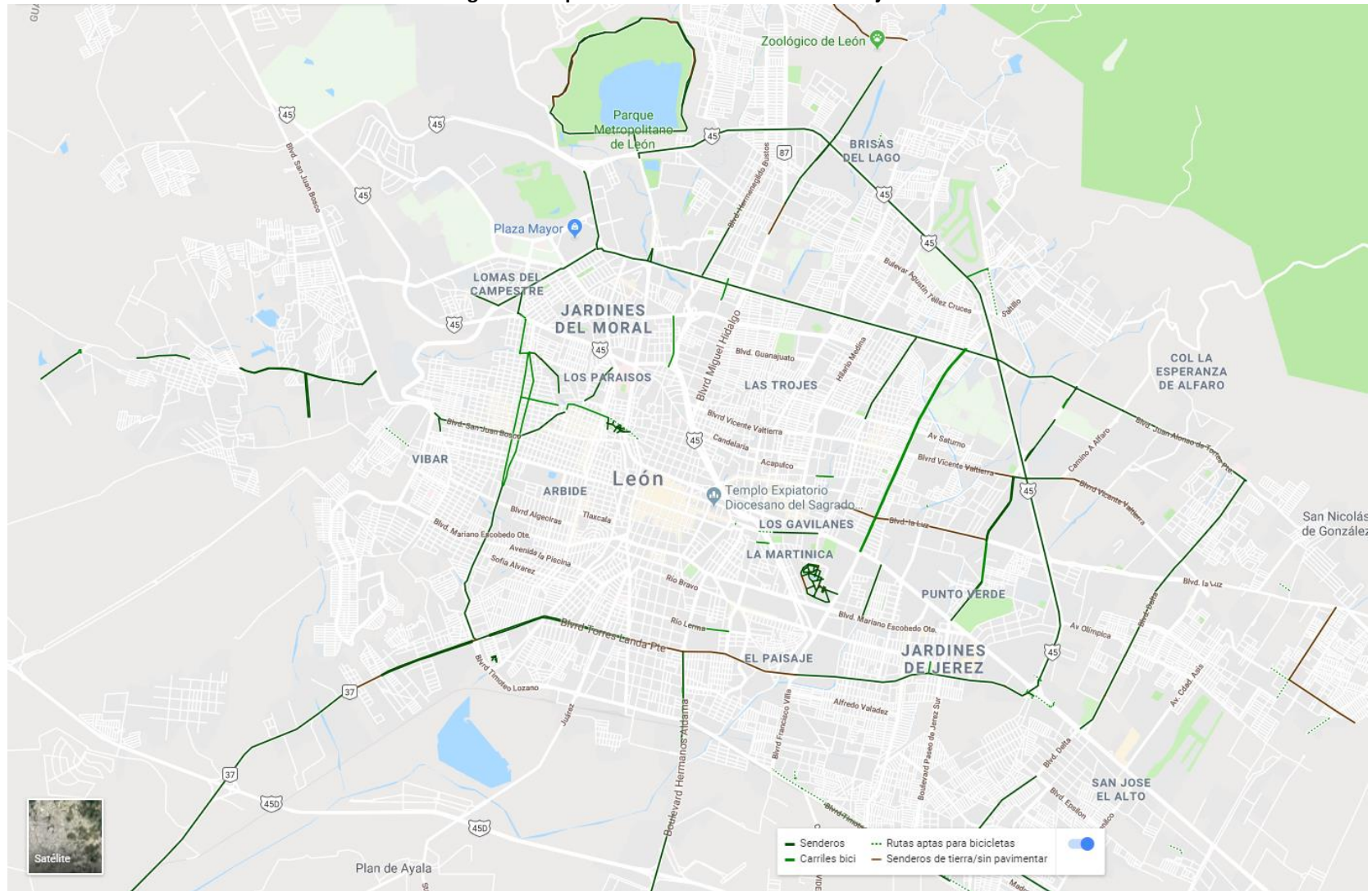
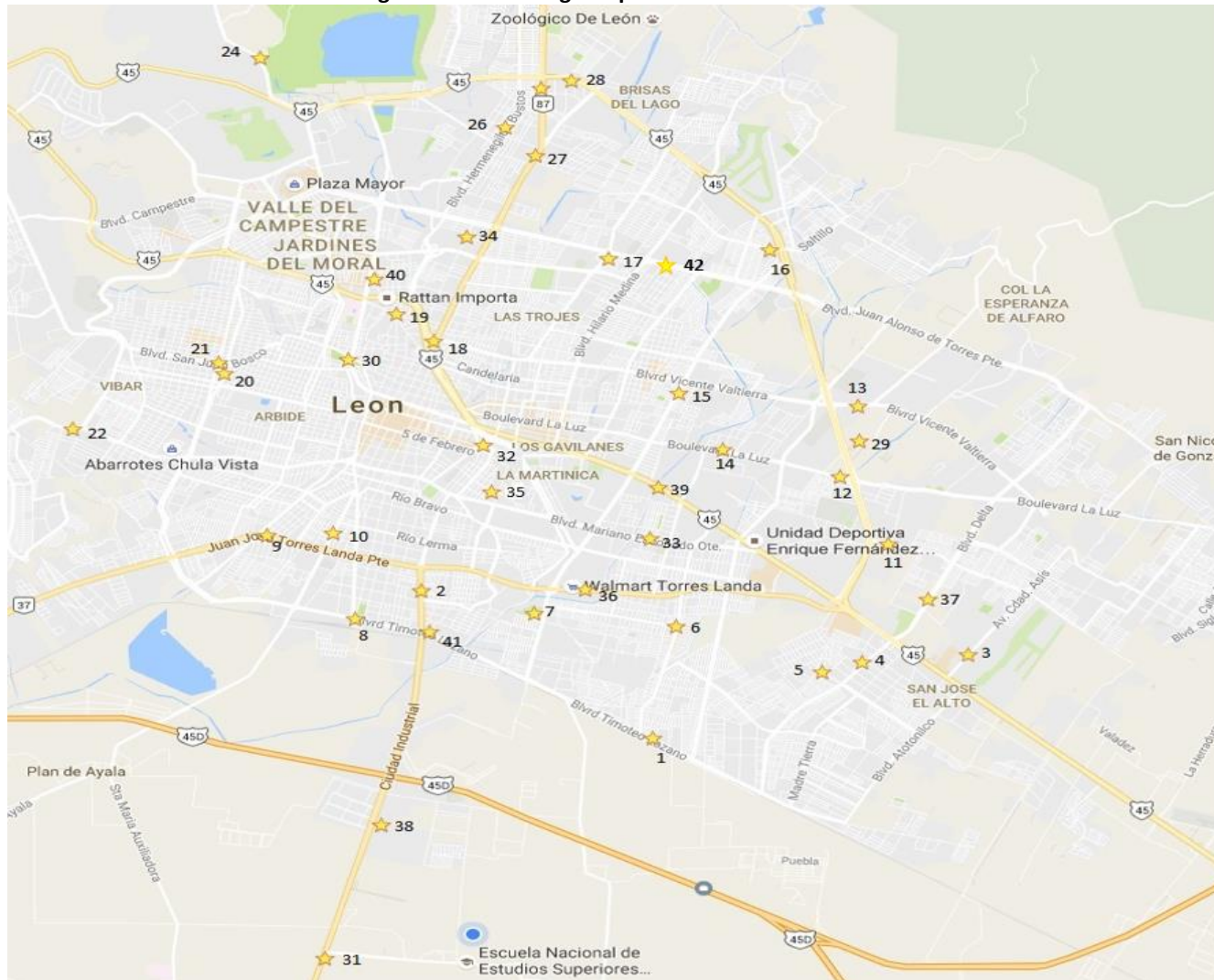


Imagen de Google Maps (2018), recuperado de: <https://bit.ly/2VWwUt>

Tabla 7. Puntos elegidos para los conteos ciclistas

	Vialidad	Entre vialidades		Dirección
1	TIMOTEO LOZANO	BLVD. SAN PEDRO	BLVD. PASEO DE JEREZ	Este/Oeste
2	BLVD. HERMANOS ALDAMA	BLVD. JUAN JOSE TORRES LANDA	CALLE RIO CONCHOS	Norte/Sur
3	AV. FCO DE ASIS (CDAD. ASIS)	BLVD. AEROPUERTO	CALLE VIVAR	Norte/Sur
4	BLVD. DELTA	CALLE LAMBDA	CALLE ETA	Norte/Sur
5	BLVD. EPSILON	BLVD. DELTA	CALLE JEREZ DE CARTAGENA	Este/Oeste
6	BLVD. SAN PEDRO	BLVD. JUAN JOSE TORRES LANDA	BLVD. ALFREDO VALADEZ	Norte/Sur
7	BLVD. GRAL. FRANCISCO VILLA	BLVD. JUAN JOSE TORRES LANDA	CALLE SANTA BERNARDITA	Norte/Sur
8	TIMOTEO LOZANO	BLVD. VENUSTIANO CARRANZA	CALLE INDEPENDENCIA	Este/Oeste
9	BLVD. JUAN JOSE TORRES LANDA	BLVD. LA MERCED	CALLE NUEVA YORK	Este/Oeste
10	PROL. JUAREZ	BLVD. JUAN JOSE TORRES LANDA	CALLE DR. JOSE DE JESUS	Norte/Sur
11	AV. OLIMPICA	BLVD. JOSE MARIA MORELOS	CALLE VIA CAMPOS PRIMAVERALES	Este/Oeste
12	BLVD. LA LUZ	BLVD. JOSE MARIA MORELOS	CALLE DEL POTRERO	Este/Oeste
13	BLVD. VICENTE VALTIERRA	BLVD. JOSE MARIA MORELOS	CAMINO a ALFARO	Este/Oeste
14	BLVD. LA LUZ	CALLE BARRIO DE GUADALUPE	CALLE ANCHA	Este/Oeste
15	BLVD. GRAL. FRANCISCO VILLA	BLVD. VICENTE VALTIERRA	CALLE FRAY DANIEL MIRELES	Norte/Sur
16	BLVD. TELLEZ CRUCES	BLVD. JOSE MARIA MORELOS	BLVD. VASCO DE QUIROGA	Este/Oeste
17	BLVD. ANTONIO MADRAZO	BLVD. JUAN ALONSO DE TORRES	BLVD. CONGRESO DE CHIPALCINGO	Norte/Sur
18	BLVD. MIGUEL HIDALGO	RIO DE LOS GOMEZ	CALLE MARAVATIO	Norte/Sur
19	SALIDA DE LOS GOMEZ	CALLE 16 DE SEPTIEMBRE	RIO DE LOS GOMEZ	Norte/Sur
20	CALLE MANUEL DE AUSTRI	BLVD. SAN JUAN BOSCO	BLVD. CAMPECHE	Norte/Sur
21	BLVD. SAN JUAN BOSCO	BLVD. MIGUEL DE CERVANTES SUR	CALLE SORIA	Este/Oeste
22	BLVD. MARIANO ESCOBEDO	CALLE ARTURO SOTO RANGEL	BLVD. JUAN ALONSO DE TORRES	Este/Oeste
23	BLVD. ARISTOTELES	GASOLINERA	BLVD. SAN JUAN BOSCO	Norte/Sur
24	CAMINO A COMANJA	ACCESO A BALCONES DEL CAMPESTRE	CALLE HDA. EL SALTO	Este/Oeste
25	TRANSPORTISTAS	BLVD. JOSE MARIA MORELOS	ARROYO DEL GRANIZO	Este/Oeste
26	BLVD. HERMENEGILDO BUSTOS	TRANSPORTISTAS	BLVD. TALABARTEROS DE AURORA	Norte/Sur
27	BLVD. MIGUEL HIDALGO	CALLE ORO	BLVD. TALABARTEROS DE AURORA	Norte/Sur
28	BLVD. JOSE MARIA MORELOS	BLVD. MIGUEL HIDALGO	BLVD. IBARILLA (CAMINO IBARILLA)	Este/Oeste
29	BLVD. JOSE MARIA MORELOS	BLVD. VICENTE VALTIERRA	BLVD. LA LUZ	Norte/Sur
30	BLVD. ADOLFO LOPEZ MATEOS	CALLE JULIAN DE OBREGON	CALLE CHAPULTEPEC	Norte/Sur
31	CARRETERA LEÓN-CUERAMARO	ENTRADA A LOS ARCOS	ENTRADA A LOS RAMIREZ	Norte/Sur
32	CALZADA DE LOS HÉROES	HORTELANOS	CALLE PROGRESO	Este/Oeste
33	BLVD. MARIANO ESCOBEDO	PRADERA	CALLE MONACO	Este/Oeste
34	JUAN DE LA BARRERA	DEL AVIO	PABLO VI	Norte/Sur
35	AV. ROMA	TEPEYAC	VENECIA	Este/Oeste
36	BLVD. JUAN JOSE TORRES LANDA	BLVD. FRANCISCO VILLA	AV. OCEANO ATLANTICO	Este/Oeste
37	BLVD DELTA	TERMINAL	SIT	Norte/Sur
38	CARRETERA LEÓN-CUERAMARO	REYMA	PREVENSION	Norte/Sur
39	PARQUE LINEAL ALFARO	LOPEZ MATEOS	MARIA ALEJANDRA	Norte/Sur
40	LOPEZ MATEOS	CAMPESTRE	PASEO DE LOS INSURGENTES	Norte/Sur
41	TIMOTEO LOZANO	JARDINES DE SAN MIGUEL	CALLE SIN NOMBRE	Este/Oeste
42	BLVD. JUAN ALONSO DE TORRES	BLVD.HILARIO MEDINA	BLVD. VASCO DE QUIROGA	Este/Oeste

Figura 9. Puntos elegidos para los conteos ciclistas



Fuente: Elaboración propia con la herramienta de Google Maps.

2.3.4. Frecuencia del conteo

Los conteos que se llevaron a cabo en 2016, fueron en los días:

- Jueves 12 de mayo.
- Viernes 13 de mayo.
- Jueves 1 de septiembre.
- Viernes 2 de septiembre.
- Jueves 10 de noviembre.
- Viernes 11 de noviembre.

Los conteos que se llevaron a cabo en 2017, fueron en los días:

- Jueves 30 de marzo.
- Viernes 31 de marzo.

2.3.5. Herramientas para la recolección de datos.

El tipo de conteo realizado es un “conteo de línea” (Screenline). Los conteos de Screenline se realizan estableciendo una línea visible o invisible a través de una carretera o acera y se cuenta el número de ciclistas que pasan sobre esa línea (The Southern California Association of Governments [SCAG], 2013: 5).

El manual o formato de conteo se realizó de una manera sencilla y se les dio una capacitación a los voluntarios. El manual contiene espacios para:

- El nombre del voluntario.
- El clima del día del conteo.
- El número del punto en el que realizó el conteo.
- El horario en el que los usuarios iban a hacer el conteo ciclista, el cual fue de 7:00 am a 9:00 am.

Dándoles además espacio para anotar el número de ciclistas mediante la siguiente notación:

Notación: l=hombre, ^=mujer, i=carga, l^c=casco, l^u=uniforme

Aparecen en los formatos flechas, que indican la dirección de los ciclistas, norte, sur, este u oeste. Los dos tipos de formatos se observan en las figuras 10 y 11.

Se optó por poner 2 voluntarios en los diferentes puntos ya que en los conteos hubo voluntarios que registraron más de 300 datos por hora.

Las herramientas utilizadas por los voluntarios fueron:

- Lápiz o pluma.
- Formato de conteo.
- Reloj (muchos voluntarios utilizaron sus celulares).



2.3.6. Capacitación

La capacitación para los voluntarios ocurrió de la siguiente manera:

1. Se les dio la invitación a alumnos de la Escuela Nacional de Estudios Superiores, unidad León, para la elaboración de los conteos de ciclistas. Se hizo mención de que era para el proyecto del análisis de transporte no motorizado en León, Guanajuato, haciendo énfasis en los riesgos que representa el cambio climático, para nuestro planeta y la viabilidad de moverse a través de transporte no contaminante.
2. Los alumnos que aceptaron fueron registrados para el trámite de seguros de vida por parte de la ENES, León, ya que la actividad se realizaría fuera de la escuela.
3. Una vez concluido lo anterior, se realizó una reunión con los alumnos. En dicha reunión se les explico los horarios y fechas, en las que se realizarían los conteos, diciéndoles las nomenclaturas para los mismos. Posteriormente se les explico, que se debía de llevar el conteo cada 5 minutos, a partir de las 7:00 am, hasta las 9:00 am. Esto anterior quiere decir que de las 7:00 am a las 7:05 am, se deberán contar a los ciclistas en ese lapso de tiempo y registrarlos en la parte del formato de conteo que dice 7:00 am, una vez que se haya llegado a las 7:05 am, se contarán a los ciclistas de las 7:05 am a las 7:10 am y se registrarán en la parte del formato de conteo que dice 7:05 am y así sucesivamente. Las figuras 17-20 muestran algunos de los voluntarios mientras realizaban sus conteos.
4. Se les indicó dónde podían descargar sus formatos de conteo.
5. Se les asignaron los puntos donde contarían.
6. Se les dijo que pasaría un coordinador, para: verificar su asistencia, hora de llegada, preguntar si tienen los formatos y en caso de no tenerlos proporcionárselos. Como ejemplo, la distribución de los coordinadores por los puntos, para el conteo de septiembre, se encuentra en la figura 12.
7. Se les explicó que, al finalizar los conteos, los formatos debían ser entregados a la Dra. Areli Vázquez Juárez, en la Torre Académica de la ENES, unidad León. Un ejemplo de cómo eran los formatos se encuentra en las figuras 10 y 11.



Figura 10. Formato de conteo para Este y Oeste

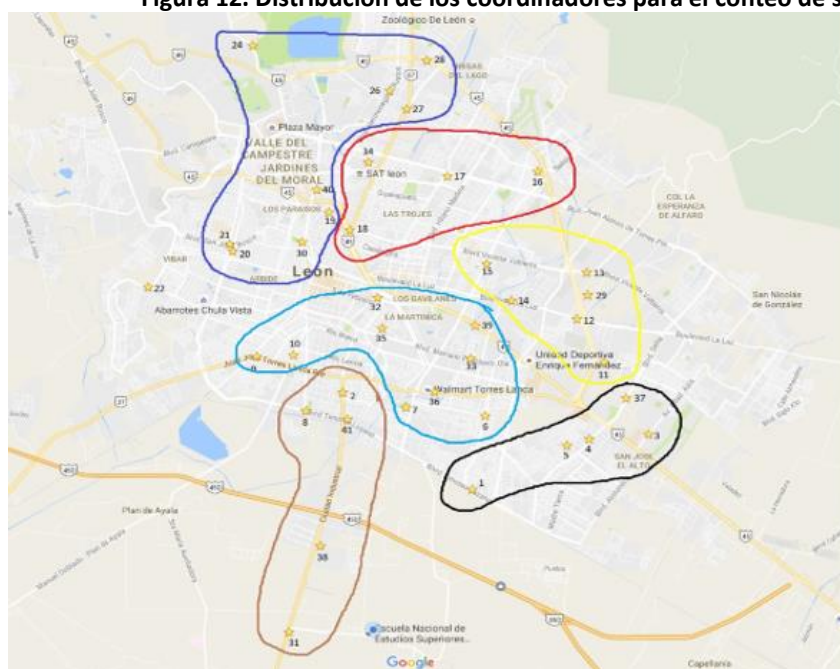
Tercer Conteo Ciclista ENES León Proyecto TA100716		
Nombre: _____		10 de noviembre de 2016
Afros: _____	Clima: _____	Indicar referencias para los sentidos de las flechas.
Notación: l=hombre, f=mujer, l=carga, C=casco, U=uniforme		← →
Hora	Ciclistas	Total
07:00	→	
	←	
07:05	→	
	←	
07:10	→	
	←	
07:15	→	
	←	
07:20	→	
	←	
07:25	→	
	←	
07:30	→	
	←	
07:35	→	
	←	
07:40	→	
	←	
07:45	→	
	←	
07:50	→	
	←	
	→	
	←	
07:55	→	
	←	
08:00	→	
	←	
08:05	→	
	←	
08:10	→	
	←	
08:15	→	
	←	
08:20	→	
	←	
08:25	→	
	←	
08:30	→	
	←	
08:35	→	
	←	
08:40	→	
	←	
08:45	→	
	←	
08:50	→	
	←	
08:55	→	
	←	
Observaciones: _____		



Figura 11. Formato de conteo para Norte y Sur

Tercer Conteo Ciclista ENES León Proyecto TA100716		
Nombre: _____		10 de noviembre de 2016
Aforo: _____ Clima: _____		Indicar referencias para los sentidos de las flechas.
Notación: l=hombre, *=mujer, l=carga, C=casco, U=uniforme		↑ ↓
Hora	Ciclistas	Total
07:00		
07:05		
07:10		
07:15		
07:20		
07:25		
07:30		
07:35		
07:40		
07:45		
07:50		
Observaciones: _____		

Figura 12. Distribución de los coordinadores para el conteo de septiembre



Zona	Coordinador	Celular
Cafe	Francisco Cantarero	5.56E+09
Negra	Jairo Reyes	4.45E+09
Roja	Jorge Guadarrama	5.55E+09
Añil	Areli Vázquez	4.77E+09
Azul	Ramón Arroyo	4.77E+09
Amarilla	Miguel Ruiz	4.77E+09

Fuente: Elaboración propia con la herramienta de Google Maps.



2.3.7. Después del conteo

Una vez terminados los conteos, los datos fueron vaciados en un documento de Excel, separándolos de 7:00 am a 9:00 am, separados en lapsos de 5 min, así como también calculando el total de ciclistas en las dos horas de conteo.

Como modelo dinámico para la visualización de los datos obtenidos en los conteos, el Dr. Juan Miguel Ruiz Zepeda, modificó un código abierto de Google Maps, para la realización de mapas de calor, que se puede encontrar en el siguiente enlace: <http://bit.ly/2DJ0DWJ>

Un mapa de calor es una imagen para representar la intensidad de los datos en puntos geográficos exactos. De manera predeterminada, las áreas de mayor intensidad llevarán color rojo y las de menor intensidad aparecerán con color verde (Google Maps API, 2018).

Los mapas de calor expresan en que puntos el flujo de ciclista era mayor o menor, conforme al aumento o descenso de ciclistas, comenzando en verde si el flujo no era muy alto y cambiando de tonalidad, hasta llegar a un rojo intenso en caso de que el flujo sea muy alto. Se agregaron botones para ver este aumento en 5 min, así como un botón para ver el total de ciclistas. Como ejemplo están las Figura 14 y 15, las cuales son el mapa del flujo ciclista del conteo del día 13 de mayo del 2016.

Para la realización del mapa de calor, se pasaron los datos a un código html obtenido de Google Maps API. Se realizó de esa forma para todos los mapas, con un total de 8 mapas de los meses de mayo del 2016, septiembre del 2016, noviembre del 2016 y marzo del 2017. El código del día 13 de mayo del 2016 se agrega al anexo 2 como un ejemplo.

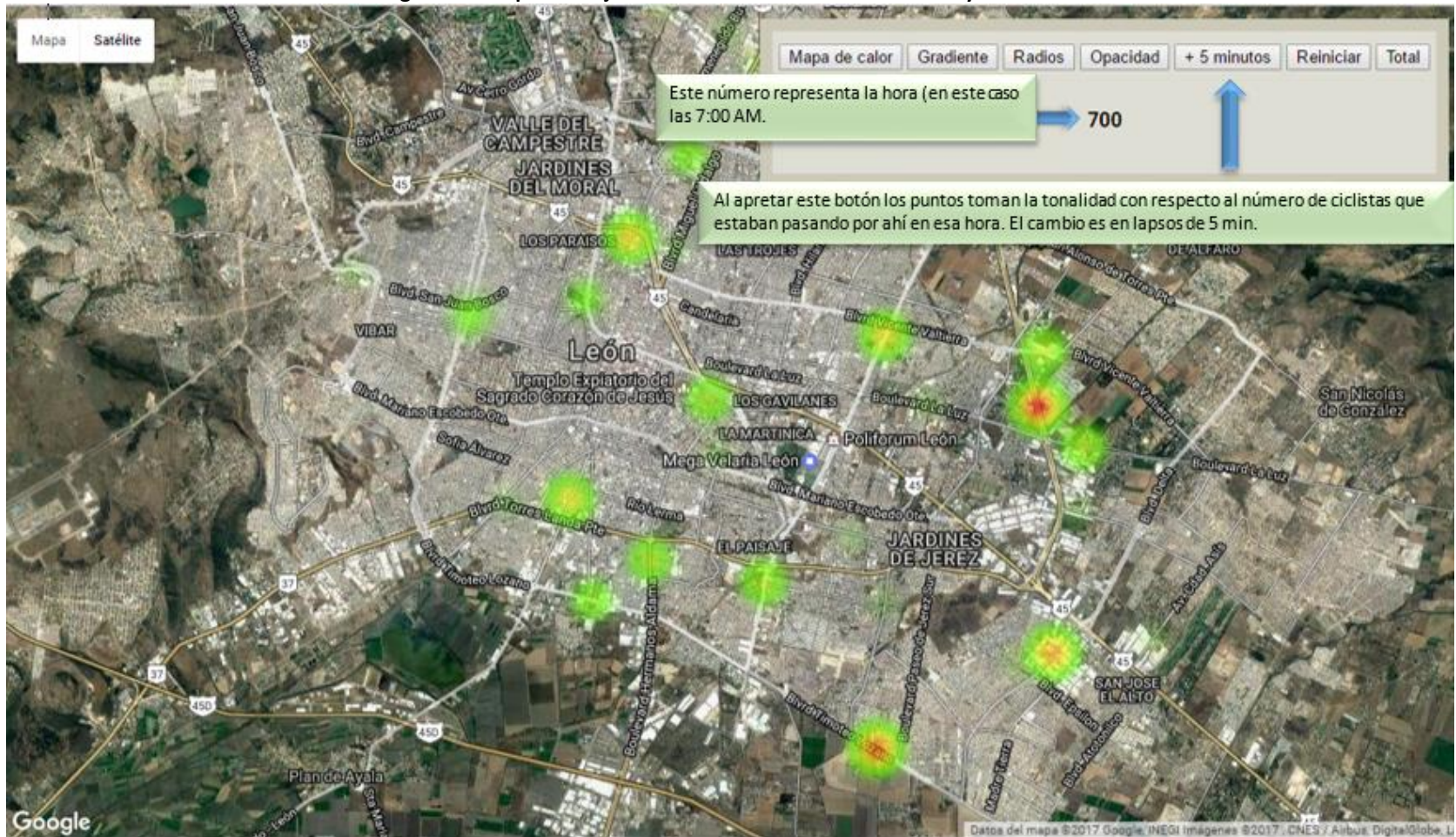
Se puede apreciar en las figuras 14 y 15 que el mayor flujo de ciclistas, está en el BLVD. JOSE MARIA MORELOS, en el aforo 29, el cual estaba entre BLVD. VICENTE VALTIERRA y BLVD. LA LUZ, enfrente del corporativo Transportes Castores y en la figura 16 puede verse este punto más a detalle. El mapa de calor es una herramienta útil, ya que nos permite ver los puntos vía satélite desde una vista general como en las figuras 14, 15 y una vista más detallada como en la figura 16. Además del análisis estadístico de los datos, esta herramienta visual, nos permite ver en donde los flujos son mayores o menores.

2.3.8. Calidad de los datos

Para garantizar la calidad de los datos y como se mencionó antes, durante el conteo hubo coordinadores, a los que se les encargaba revisar una determinada cantidad de puntos. Los coordinadores se encargaban de llevar los formatos a los voluntarios en caso de no tenerlos, cubrirlos por si faltaban y contestaban las preguntas de los mismos, a fin de que los conteos se llevaran adecuadamente.

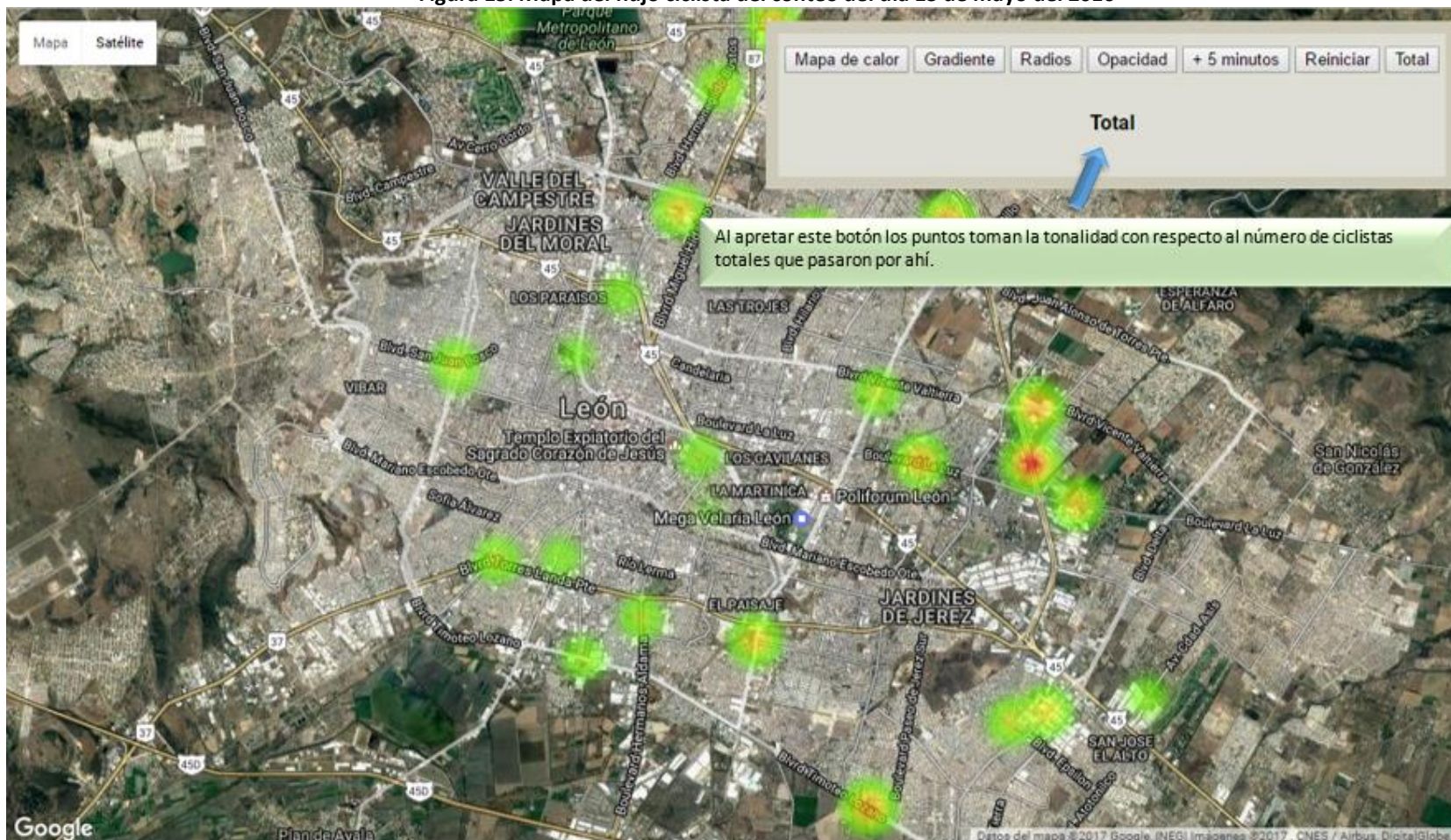


Figura 14. Mapa del flujo ciclista del conteo del día 13 de mayo del 2016



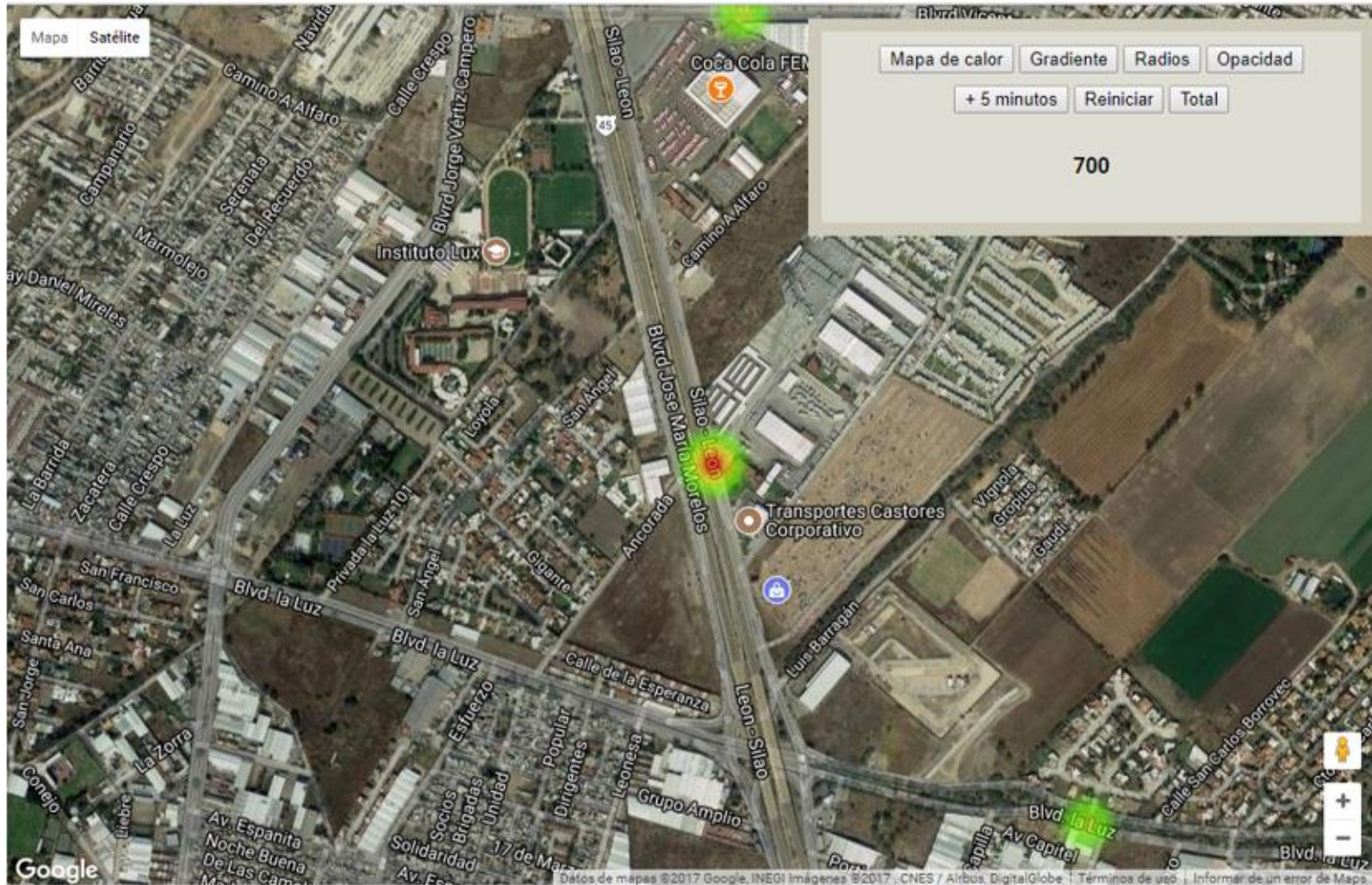
Fuente: elaboración propia con la herramienta de Google Maps API.

Figura 15. Mapa del flujo ciclista del conteo del día 13 de mayo del 2016



Fuente: elaboración propia con la herramienta de Google Maps API.

Figura 16. Mapa del aforo 29 el cual está entre BLVD. VICENTE VALTIERRA y BLVD. LA LUZ enfrente del Corporativo Transportes Castores



Fuente: elaboración propia con la herramienta de Google Maps API.

2.4. Cálculos del conteo ciclista realizado por la ENES, León

En esta sección se presentarán los cálculos obtenidos. Estos cálculos fueron publicados y realizados, primeramente, en el “Diagnóstico del transporte no motorizado en León, Guanajuato por la ENES, unidad León”, por la Dra. Areli Vázquez Juárez y el Dr. Juan Miguel Ruiz Zepeda.

Es importante mencionar que lo que se obtuvo en los conteos realizados por la ENES, León, fue un total de ciclistas registrados en los aforos, que como tal no corresponde con el número de viajes realizados durante las dos horas de los conteos. La razón de lo anterior, es que algunos puntos se encontraban cerca y había la posibilidad de contar dos o más veces al mismo usuario (Vázquez, A. 2018: 23).

Mayo 2016.

El jueves 12 de mayo fue realizado el primer conteo en 28 puntos a lo largo de la ciudad de León, Guanajuato (Vázquez, A. 2018: 23).

Se registró un total de 13,312 usuarios en bicicleta.

- 933 llevaban algún tipo de carga.
- 289 eran mujeres.
- 41 hacían uso de casco.

En la tabla 8 aparecen los porcentajes de carga, mujeres, cascos y uniforme.

Tabla 8. Resultados del primer conteo de mayo 2016

Total	100%
Carga	7%
Mujeres	2.1%
Cascos	0.3%
Uniforme	0.78%

Fuente: Areli Vázquez Juárez, Diagnóstico del transporte no motorizado en León, Guanajuato, 2018: 23.

El viernes 13 de mayo fue realizado el segundo conteo en 28 puntos a lo largo de la ciudad de León (Vázquez, A. 2018: 23).

Se registró un total de 12,100 usuarios en bicicleta.

- 688 llevaban algún tipo de carga.
- 298 eran mujeres.
- 93 hacían uso de casco.



En la tabla 9 aparecen los porcentajes de carga, mujeres, cascos y uniforme.

Tabla 9. Resultados del segundo conteo de mayo 2016

Total	100%
Carga	5.68%
Mujeres	2.46%
Cascos	0.76%
Uniforme	0.62%

Fuente: Areli Vázquez Juárez, Diagnóstico del transporte no motorizado en León, Guanajuato, 2018: 23.

Figura 17. Conteo aforo Barrera.



Fuente: Areli Vázquez Juárez, Diagnóstico del transporte no motorizado en León, Guanajuato, 2018: 24.

Figura 18. Conteo aforo Calzada.



Fuente: Areli Vázquez Juárez, Diagnóstico del transporte no motorizado en León, Guanajuato, 2018: 24.

Agosto 2016.

El jueves 1 de septiembre fue realizado el tercer conteo en 30 puntos a lo largo de la ciudad de León (Vázquez, A. 2018: 24).

Se registraron un total de 14,431 usuarios en bicicleta.

- 562 llevaban algún tipo de carga.
- 275 eran mujeres.
- 162 hacían uso de casco.

En la tabla 10 aparecen los porcentajes de carga, mujeres, cascos y uniforme.



Tabla 10. Resultados del primer conteo de agosto 2016

Total	100%
Carga	3.89%
Mujeres	1.9%
Cascos	1.12%
Uniforme	0.86%

Fuente: Areli Vázquez Juárez, Diagnóstico del transporte no motorizado en León, Guanajuato, 2018: 24.

El día viernes 2 de septiembre fue realizado el cuarto conteo en 30 puntos a lo largo de la ciudad de León (Vázquez, A. 2018: 24).

Se registraron un total de 14,057 usuarios en bicicleta.

- 525 llevaban algún tipo de carga.
- 348 eran mujeres.
- 117 hacían uso de casco.

En la tabla 11 aparecen los porcentajes de carga, mujeres, cascos y uniforme.

Tabla 11. Resultados del segundo conteo de agosto 2016

Total	100%
Carga	3.73%
Mujeres	2.47%
Cascos	0.83%
Uniforme	1.13%

Fuente: Areli Vázquez Juárez, Diagnóstico del transporte no motorizado en León, Guanajuato, 2018: 25.

Figura 19. Conteo aforo Valtierra.



Fuente: Areli Vázquez Juárez, Diagnóstico del transporte no motorizado en León, Guanajuato, 2018: 25.



Figura 20. Conteo aforo Bustos.



Fuente: Areli Vázquez Juárez, Diagnóstico del transporte no motorizado en León, Guanajuato, 2018: 25.

Noviembre 2016.

Los conteos programados el jueves 10 de noviembre y viernes 11 de noviembre fueron en condiciones atípicas, ya que hubo lluvia en la ciudad durante todo el día. La mayoría de los voluntarios no pudo realizar el conteo debido al clima (Vázquez, A. 2018: 25).

El día jueves 10 de noviembre fue realizado el quinto conteo en 12 puntos (Vázquez, A. 2018: 26).

Se registraron 4941 usuarios en bicicleta.

- 122 llevaban algún tipo de carga.
- 94 eran mujeres.
- 3 llevaban casco.

En la tabla 12 aparecen los porcentajes de carga, mujeres, cascos y uniforme.

Tabla 12. Resultados del primer conteo de noviembre 2016

Total	100%
Carga	2.46%
Mujeres	1.9%
Cascos	0.06%
Uniforme	0.36%

Fuente: Areli Vázquez Juárez, Diagnóstico del transporte no motorizado en León, Guanajuato, 2018: 26.

El día viernes 11 de noviembre fue realizado el sexto conteo en 10 puntos (Vázquez, A. 2018: 26).

Se registraron 4747 usuarios en bicicleta.

- 302 llevaban algún tipo de carga.
- 107 eran mujeres.
- 7 llevaban casco.

En la tabla 13 aparecen los porcentajes de carga, mujeres, cascos y uniforme.



Tabla 13. Resultados del segundo conteo de noviembre 2016

Total	100%
Carga	6.36%
Mujeres	2.25%
Cascos	0.14%
Uniforme	0.69%

Fuente: Areli Vázquez Juárez, Diagnóstico del transporte no motorizado en León, Guanajuato, 2018: 26.

Marzo 2017.

El jueves 30 de marzo fue realizado el séptimo conteo en 23 puntos a lo largo de la ciudad. Se registraron un total de 13,369 usuarios en bicicleta (Vázquez, A. 2018: 26).

- 562 llevaban algún tipo de carga.
- 326 eran mujeres.
- 87 hacían uso de casco.

En la tabla 14 aparecen los porcentajes de carga, mujeres, cascos y uniforme:

Tabla 14. Resultados del primer conteo de marzo 2017

Total	100%
Carga	4.2%
Mujeres	2.43%
Cascos	0.65%
Uniforme	1.06%

Fuente: Areli Vázquez Juárez, Diagnóstico del transporte no motorizado en León, Guanajuato, 2018: 26.

El día viernes 31 de marzo fue realizado el octavo y último conteo en 22 puntos a lo largo de la ciudad (Vázquez, A. 2018: 26).

Se registraron un total de 12,186 usuarios en bicicleta.

- 523 llevaban algún tipo de carga.
- 364 eran mujeres.
- 72 hacían uso de casco.

En la tabla 15 aparecen los porcentajes de carga, mujeres, cascos y uniforme.

Tabla 15. Resultados del segundo conteo de marzo 2017

Total	100%
Carga	4.29%
Mujeres	2.98%
Cascos	0.59%
Uniforme	0.38%

Fuente: Areli Vázquez Juárez, Diagnóstico del transporte no motorizado en León, Guanajuato, 2018: 26.



Estadísticas relevantes

El porcentaje de cascos tiene una gran variación, pero en todos los conteos es menor que 1% (Vázquez, A. 2018: 27).

En total el porcentaje de mujeres en los ocho conteos fue:

12 de mayo de 2016	2.17%
13 de mayo de 2016	2.36%
1 de septiembre de 2016	1.97%
2 de septiembre de 2016	2.47%
10 de noviembre de 2016	1.9%
11 de noviembre de 2016	2.25%
30 de marzo de 2017	2.43%
31 de marzo de 2017	2.98%

Fuente: Areli Vázquez Juárez, Diagnóstico del transporte no motorizado en León, Guanajuato, 2018: 27.

Series de Tiempo

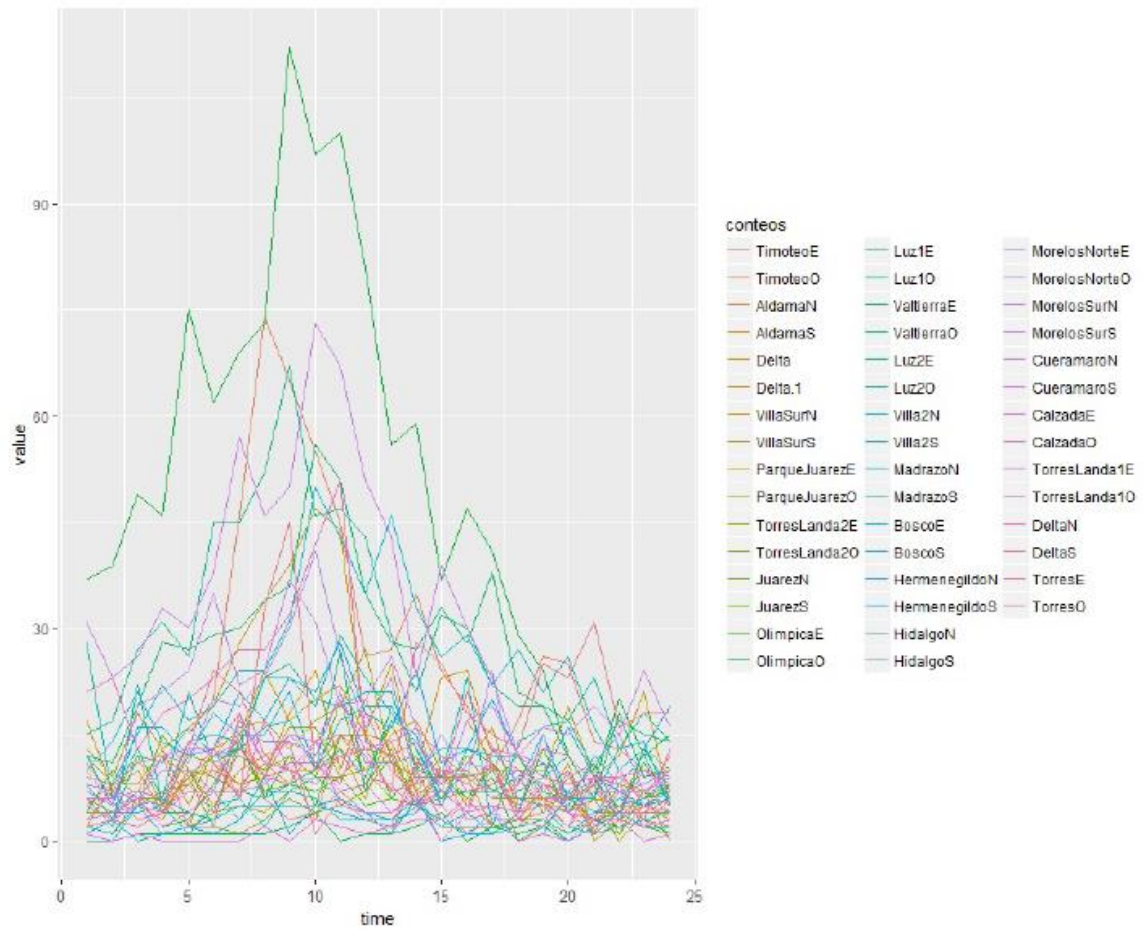
Para la visualización de los datos que se obtuvieron en los conteos ciclistas de la ENES, León, se utilizaron gráficas de las series de tiempo de cada cinco minutos del número de ciclistas de los aforos y pueden visualizarse en las figuras 21 y 22. En la figura 21 se puede notar que el aforo 11, Olímpica, tiene el mayor flujo de ciclistas de todos los puntos (Vázquez, A. 2018: 29).

Al ver la figura 22 y sin tomar en cuenta el punto 11, es claramente visible que existen 7 puntos con el mayor número de ciclistas, teniendo los mismos, la hora pico a las 8 de la mañana. (Vázquez, A. 2018: 29).

De acuerdo a los resultados del conteo, el análisis gráfico de las series de tiempo puede determinar los patrones de cada punto (Vázquez, A. 2018: 29). Suponiendo que el objetivo fuera obtener la demanda de los usuarios en las horas pico, así como sus tendencias, se indica en las gráficas de las 8 am que se puede reducir el tiempo del conteo de 7:15 a 8:15 de la mañana y con esto se obtiene la tendencia y el número máximo de ciclistas por punto (Vázquez, A. 2018: 29).



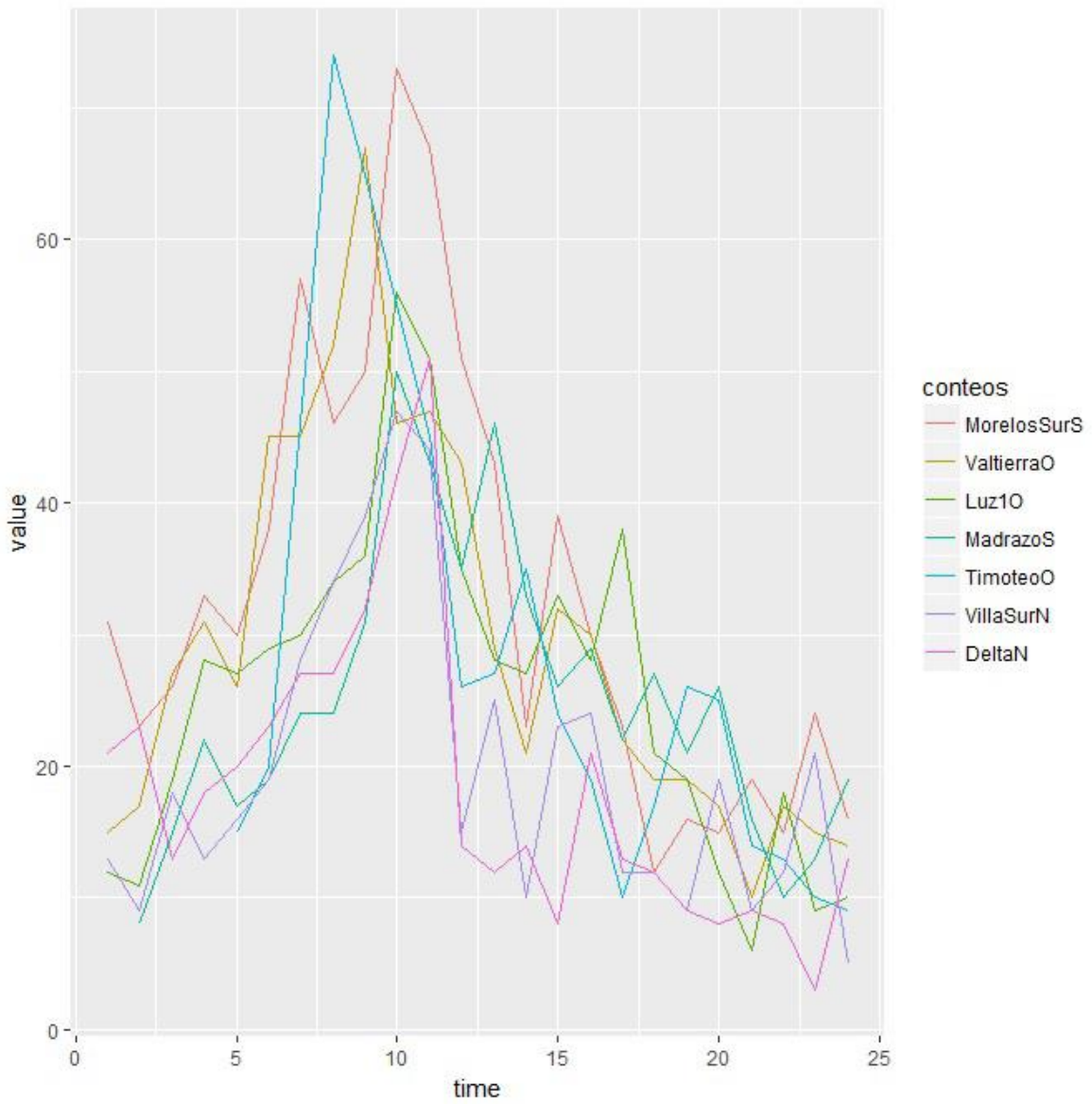
Figura 21. Series de tiempo para el conteo de marzo de 2017



Fuente: Areli Vázquez Juárez, Diagnóstico del transporte no motorizado en León, Guanajuato, 2018: 29.



Figura 21. Puntos con mayor número de usuarios



Fuente: Areli Vázquez Juárez, Diagnóstico del transporte no motorizado en León, Guanajuato, 2018: 29.



Antes de pasar a las conclusiones y para dejar más claro las secciones 2.3 y 2.4, se hará un breve listado de las actividades que realizó el autor de esta tesis en el conteo ciclista de la ENES, León.

- Participó como coordinador y voluntario durante los conteos de mayo 2016, septiembre 2016, noviembre 2016 y marzo del 2017.
- Como coordinador y voluntario, realizó las actividades de la sección 2.3.6.
- Después del conteo apoyo con la captura de los datos en una hoja de Excel para su posterior análisis.
- Para demostrar que realizar conteos durante la mañana es igual de factible que realizarlos en la tarde o noche, realizó una prueba t, la cual se describe en la sección 2.3.1.
- Realizó los mapas de calor de los conteos de septiembre 2016, noviembre 2016 y marzo 2017 que se explican en la sección 2.3.7, utilizando el código que modificó el Dr. Juan Miguel Ruiz Zepeda.

Conclusiones del capítulo 2

Este capítulo nos reveló que la bicicleta ayuda a las personas con entre 9,000 y 14,000 viajes a diario durante la hora pico alrededor de la ciudad. Con el dato anterior está comprobado que el transporte en bicicleta es un medio de transporte con alta demanda alrededor de la ciudad de León, Guanajuato. Ya que los datos fueron obtenidos con conteos realizados por voluntarios de la ENES, unidad León, se demuestra que una institución bien organizada puede obtener datos que incluso el Estado no había podido obtener; ya que el Plan Maestro de Ciclovías de IMPLAN, mostraba conteos, pero que no estaban actualizados. El hecho de que exista una cantidad tan alta de viajes en bicicleta por la ciudad, confirma que debe haber estudios o trabajos para el impulso del ciclismo en León.

Los números anteriores nos indican que se debe desarrollar infraestructura para las bicicletas, para que los usuarios puedan realizar viajes confortables y de forma segura. La bicicleta es un medio de transporte que ofrece muchas ventajas y los sectores de la población que la usan como medio de transporte tienen derecho a una movilidad sin riesgo. El propósito de este capítulo, exponiendo la cantidad de ciclistas que existe en la ciudad de León, Guanajuato, no es la búsqueda del cambio de la cultura en la ciudad de León, la cual personajes como Frederic Hayek, Von Misses, o Steve Jobs, han recalcado que no es posible de cambiar por entes o acciones externas, el cambio en la cultura debe ser realizado por dentro de la misma sociedad. Nuestro propósito es demostrar que el transporte en bicicleta tiene una importancia alta en la ciudad y debe ser tomada en cuenta en las futuras decisiones de movilidad, tanto por la sociedad organizada como por el Estado.



Capítulo 3. Recopilación de costos público-privado del transporte en bicicleta, en automóvil y el transporte público en León, Guanajuato.

Recordemos que uno de los objetivos del presente trabajo es realizar un estudio de costos público-privado diario de la bicicleta, el automóvil y el transporte público, con diferentes volúmenes de demanda de usuarios. Para llevar a cabo el objetivo anterior es necesario explicar que es el costo público-privado y después cómo lo relacionaremos con los volúmenes de demanda.

El costo público-privado es la unión de los costos públicos y los costos privados para poder llegar a un costo general. Para ser más concreto se trata de recolectar los costos públicos y privados del automóvil, el transporte público y la bicicleta, para después unirlos y obtener el costo general. Pero lo anterior lo haremos dividiendo dicho costo público-privado, entre diferentes cantidades de usuarios, según el pico de la demanda diaria de usuarios de automóvil, bicicleta y transporte público en la ciudad de León, Guanajuato.

Cuando lleguemos a determinar el costo público-privado (general) diario del automóvil, el transporte público y la bicicleta a distintos niveles de demanda de usuarios, veremos cuál es más económico en términos generales (públicos y privados). Y la comparación se hará en diferentes corredores de la ciudad, ya que el costo de transitar en una parte de la ciudad es diferente al de las demás.

El costo de transitar en diferentes partes de la ciudad es diferente, ya que dependiendo de la zona en la que estés, el costo de la tierra o terreno es diferente por factores como la ubicación, seguridad y el número de comercios que se encuentre en dicha zona, como se verá en el primer estudio que analizaremos. Es importante mencionar que el presente trabajo es el primero en introducir el costo de la tierra o terreno en el costo de los medios de transporte.

El capítulo 3 se encarga de documentar los costos públicos y privados.

En la sección 3.1 se explicará cómo obtener el precio de la tierra o terrenos en diferentes partes de León, Guanajuato, ya que como se mencionó antes, el costo de transitar en una parte de la ciudad es diferente al de transitar en otras partes de la misma. Para realizar lo anterior nos basaremos en un estudio realizado por el Doctor Rui Wang llamado “The Structure of Chinese Urban Land Prices: Estimates from Benchmark Land Price Data”, el cual muestra cómo realizar el cálculo del precio de la tierra en las ciudades chinas. Posteriormente explicaremos cómo usar este estudio para calcular el precio de la tierra en la ciudad de León, Guanajuato. Es importante entender este estudio, porque en el método de costeo de los medios de transporte que utilizaremos en la sección 3.2 uno de los factores principales es el precio de la tierra en determinadas zonas de la ciudad.

En la sección 3.2 se explicará cómo se eligieron los demás costos que utilizaremos en el estudio. Para elegir los costos y la metodología que utilizaremos para llegar al



costo público-privado, nos basaremos en el trabajo de Rui Wang (2010), llamado “Autos, transit and bicycles: Comparing the costs in large Chinese cities”, ya que en dicho estudio se analizan ciudades con un nivel de población y tamaño territorial parecido al de la ciudad de León, Guanajuato. Es importante aclarar que habrá diferencias importantes entre nuestro análisis y el análisis de Rui Wang (2010) que serán explicadas más adelante.

Una vez explicada la metodología y los costos que utilizaremos para la determinación del costo público-privado, la sección 3.3 se encarga de documentar y recabar los costos públicos y privados que se utilizaran.

Los costos públicos son:

- Los costos de contaminación.
- Los costos variables, fijos y de capital del SIT.
- Los costos de mantenimiento de carreteras y ciclovías.
- Los costos de la tierra.

Los costos privados son:

- Los costos de mantenimiento del automóvil y la bicicleta para los usuarios.

La manera de obtener los costos anteriores será mediante la investigación por las fuentes públicas o privadas más recientes. Los costos públicos serán extraídos de las bases de datos que el gobierno pueda proveer y los costos privados serán recolectados de las agencias que tengan permitido proporcionarlos.

En la sección 3.4 se harán las comparaciones a diferentes volúmenes de tráfico y en diferentes corredores. Con lo anterior podrá visualizarse el costo público-privado de la bicicleta, el automóvil y el transporte público, además de que podrán compararse entre sí y definir cuál es el que tiene menores costos a nivel general.

3.1. Modelo de Rui Wang para estimación del precio de la tierra en ciudades chinas

A continuación, se hará un resumen del método con el que Rui Wang costeó la tierra en su estudio del año 2009 llamado “The Structure of Chinese Urban Land Prices: Estimates from Benchmark Land Price Data”. La metodología de este autor después se adaptará a la ciudad de León.

Es importante mencionar que Rui Wang se encontró con el problema de la falta de información. Para hacer un estudio de costos, siempre es necesaria información específica sobre el objeto al que se le calcula el costo, por lo que en dicho artículo se realizaron simplificaciones y se tuvo que obtener información más general que particular.

Según Rui Wang en los mercados de tierras urbanas, el precio de la tierra a una distancia determinada del centro de la ciudad se ve afectado por muchos factores, incluido el nivel de infraestructura proporcionado, los requisitos de zonificación y las estructuras existentes.



Es difícil estimar el gradiente de los precios de la tierra, sin una gran muestra de registros detallados de transacciones de estas (Wang, R. 2009: 4).

Rui Wang al no poder encontrar datos tan detallados sobre las transacciones de la tierra en China, optó por utilizar datos alternativos sobre el precio de la tierra, por ejemplo, los precios de referencia de la tierra, que los gobiernos municipales chinos calculan una vez cada pocos años para reflejar la distribución espacial del valor de la tierra y servir como la base de la determinación del precio en el arrendamiento público de tierras en las ciudades chinas (Wang, R. 2009: 4).

En la parte anterior el Dr. Rui Wang describe que es difícil determinar los precios de la tierra sin datos detallados de la totalidad de las transacciones en China. Para resolver lo anterior, utilizó los datos de los precios de referencia que proporciona el gobierno chino, mencionando que en China existen distintos tipos de tierra, como son la residencial, industrial, agrícola, pesquera, entre otras, pero en la base de datos del gobierno chino, que mencionaremos más adelante, sólo divide la tierra en residencial y comercial.

3.1.1. Metodología para la obtención del costo de la tierra

Las ciudades de la muestra de Rui Wang son monocéntricas, lo que significa que su punto más importante de desarrollo está en el centro y son ciudades de forma circular (Wang, R. 2009: 5). Que sean monocéntricas y de forma circular, significa que la calidad comercial y residencial de la tierra, va decreciendo a medida que se aleja del centro de la ciudad, pasando lo mismo con sus precios.

La ecuación prototípica utilizada comúnmente para modelar la relación entre el precio de la tierra y la distancia del centro urbano es (Wang, R. 2009: 5):

$$p_i = \theta e^{\rho u_i} \quad (1)$$

p_i es el precio unitario por metro cuadrado de la tierra en la ubicación i (a la distancia i del centro).

u_i es la ubicación a la distancia i del centro.

θ es el precio unitario de la tierra en el centro.

ρ es la tasa a la cual el precio cambia con la distancia desde el centro, que no es igual al gradiente o la pendiente de la curva del precio de la tierra.

Reescribiendo Ecuación 1, da el modelo de regresión habitual de la función precio-distancia

$$\ln(p_i) = \ln(\theta) + \rho u_i \quad (2)$$

Si tenemos un conjunto de datos que incluye los precios de la tierra a diferentes distancias del centro de la ciudad, una regresión simple basada en la ecuación 2 daría:

$$\ln(p_i) = \beta_0 + \beta_1 u_i + \varepsilon_i \quad (3)$$



Donde β_0 y β_1 son estimaciones de $\ln(\theta)$ y ρ .

Una regresión simple con la ecuación 3 no da buenos resultados, porque el tamaño de la muestra se volverá muy pequeño para representar adecuadamente la forma de la curva, tomando en cuenta la aproximada naturaleza de los datos (Wang, R. 2009: 6).

Se tenía que encontrar una manera de hacer uso de los datos de ciudades múltiples como las de las figuras 23-28 en total.

Para hacer eso, Wang necesitó explorar cómo θ y ρ varían en las ciudades. Según los modelos económicos de las ciudades monocéntricas, dentro de muchos factores, el nivel de ingresos (I) y el tamaño de la población (H) de una ciudad afectan de forma positiva el precio de la tierra en el centro urbano (Wang, R. 2009: 6).

Para una ciudad en particular j , estas relaciones se pueden resumir como

$$\theta_j = f_\theta(I_j, H_j, \dots), \quad (4)$$

$$\rho_j = f_\rho(I_j, H_j, \dots), \quad (5)$$

El autor propone dos modelos para los conjuntos de datos del precio de la tierra de referencia en toda la ciudad.

La ecuación 6 asume formas funcionales lineales de f_θ y f_ρ , pero los efectos netos del nivel de ingresos en ρ es cero, es decir, los mecanismos opuestos cancelan los efectos de los demás. Mientras la Ecuación 7 considera los efectos de I y H en ρ agregando un término de interacción entre el nivel de ingresos I y la distancia u .

$$\ln(p_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 u_{ij} + \beta_2 I_j + \beta_3 H_j + \beta_4 u_{ij} H_j + \varepsilon_{ij} \quad (6)$$

$$\ln(p_{ij}) = \beta_0 + \beta_1 u_{ij} + \beta_2 I_j + \beta_3 H_j + \beta_4 u_{ij} H_j + \beta_5 u_{ij} I_j + \varepsilon_{ij} \quad (7)$$

Una suposición ciertamente fuerte de los modelos, es que los términos de error no están correlacionados con las variables independientes.

3.1.2. Datos sobre los costos de la tierra en las ciudades chinas

Los datos que se utilizan en la creación de las figuras 23-28 provienen de <http://www.landvalue.com.cn>, un sitio web del gobierno central de China, donde los precios de referencia son reportados por algunas ciudades y están disponibles para el público en general. La información de la página sólo está en chino, lo que representa una dificultad para investigadores extranjeros.

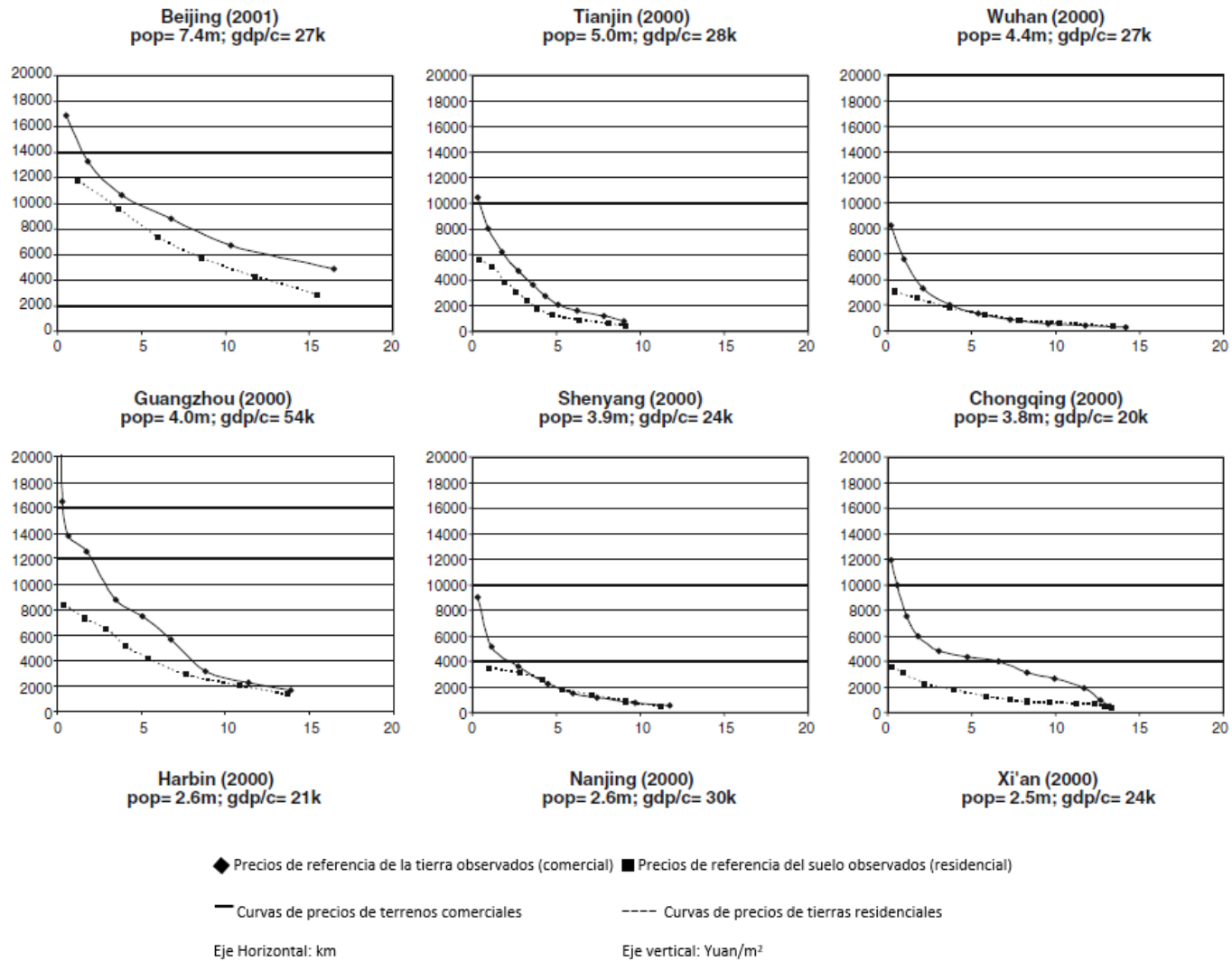
Todos los datos de la base reflejan el precio del terreno de referencia. Al usar este conjunto de datos recientemente disponible, el documento de Rui Wang puede evitar tanto como sean posibles los errores de medición provocados por transacciones de arrendamiento de tierras no convencionales o no transparentes y sesgos de precios. Para cada ciudad de la muestra, se documenta la cantidad de áreas comerciales y residenciales de diferentes grados y precios de referencia respectivos (Wang, R. 2009: 9).



Los datos de los precios de la tierra comerciales y residenciales, que fueron tomados de la página <http://www.landvalue.com.cn>, son de 35 ciudades, que aparecen en las figuras 23-28. Utilizando como referencia los precios de la tierra y la distancia media de cada grado de tierra desde el centro urbano, las figuras 23-28 son las gráficas de precio-distancia de todas las ciudades, ordenadas por tamaño de población, el cual aparece como subtítulo para las gráficas de cada ciudad junto con el PIB per cápita. “Afectados por factores como el tamaño de la población y el nivel de desarrollo económico, las curvas de precios de referencia de las diferentes ciudades varían mucho, pero en general las formas muestran una tendencia exponencial negativa de los precios desde el centro hacia la periferia” (Wang, R. 2009: 9).

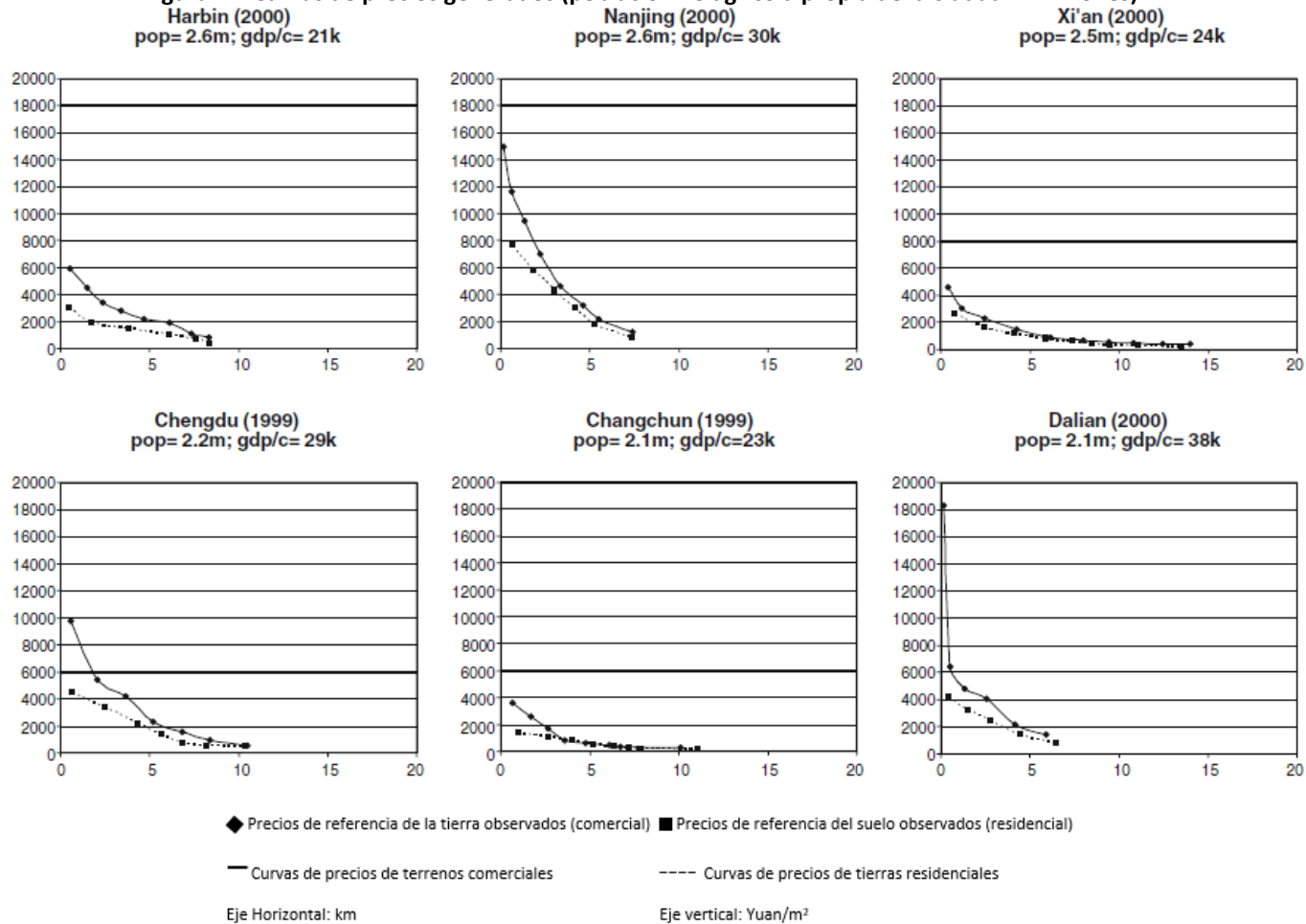


Figura 23. Curvas de precios generados (población no agrícola propia de la ciudad > 2 millones)



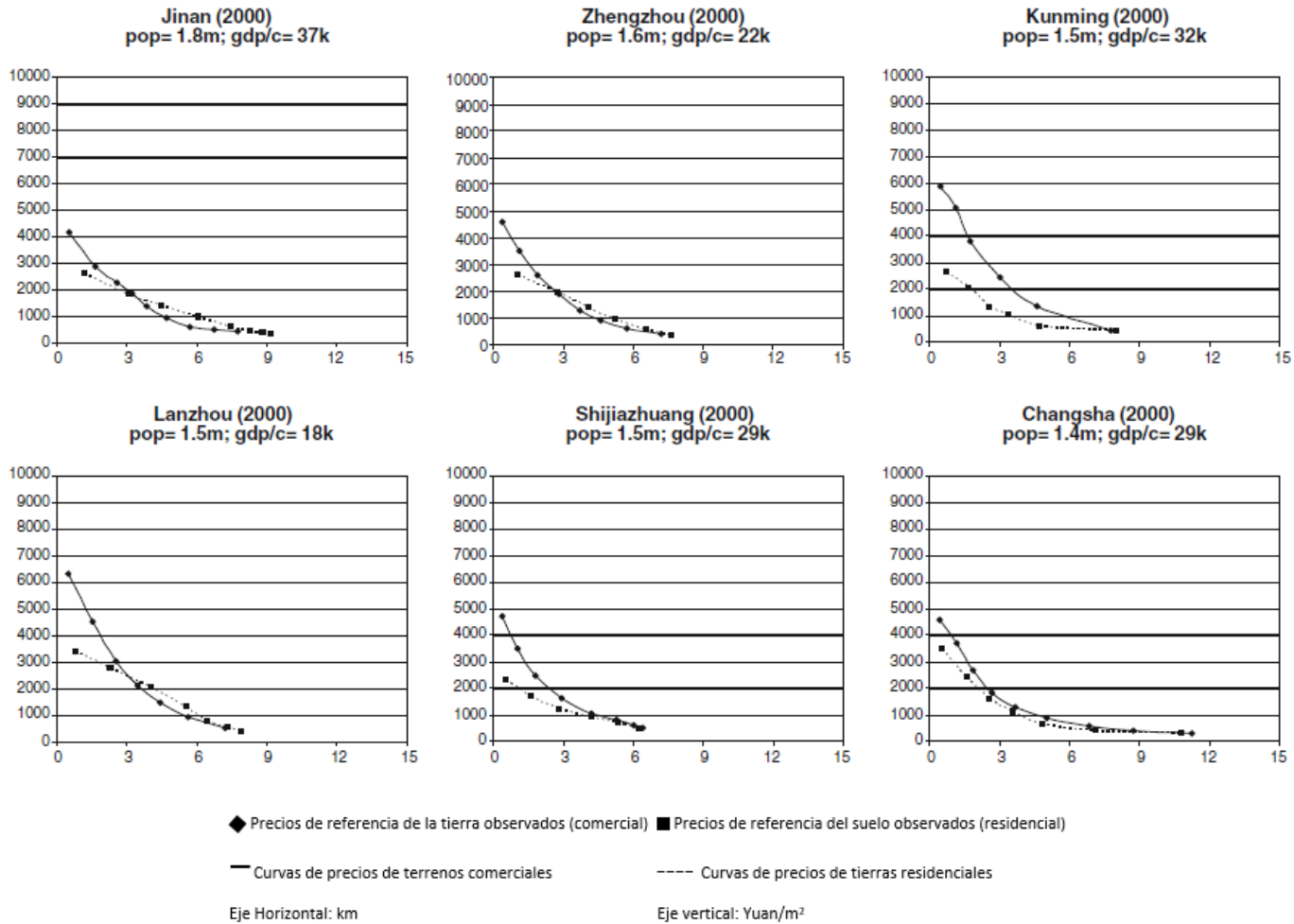
Fuente: (Rui Wang, 2009: 6).

Figura 24. Curvas de precios generados (población no agrícola propia de la ciudad > 2 millones)



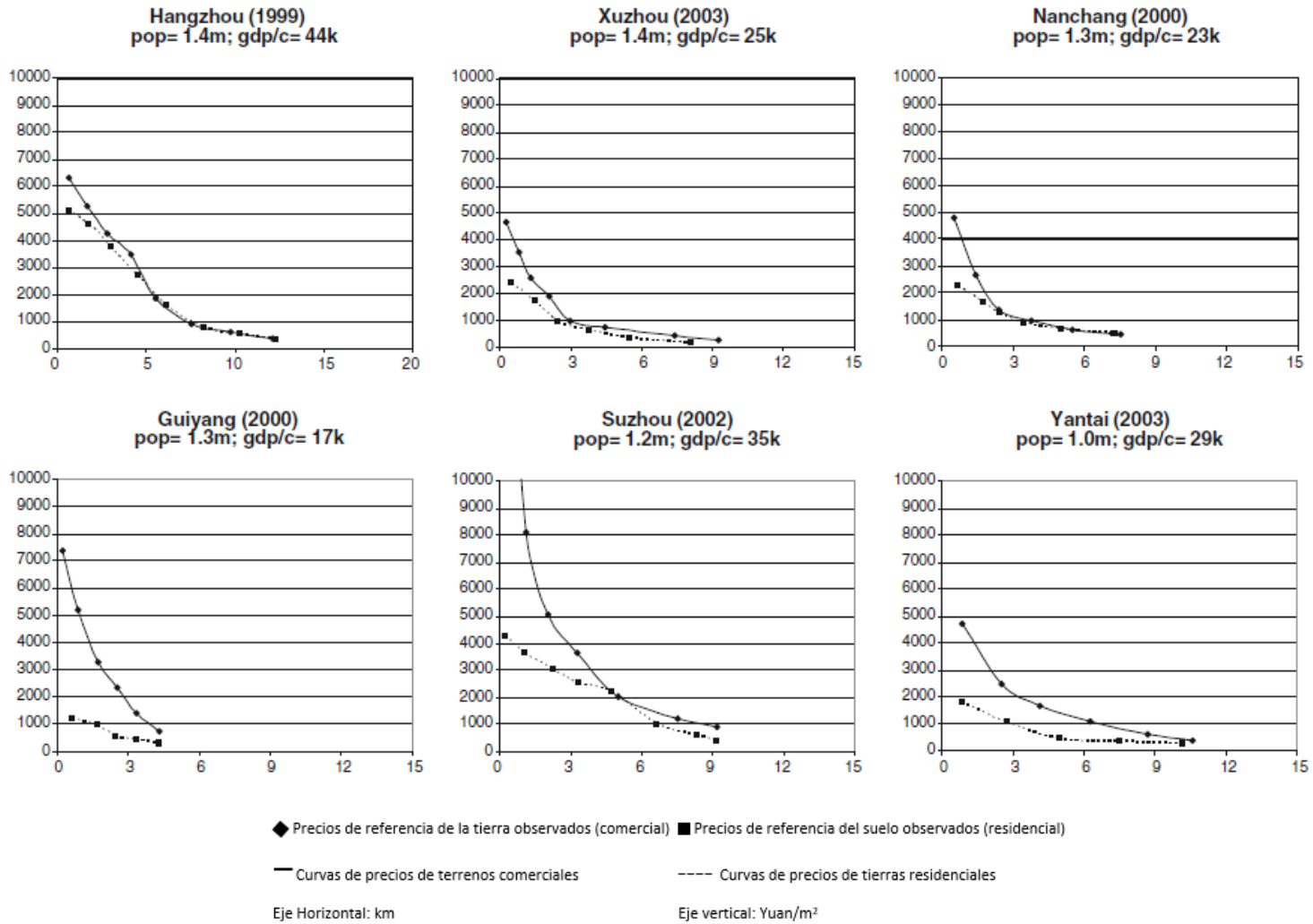
Fuente: (Rui Wang, 2009: 6).

Figura 25. Curvas de precios generados (2 millones ≥ población no agrícola propia de la ciudad > 1 millón)



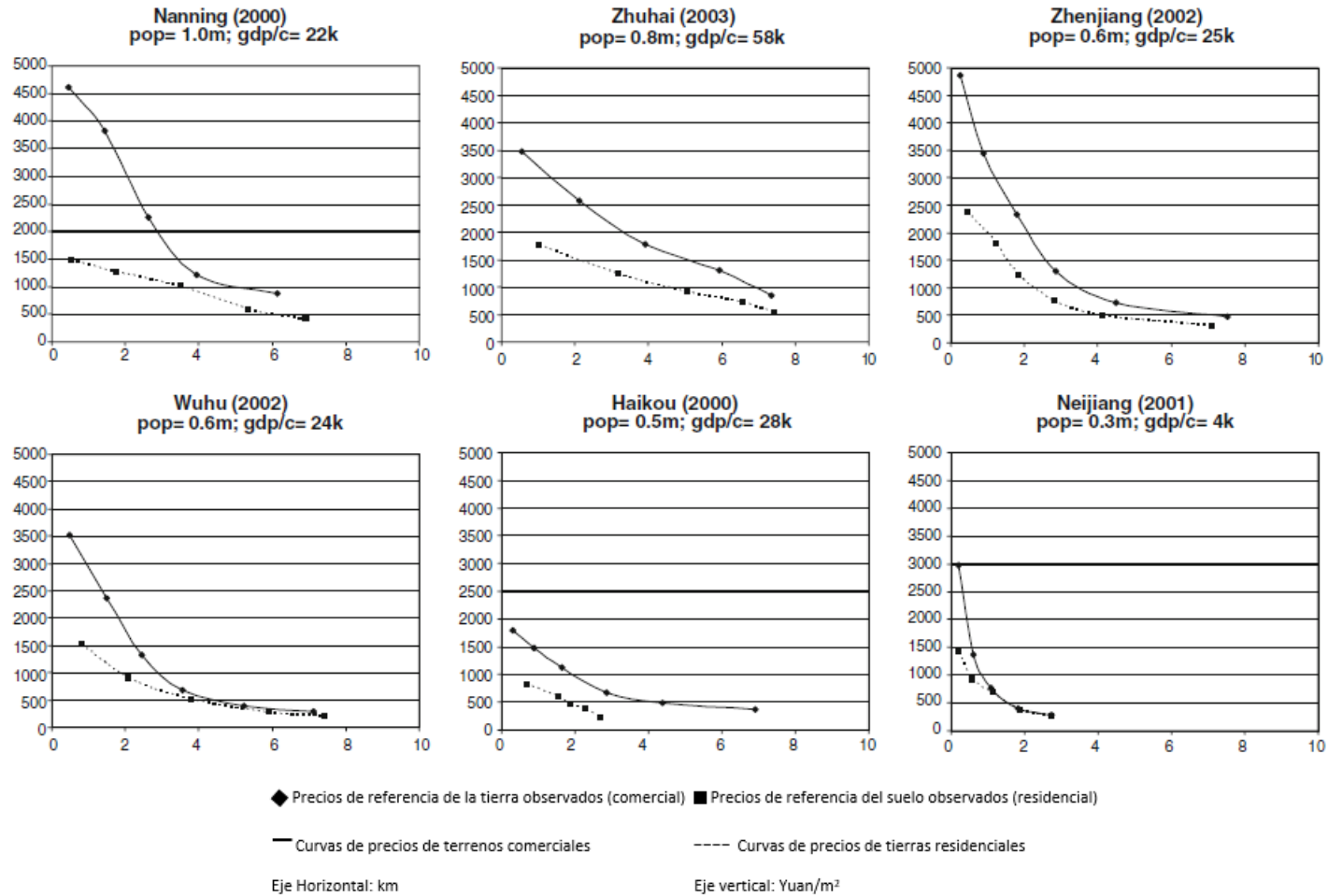
Fuente: (Rui Wang, 2009: 7).

Figura 26. Curvas de precios generados (2 millones ≥ población no agrícola propia de la ciudad > 1 millón)



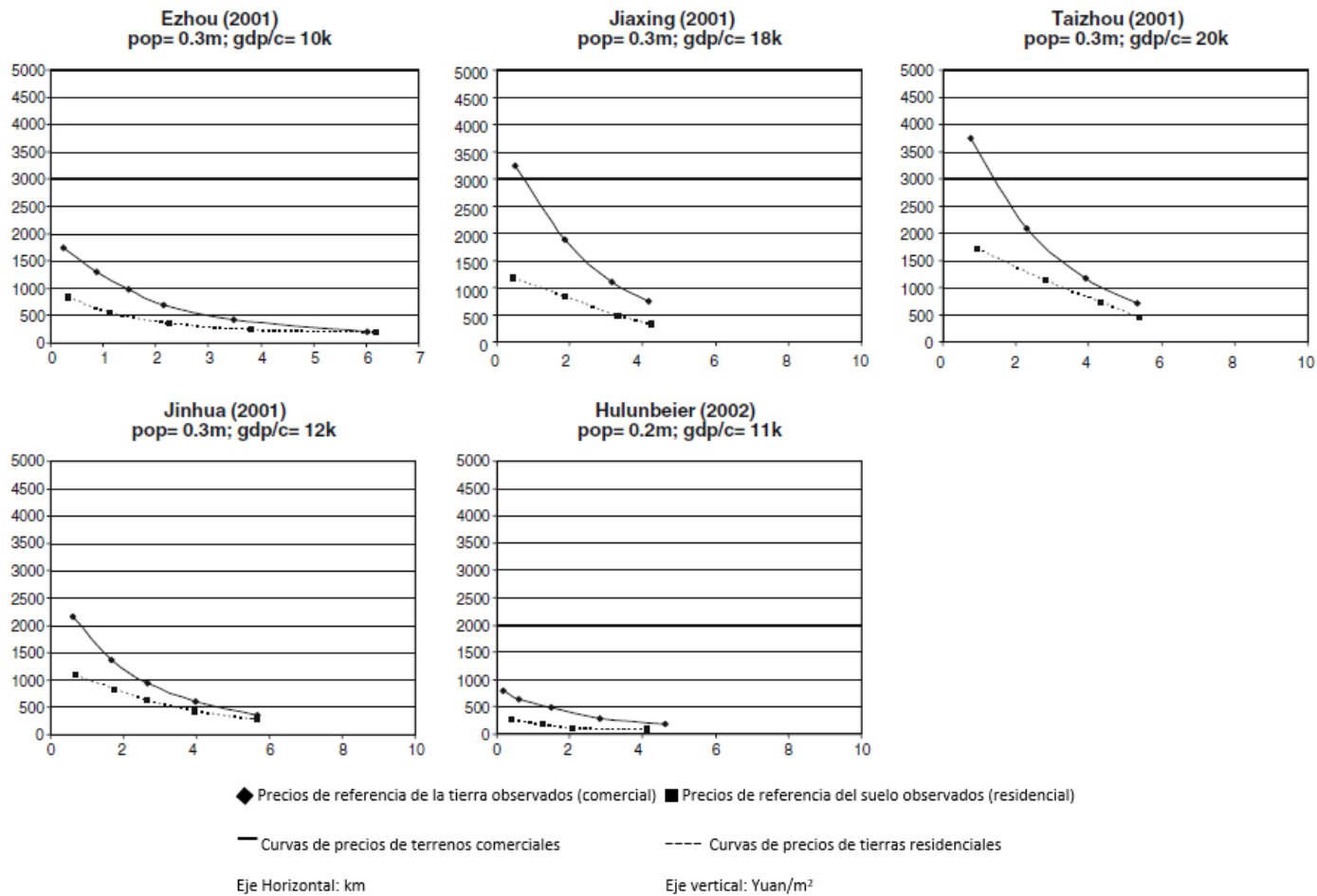
Fuente: (Rui Wang, 2009: 7).

Figura 27. Curvas de precios generadas (población no agrícola propia de la ciudad ≤1 millón)



Fuente: (Rui Wang, 2009: 8).

Figura 28. Curvas de precios generadas (población no agrícola propia de la ciudad ≤1 millón)



Fuente: (Rui Wang, 2009: 8).

La tabla 16 proporciona la estadística descriptiva de las variables utilizadas en el análisis. Es importante mencionar que los datos con los que Rui Wang realizó la tabla 16 son del año 2000. Es decir, que los precios de la tierra o terreno que él analizó eran del año 2000, como puede verse en las figuras 23-28. Rui Wang menciona que hay que tener en cuenta que el precio medio de referencia de arrendamiento de tierras de la muestra comercial es aproximadamente el doble de la media de la muestra residencial (Wang, R. 2009: 9).

Tabla 16. Estadística descriptiva de las variables utilizadas en el análisis de Rui Wang

		<u>Muestra Comercial</u>				<u>Muestra Residencial</u>			
		Media	Min	Max	DE	Media	Min	Max	DE
P_{ij}	Precio de arrendamiento de terrenos de referencia (Yuan / m ²)	3236	180	34330	4062	1636	84	11705	1749
u_{ij}	Distancia del centro urbano (km)	4.141	0.063	16.471	3.419	4.609	0.194	15.516	3.388
H_i	Población no agrícola (10 ⁴ personas)	208.6	22.62	744.1	156.5	208.6	22.62	744.1	156.5
I_i	PIB per cápita (10 ³ yuanes)	27.0	4.219	58.458	10.5	27.0	4.219	58.458	10.5
Tamaño de la muestra	Tamaño de la muestra	248				222			

Fuente: (Rui Wang, 2009: 10).

3.1.3. Curvas de precios de la tierra de las ciudades chinas

La regresión basada en la ecuación 6 de las muestras comerciales y residenciales hecha por Rui Wang, da como resultado coeficientes significativos al 99% y un coeficiente R² más alto que 0.77, como se muestra en la Tabla 17. Wang termina usando solamente la ecuación 6, ya que al utilizar la ecuación 7, el término de interacción del ingreso y la distancia del centro urbano no afecta los resultados, por lo que considera los resultados con la ecuación 7 como poco significativos.

Tabla 17. Resultados de regresión: curvas de precios de suelo urbano monocéntrico^a

	Constante	Distancia	Población	PIB/c	Adj. R ²	
Comercial	7.2405*	-0.3205*	0.002366*	0.03107*	0.7825	
	(0.1020)	(0.0175)	(0.0003)	(0.0031)		
Residencial	6.3991*	-0.2555*	0.002576*	0.03726*	0.7727	
	(0.1011)	(0.01691)	(0.0003)	(0.0032)	22.62	

* Significativo a nivel de 99%; error estándar entre paréntesis.

^a La variable dependiente es $\ln(\text{precio del terreno})$.

Fuente: (Rui Wang, 2009: 10).



Una vez mostrado lo anterior los resultados de Rui Wang son los siguientes:

- Un aumento de 10 mil en la población, aumenta el precio de la tierra en el centro urbano 0.24% para uso comercial y 0.26% para uso residencial.
- Cada mil yuanes de aumento en el PIB per cápita, aumenta el precio de la tierra 3.1% para uso comercial y 3.7% para uso residencial en todas partes de la ciudad.
- Cada kilómetro más alejado del centro urbano disminuye el precio de la tierra hasta 32% y la magnitud de las disminuciones con la distancia se reduce a medida que la población de la ciudad se hace más grande.

3.1.4. Cálculo del precio de la tierra de Rui Wang aplicado a León

Para aplicar el modo de cálculo de Rui Wang a la ciudad de León, Guanajuato, primero debemos explicar, que el método de Rui Wang requirió de una gran base de datos, la cual contaba con los precios en Yuanes y la distancia al centro urbano de la tierra de las distintas ciudades chinas que analizó. Dicha base de datos la consiguió gracias a que el gobierno chino lleva toda la información en una página web que se mencionó anteriormente (<http://www.landvalue.com.cn>) y con la que se crearon las figuras 23-28.

En la investigación realizada no se pudieron encontrar datos tan detallados, ya que no existe una base de datos pública de la información catastral en León. Lo más cercano a la información de Rui Wang, fue el estudio que Colliers International, 2018, realizado para Promexico, que a través del Mapa de Inversión de México (MIM) aparece como público y el cual está representado en la tabla 18.

Tabla 18. Costos Inmobiliarios de León, Guanajuato (Pesos mexicanos 2018)

Estado	Municipio	Costo de venta* de suelo industrial por m ²		Costo de alquiler** mensual por m ²	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Guanajuato	León/Silao	42.00	65.00	4.00	5.00

*Rango de precios por metro cuadrado, dentro de un parque industrial e incluye servicios básicos e infraestructura.

**Costo de alquiler mensual por metro cuadrado por un contrato de 5 años en arrendamiento neto triple.

Fuente: Colliers International, 2018.

Lo anterior es insuficiente y ya que no tenemos información tan detallada para realizar el estudio, tendremos que hacer suposiciones basándonos en el trabajo de Rui Wang. Primero recordemos la tabla 16, ya que no tenemos la mayoría de los datos que se requieren para construir esa misma tabla aplicada a León, Guanajuato, buscaremos ciudades chinas analizadas en el trabajo de Wang que sean similares a León, para realizar nuestro estudio de costos. Para realizar esto, será necesario primero encontrar las ciudades chinas en el trabajo de Rui Wang, que tengan PIB per cápita y número de habitantes similares a León. Aunque el estudio de Rui Wang es el más reciente de su tipo, fue realizado en el año 2009, por lo que los datos son de años anteriores, por lo que es necesario actualizarlos al año en el que tenemos los datos de León, que es el año 2015.



Antes de continuar es necesario aclarar lo que se hará. El trabajo de Rui Wang (2009), nos proporciona datos de las ciudades chinas, los cuales son datos que oscilan entre los años 1999-2003, como puede verse claramente en las figuras 23-28. Lo que se hará será comparar las ciudades chinas en los respectivos años de los datos de Rui Wang (2009) que van de 1999-2003, como se ve en las figuras 23-28, con los datos de León en el año 2015. Lo anterior no significa que se buscarán los valores reales de las ciudades chinas en el año 2015, sino que los valores de las ciudades chinas en los años que presenta el trabajo de Rui Wang (2009) serán convertidos en valores o datos del año 2015 para así poder realizar la comparación de, por ejemplo, la ciudad china Ezhou del año 2001 con la ciudad de León en el año 2015.

La tabla 19 expresa los datos de las figuras 23-28, presenta también el PIB per Cápita y población de la ciudad de León, Guanajuato, en el año 2015, el cual fue el año más reciente del que se encontró información. Para poder realizar la comparación adecuadamente era necesario llevar los valores del PIB a dólares, pero puesto que eran años diferentes, era necesaria llevarlos todos a 2015.

Para llevar a cabo lo anterior mencionado, se necesitaba traer el PIB Per Cápita de las ciudades de China de sus respectivos años, al valor que tendrían en el año 2015, para lo cual utilizaremos la fórmula de interés compuesto.

$$VF = VP(1 + i)^n$$

VF: Valor futuro

VP: Valor presente

i: Tasa de interés, la cual en este caso será la tasa promedio de inflación.

n: Número de periodos entre el valor presente y valor futuro

Hagamos un ejemplo con la primera ciudad de la tabla 19:

Entre 2001 y 2015 hay 14 años, la tasa promedio de inflación de esos años ha sido del 2.380504, la cual se encuentra en la tabla 20 con los demás promedios de inflación que se necesitaban para los cálculos de las demás ciudades, así que:

$$VF = 27,000(1 + 0.02380504)^{14} = 37,532.32 \text{ Yuanes}$$

El resultado anterior nos da el valor que esos yuanes tendrían en el año 2015, de esa forma se realizó para las demás ciudades. Una vez traídos al 2015 se hizo la conversión a dólares del mismo año, utilizando el precio promedio del dólar en el año 2015 para el peso y para el yuan. Dichos precios promedio del año 2015, para el peso y para el yuan se encuentran en la tabla 21 y 22.

También se puede calcular el valor del peso mexicano y el yuan chino en el año deseado, si se conoce el año inicial y el IPC (índice de precios al consumidor) de ambos años con la siguiente formula y los resultados serían los mismos.



$$\text{Valor Final} = \text{Valor inicial} * \frac{\text{IPC final}}{\text{IPC inicial}}$$

Tabla 19. Población y PIB per Cápita traídos al año 2015 (Marcadas en amarillo las más similares a León)

Ciudad	Población	PIB per Cápita (yuanes)	Valor 2015	PIB per Cápita (USD)
Beijing (2001)	7,400,000.00	27,000.00	37,532.32	6,027.14
Tianjin (2000)	5,000,000.00	28,000.00	39,113.64	6,281.08
Wuhan (2000)	4,400,000.00	27,000.00	37,716.73	6,056.76
Guangzhou (2000)	4,000,000.00	54,000.00	75,433.45	12,113.51
Shenyang (2000)	3,900,000.00	24,000.00	33,525.98	5,383.78
Chongqing (2000)	3,800,000.00	20,000.00	27,938.32	4,486.49
Harbin (2000)	2,600,000.00	21,000.00	29,335.23	4,710.81
Nanjing (2000)	2,600,000.00	30,000.00	41,907.47	6,729.73
Xi'an (2000)	2,500,000.00	24,000.00	33,525.98	5,383.78
Chengdu (1999)	2,200,000.00	29,000.00	40,051.67	6,431.71
Changchun (1999)	2,100,000.00	23,000.00	31,765.12	5,101.01
Dalian (2000)	2,100,000.00	38,000.00	53,082.80	8,524.32
Jinan (2000)	1,800,000.00	37,000.00	51,685.88	8,300.00
Zhengzhou (2000)	1,600,000.00	22,000.00	30,732.15	4,935.13
Kunming (2000)	1,500,000.00	32,000.00	44,701.30	7,178.38
Lanzhou (2000)	1,500,000.00	18,000.00	25,144.48	4,037.84
Shijiazhuang (2000)	1,500,000.00	29,000.00	40,510.56	6,505.40
Changsha (2000)	1,400,000.00	29,000.00	40,510.56	6,505.40
Hangzhou (1999)	1,400,000.00	44,000.00	60,768.05	9,758.46
Xuzhou (2003)	1,400,000.00	25,000.00	34,610.39	5,557.92
Nanchang (2000)	1,300,000.00	23,000.00	32,129.06	5,159.46
Guiyang (2000)	1,300,000.00	17,000.00	23,747.57	3,813.51
Suzhou (2002)	1,200,000.00	35,000.00	48,242.83	7,747.09
Yantai (2003)	1,000,000.00	29,000.00	40,148.05	6,447.19
Nanning (2000)	1,000,000.00	22,000.00	30,732.15	4,935.13
Zhuhai (2003)	800,000.00	58,000.00	80,296.11	12,894.38
Zhenjiang (2002)	600,000.00	25,000.00	34,459.16	5,533.64
Wuhu (2002)	600,000.00	24,000.00	33,080.80	5,312.29
Haikou (2000)	500,000.00	28,000.00	39,113.64	6,281.08
Neijiang (2001)	300,000.00	4,000.00	5,560.34	892.91
Ezhou (2001)	300,000.00	10,000.00	13,900.86	2,232.28
Jiaxing (2001)	300,000.00	18,000.00	25,021.55	4,018.10
Taizhou (2001)	300,000.00	20,000.00	27,801.72	4,464.55
Jinhua (2001)	300,000.00	12,000.00	16,681.03	2,678.73
Hulunbeier (2002)	200,000.00	11,000.00	15,162.03	2,434.80
León (2015)	1,578,626.00	129,970.00 (Pesos)		6,747.02

Fuente: Elaboración propia con datos Rui Wang, 2009: 6-8, tabla 20-23 y Unidad de Estudios Económicos de Banamex.



Tabla 20. Promedio de inflación China

% Promedio 1999-2015	% Promedio 2000-2015	% Promedio 2001-2015	% Promedio 2002-2015	% Promedio 2003-2015
2.038464451%	2.25346059%	2.380504%	2.49917363%	2.74772356%

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

Tabla 21. Promedio del tipo de cambio USD/MXN del año 2015

Fecha	TIPO DE CAMBIO USD/MXN
ene-15	11.11
feb-15	12.35
mar-15	15.41
abr-15	16.49
may-15	18.1
jun-15	19.14
jul-15	22.7
ago-15	25.85
sep-15	27.37
oct-15	22.91
nov-15	22.13
dic-15	17.6
Promedio	19.2633333

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco de México.

Tabla 22. Promedio del tipo de cambio USD/CNY del año 2015

Fecha	Tipo de cambio USD/CNY
ene-15	6.1272
feb-15	6.1339
mar-15	6.1507
abr-15	6.1302
may-15	6.1143
jun-15	6.1161
jul-15	6.1167
ago-15	6.3056
sep-15	6.3691
oct-15	6.3486
nov-15	6.3666
dic-15	6.4476
Promedio	6.227216667

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Central Chino.



Una vez revisada la tabla 19, podemos notar que los datos que son importantes son los de la ciudad de Shijiazhuang. La gráfica de precios de tierra residencial y comercial de Shijiazhuang están en la figura 25 y los valores son los mismos a los de la Tabla A. Dicha tabla refleja los precios de la tierra de Shijiazhuang con respecto a la distancia del centro de la ciudad. La tabla A proviene de la página web: <http://www.landvalue.com.cn>. La página anterior es la misma en la que se basó Rui Wang para el estudio de las ciudades chinas. Shijiazhuang tiene una población e ingreso per cápita similar a la de León, Guanajuato, por lo que podemos suponer que el comportamiento que más se asemeja a León, Guanajuato, sería el de esta ciudad. Los datos de Shijiazhuang y León de la tabla 19, se encuentran en la tabla B para observar más detalladamente la semejanza entre la ciudad china y León.

Ya que podemos suponer que la curva de precios de la tierra de la ciudad de León, Guanajuato, es bastante similar a la de Shijiazhuang; para poder representarla traemos los valores en yuanes a dólares del 2015, con el método de interés compuesto que utilizamos anteriormente y como resultado tenemos la gráfica 9. Los datos con los que se construyó la gráfica 9 provienen de la tabla C.

Resumiendo:

- Al no tener datos de los precios de la tierra de la ciudad de León, buscamos una ciudad china que tenga sus precios de la tierra publicados en una base de datos y que, además, tenga condiciones económicas y de población similares a León.
- Una vez encontrada una ciudad con dichas características, suponemos que los costos de la tierra de dicha ciudad son similares a los de León, Guanajuato.
- Los costos de la tabla C, reflejados en la gráfica 9, son los que utilizaremos como los costos de la tierra de León, pero son de la ciudad china Shijiazhuang en el año 2001, traídos a valores del año 2015.

Recordemos que las gráficas de los precios de las ciudades chinas que aparecen en las figuras 23-28 son construidas con la información de la página web del gobierno chino: <http://www.landvalue.com.cn>. Dicha página proporciona el precio de la tierra de cualquier zona de las ciudades chinas del estudio realizado por Rui Wang. Al no tener datos precisos de la ciudad de León, Guanajuato, supondremos que el comportamiento de los precios de la tierra de dicha ciudad es como el de la ciudad de Shijiazhuang, la cual mantiene similitudes de población y PIB per cápita como ya se mencionó anteriormente.



Tabla A. Precio de la tierra de Shijiazhuang respecto a la distancia del centro de la ciudad

Distancia en Km al centro de la ciudad	Precio de la tierra Comercial (Yuan 2015/m ²)	Precio de la tierra Residencial (Yuan 2015/m ²)
0.5	6984.5789	3492.28945
1	4889.20523	
2	3492.28945	2514.4484
3	2095.37367	1536.60736
4.5	1396.91578	1257.2242
5.5	1117.53262	977.841046
6	698.45789	558.766312

Fuente: Elaboración propia con datos de <http://www.landvalue.com.cn>.

Tabla B. Comparación de población y PIB per Cápita entre Shijiazhuang y León

Ciudad	Población	PIB per Cápita (yuanes)	Valor 2015	PIB per Cápita (USD)
Shijiazhuang (2000)	1,500,000.00	29,000.00	40,510.56 (Yuanes)	6,505.40
León (2015)	1,578,626.00		129,970.00 (Pesos)	6,747.02

Fuente: Elaboración propia con datos Rui Wang, 2009: 6-8, tabla 20-23 y Unidad de Estudios Económicos de Banamex.

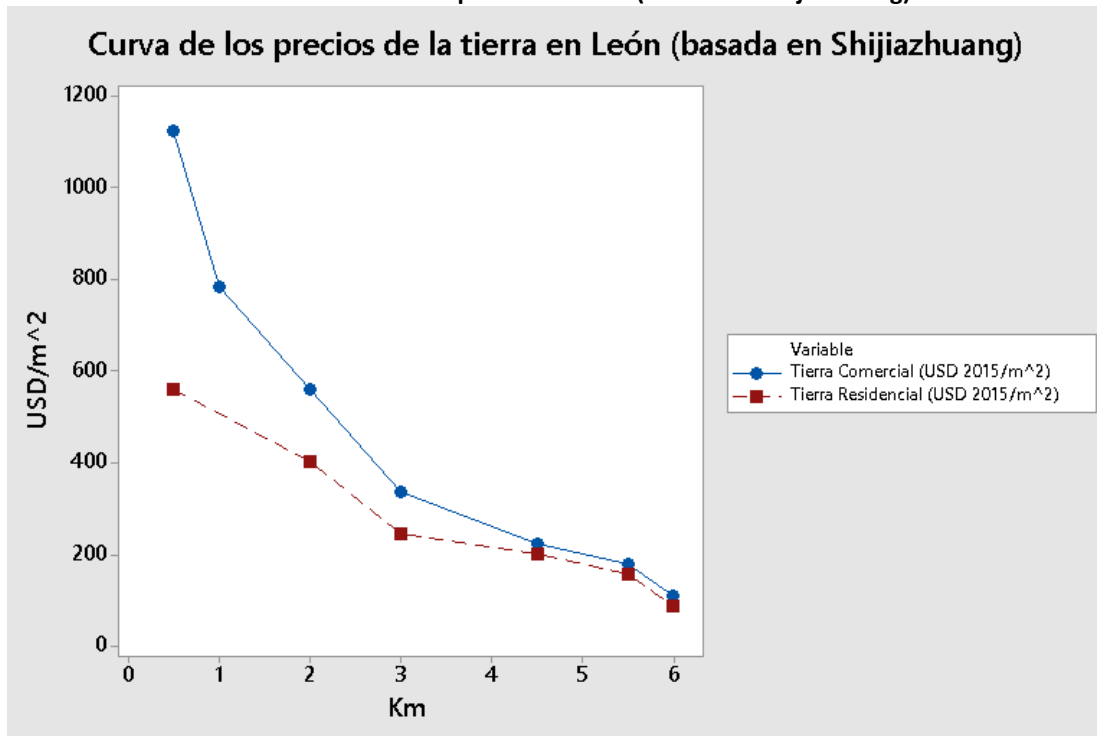
Tabla C. Precios de la tierra de León (basado en Shijiazhuang) respecto a la distancia del centro de la ciudad

Distancia en Km al centro de la ciudad	Precio de la tierra Comercial USD 2015/m ²	Precio de la tierra Residencial USD 2015/m ²
0.5	1121.62131	560.810654
1	785.134915	
2	560.810654	403.783671
3	336.486392	246.756688
4.5	224.324261	201.891835
5.5	179.459409	157.026983
6	112.162131	89.7297046

Fuente: Elaboración propia con datos de <http://www.landvalue.com.cn>.



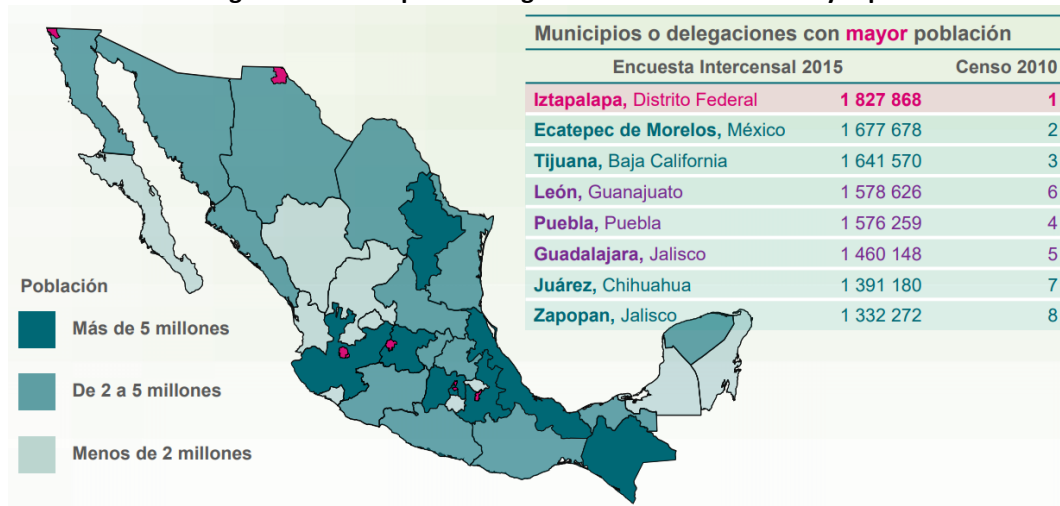
Gráfica 9. Curva de los precios en León (basada en Shijiazhuang)



Fuente: Elaboración propia con datos de The Structure of Chinese Urban Land Prices: Estimates from Benchmark Land Price Data.

Recordemos que el estudio de Rui Wang tenía datos detallados de 35 ciudades, por lo que, si quisiéramos hacer un estudio similar al de las ciudades chinas, tendríamos que elegir 35 ciudades mexicanas que tuvieran poblaciones grandes. Un problema con lo anterior es que ningún municipio de México, tiene una población tan alta como las de las ciudades chinas más pobladas mostradas en el estudio de Wang. Entre las primeras que se sugerirían para el estudio serían las de la figura 29.

Figura 29. Municipios o delegaciones en México con mayor población.



Fuente: (INEGI, 2015: 15)



Ya que el propósito de este estudio es la comparación del costo público-privado del automóvil, el transporte público y la bicicleta en la ciudad de León, Guanajuato, es indispensable el cálculo del precio de la tierra solo en la ciudad leonesa. Un estudio análogo al de Rui Wang en México, tendría el problema de no contar con la base de datos que posee el gobierno chino. Por lo que, para realizar dicho estudio, sería necesario primero la construcción de la base de datos pública.

Una vez mencionado lo anterior, lo que continúa es la determinación de los precios de la tierra en la ciudad de León, Guanajuato, basados en los resultados de Rui Wang. Primero recordemos la ecuación inicial del estudio:

$$p_i = \theta e^{\rho u_i}$$

p_i es el precio unitario de la tierra en la ubicación i (a la distancia i del centro).

u_i es la ubicación a la distancia i del centro.

θ es el precio unitario de la tierra en el centro.

ρ es la tasa a la cual el precio cambia con la distancia desde el centro, que no es igual al gradiente o la pendiente de la curva del precio de la tierra.

Puesto que ya tenemos los resultados y la ciudad que elegiremos, podemos poner valores a nuestra ecuación para determinar el precio de la tierra en la ciudad de León, Guanajuato.

$$\theta_{\text{Residencial}} = 681.24$$

$$\theta_{\text{Comercial}} = 1210.8$$

$$\rho = -0.32$$

Siendo la θ el precio en el centro de la ciudad de Shijiazhuang y ρ la tasa a la cual disminuye el precio de la tierra. Lo anterior quiere decir que por cada kilómetro que te alejas del centro, la tierra pierde un valor de 32%, el cual fue el resultado promedio del trabajo de Rui Wang y que ya mencionamos antes.

La ecuación para modelar la relación entre el precio de la tierra y la distancia del centro urbano es:

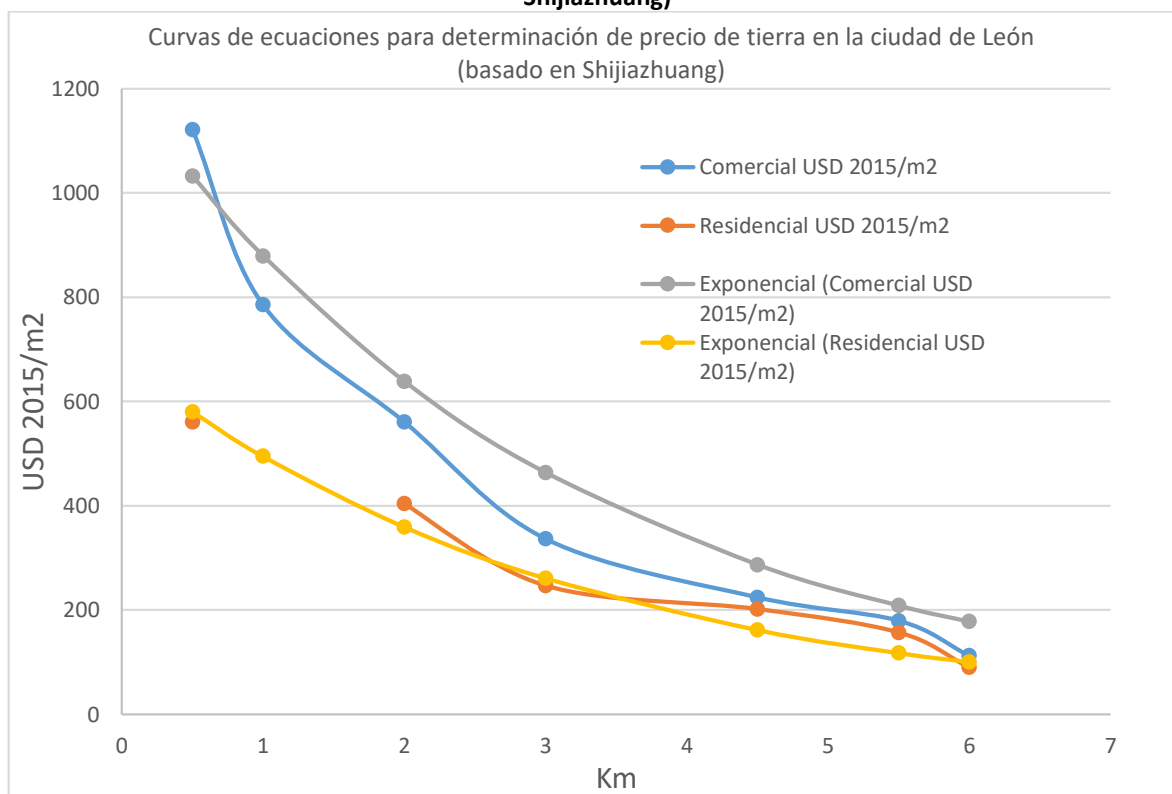
$$\text{Ecuación 8: Residencial } p_i = 681.24e^{-0.32u_i} \quad \text{Ecuación 9: Comercial } p_i = 1210.8e^{-0.32u_i}$$

En la gráfica 10 pueden verse plasmadas las curvas de las ecuaciones con las respectivas curvas de precios de la gráfica 9, en la cual puede notarse una tendencia muy similar. Las curvas de precios de la tierra de nuestro supuesto de la ciudad de León, Guanajuato, tienen un coeficiente de determinación y correlación positivo superior a 0.94. El coeficiente de correlación se calculó con los datos de la tabla C con el programa Minitab. En el estudio de Wang, el promedio de los coeficientes de correlación y determinación de las 35 ciudades es de 0.77, pero aquí nos enfocamos solo en la ciudad de Shijiazhuang. Al no hacer un análisis de todas las ciudades, ya que nos enfocamos solo en la ciudad china Shijiazhuang, podemos utilizar la primera ecuación que expone el trabajo de Rui Wang. Recordemos que Wang fue haciendo más compleja su ecuación, pero esto fue debido a que manejaba muchas ciudades en su estudio.



Ya que no dividiremos el territorio de la ciudad de León, en residencial y comercial, se utilizará solo la ecuación 9 para el cálculo del precio de la tierra en León. Esto debido a que no hay una fuente de información que proporcione las zonas en León que son residenciales y las que son comerciales, lo cual tiene sentido ya que tampoco hay fuentes que detallen los precios a determinadas distancias del centro de la ciudad. Lo más cercano a la información que necesitaríamos sería la tabla 18, la cual ya se mencionó que es insuficiente.

Gráfica 10. Curvas de ecuaciones para determinación de precio de tierra en la ciudad de León (basado en Shijiazhuang)



Fuente: Elaboración propia con datos de The Structure of Chinese Urban Land Prices: Estimates from Benchmark Land Price Data.

3.2 Modelo de Rui Wang para el cálculo del costo público-privado de distintos medios de transporte y su adaptación a León, Guanajuato

Para esta parte se explicará el trabajo de Rui Wang llamado “Autos, transit and bicycles: Comparing the costs in large Chinese cities”, que como se mencionó al principio, realiza un estudio de costos público-privado de distintos modos de transporte en china. Basándose en este trabajo determinaremos los costos de transporte del automóvil, transporte público y bicicleta en la ciudad de León, Guanajuato, posteriormente se hará la comparación de costos en la sección 3.4. Debe resaltarse que no se adaptará exactamente el trabajo de Wang (2010) a la ciudad de León, ya que habrá diferencias técnicas significativas, las cuales serán enlistadas exactamente al final de este capítulo.



El estudio de Rui Wang, compara los costos totales de siete modos de pasajeros en las grandes ciudades chinas, que enfrentan la difícil pero crucial elección entre los sistemas alternativos de transporte de pasajeros. Los siete modos se evalúan a volúmenes de tráfico variados, en corredores de conmutación radiales y circunferenciales hipotéticos (Wang, R. 2010: 1).

El estudio de Wang realiza estimaciones de los costos privados y públicos, de distintos modos de transporte en 35 ciudades chinas y finalmente compara dichos costos a diferentes volúmenes de tráfico en las ciudades chinas; por lo que nos basaremos en su estudio para realizar una adaptación en León, Guanajuato.

El estudio es realizado en ciudades con población de 1.5 millones a 3 millones de personas, rangos en los que se encuentra la población de León, Guanajuato, ya que, según datos del INEGI, la población de la ciudad de León, Guanajuato, al 2015 es de 1,578,626 habitantes. El estudio realizado en ciudades chinas fue basado de estudios en ciudades occidentales por lo que es posible basarse en este estudio para nuestro propósito.

Las ciudades (de 1.5 millones a 3 millones de personas) con centros provinciales o sub-provinciales, están entre las ciudades de más rápido crecimiento en términos de población y motorización en china. El crecimiento rápido de China, forzó a las ciudades de los centros regionales a invertir fuertemente y a mantener los sistemas de transporte a flote, a menudo sin llevar a cabo evaluaciones apropiadas de una amplia gama de alternativas. El estudio de Rui Wang evalúa siete alternativas modales, comparando la suma de los costos de tierra, capital, operación, tiempo de viaje, seguridad y medio ambiente, de los principales modos de pasajeros, en hipotéticos corredores urbanos conmutadores (Wang, R. 2010: 1).

Las ventajas de utilizar el trabajo de Rui Wang y adaptarlo en León, Guanajuato, serían:

- Las ciudades que analiza Wang, tienen una población y PIB per cápita similares a León, Guanajuato, por lo que podemos suponer tienen comportamientos similares, así que políticas y estudios que se realicen en las ciudades chinas pueden ser acertados en la ciudad de León, Guanajuato.
- Como se menciona más adelante el trabajo de Wang fue creado para las ciudades chinas, pero Wang se basó en estudios de ciudades occidentales por lo que sus trabajos pueden ser utilizados en ciudades orientales, así como en ciudades occidentales.

Como desventaja encontramos que hay diferencias políticas, culturales e ideológicas entre ciudades orientales y occidentales; a pesar de que haya otras similitudes siempre podría haber variaciones significativas entre estudios similares aplicadas a ambas.

Además de las ventajas mencionadas arriba, el estudio de Wang se basa en una serie de estudios desarrollados para ciudades industrializadas occidentales, siguiendo el trabajo de Meyer (1965). La investigación de Meyer (Citado en Wang, R. 2010: 1), comparó los costos de capital y operativos del ferrocarril, el autobús y el automóvil para los viajes diarios en los corredores urbanos típicos de los EE. UU. Descubrieron que los costos relativos de estos



tres modos dependen del volumen de tráfico en el corredor. El automóvil era el menos costoso en los corredores con volúmenes bajos, el autobús era el menos costoso en los corredores con volúmenes intermedios o más altos y en algunas situaciones, el autobús era el menos costoso en los corredores con volúmenes altos.

Rui Wang fue pionero en su trabajo ya que estudió aspectos que no habían sido analizados anteriormente. Extiende la literatura existente en tres aspectos. En primer lugar, proporciona estimaciones de costos de referencia para los contextos socioeconómicos y espaciales específicos de las ciudades chinas. Además de los corredores radiales, los corredores circunferenciales son modelados por primera vez. En segundo lugar, el estudio incluye una gama más amplia de modos, sobre todo la bicicleta, con gran presencia en las ciudades chinas. El estudio también considera las categorías ampliadas de costos, incluyendo los de la contaminación acústica y el calentamiento global (Wang, R. 2010: 2).

3.2.1. Metodología para la comparación de los costos de distintos medios de transporte

La comparación intermodal a costo total representa las principales categorías de costos cuantificables, que incluyen: capital, operación, tiempo del usuario, seguridad y costos ambientales. Es importante señalar que la comparación de Wang excluye los costos relacionados con la fiabilidad del servicio y los niveles de comodidad, conveniencia y privacidad, principalmente debido a la falta de las estimaciones de la calidad de datos chinos y las dificultades conocidas en la transferencia de estimaciones a través del espacio y el tiempo (Wang, R. 2010: 2).

En el presente estudio se utilizarán los costos de operación, capital y medio ambiente. Excluiremos los costos de tiempo del usuario y seguridad, debido a la falta de información y estudios al respecto en México.

3.2.2. Supuestos sobre los corredores en León, Guanajuato

En el trabajo de Rui Wang se utilizan los patrones de demanda de viajes en los corredores y las características de una gran ciudad china. Además de la alta población, las ciudades chinas comparten ciertas características que las hacen diferentes de las ciudades occidentales industrializadas, debido a su historia y antecedentes institucionales.

Las características que hacen diferentes a las ciudades chinas de las occidentales incluyen curvas de densidad más plana y usos menos segregados de la tierra, debido a:

- a) El legado socialista del sistema de la unidad de trabajo Danwei; en China, las actividades sociales y económicas se planifican de manera centralizada, por lo que las ciudades tienden a ser más homogéneas desde el punto de vista estructural, con numerosos distritos industriales y residenciales mixtos independientes y autosuficientes llamadas unidades o "Danwei" en chino (Wang, R. 2010: 2).



- b) La brecha de servicios entre las zonas urbanas y las zonas rurales circundantes, la cual es causada por la doble economía rural, urbana y el sistema administrativo (Wang, R. 2010: 2).

Una de las características de una ciudad china es el crecimiento de su población a los alrededores, es decir que es común que en las ciudades chinas existan asentamientos de nuevos ciudadanos en los límites de la ciudad.

Pueden verse ejemplos en Monson (Citado en Wang, R. 2010: 3) de que un número considerable de comunidades residenciales en forma de súper bloques de alta densidad, han estado creciendo en las afueras de la ciudad central, normalmente distribuidas a lo largo de corredores radiales conectados a la ciudad central.

Lo anterior podría ser un problema, ya que exhibe características que por lo general sólo se encuentran en las ciudades chinas y por las que el estudio podría no funcionar. Sin embargo, también existen similitudes entre las ciudades chinas y León, Guanajuato, por las que podemos utilizar el estudio de Wang para nuestro propósito.

Además del parecido a la ciudad de León, Guanajuato, por la alta población y rápido crecimiento; como menciona Rui Wang en la parte anterior, en las ciudades chinas hay un crecimiento de la población a las orillas de la ciudad. Existe también un crecimiento a las orillas de la ciudad de León, en los polígonos de desarrollo que alojan más de 156 mil viviendas, donde el crecimiento urbano por autoconstrucción va generando asentamientos en la periferia (Plan Municipal de Desarrollo, León, 2015: 14). Los crecimientos en la periferia, el parentesco económico y el tamaño de población son las similitudes entre la ciudad china, Shijiazhuang y la ciudad de León, por las que consideraremos que sus costos de tierra son los mismos.

Ahora se explicarán las características de la infraestructura de las ciudades chinas, como los corredores y los anillos, para después aplicar esta misma forma de ver la ciudad china sobre León.

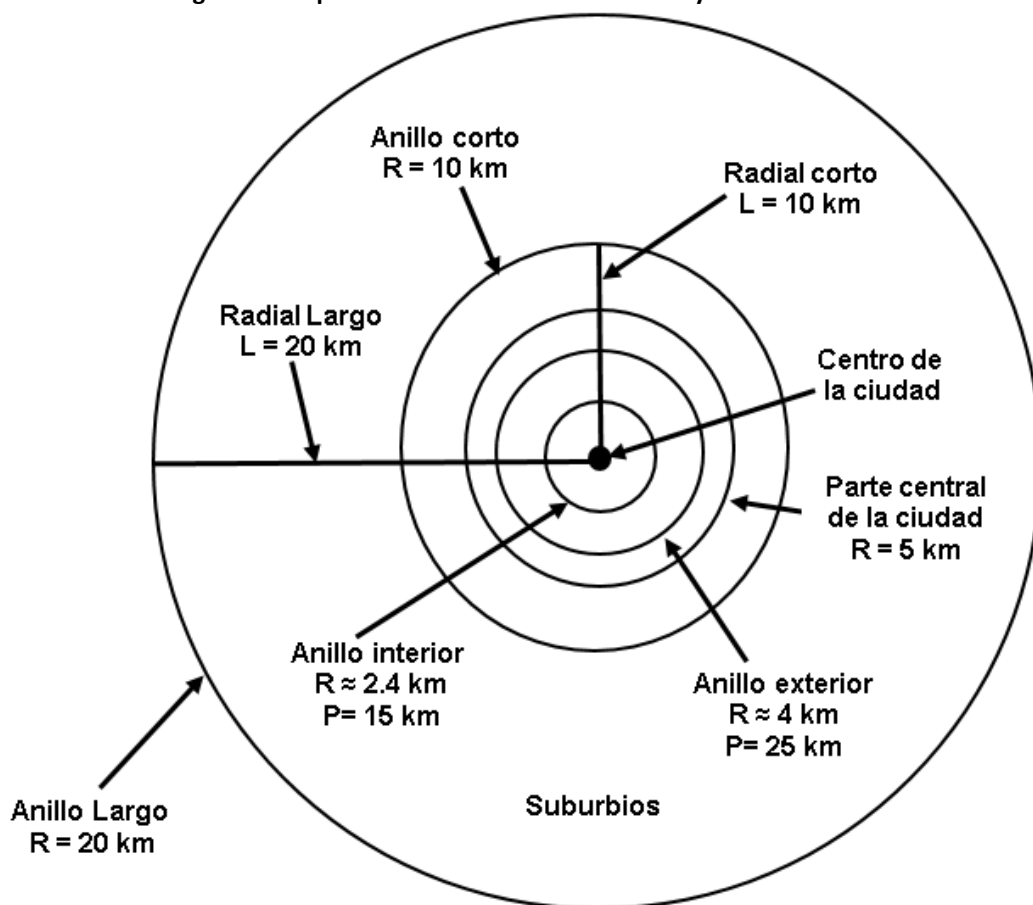
Según el patrón único de desarrollo espacial de las ciudades chinas, se supone que los hipotéticos corredores de desplazamiento se ubican en una ciudad circular con una ciudad central de uso mixto que tiene un radio de 5 km y que contiene la mayoría de los puestos de trabajo y una proporción significativa de residentes urbanos. La ciudad central está rodeada por un cinturón suburbano, formado principalmente por zonas residenciales desarrolladas a lo largo de corredores radiales, como se muestra en la Figura 30 (Wang, R. 2010: 3).

Se asume que en la zona central de la ciudad el uso de la tierra está completamente mezclado con empleos y residentes uniformemente distribuidos, mientras que en los suburbios los hogares están uniformemente distribuidos a lo largo de corredores radiales. La figura 30 representa los cuatro corredores de conmutación hipotéticos: dos radiales y



dos circunferenciales. Los corredores radiales sirven a los residentes suburbanos que trabajan dentro de la zona central y se supone que los corredores circunferenciales ("anillo") llevan a trabajadores que viven en la zona central para trabajar en otros lugares de la misma zona. Los dos corredores radiales conectan el centro de la ciudad con los residentes suburbanos y tienen 10 y 20 km de longitud, y con ellos se forman los anillos corto y largo. Los dos corredores circunferenciales forman un anillo interior de 15 km de largo, a aproximadamente 2,4 km del centro de la ciudad y un anillo exterior de 25 km a unos 4 km del centro de la ciudad. Dados los supuestos anteriores sobre las ubicaciones de trabajo y vivienda, el volumen de tráfico entrante de la mañana a lo largo del corredor radial, aumenta linealmente desde cero en su extremo suburbano, hasta un número máximo en el límite de la ciudad central y luego disminuye linealmente hasta cero al llegar al centro de la ciudad. Los corredores de anillo experimentan volúmenes de tráfico equilibrados y uniformemente distribuidos (Wang, R. 2010: 3).

Figura 30. Representación de una ciudad china y sus corredores



Fuente: (Rui Wang, 2010: 2).

Basados en lo anterior, adaptaremos la representación de la ciudad china y sus corredores a la ciudad de León, Guanajuato:



Aproximadamente el radio de León, Guanajuato, es de 10 km el cual está representado en la Figura 31.

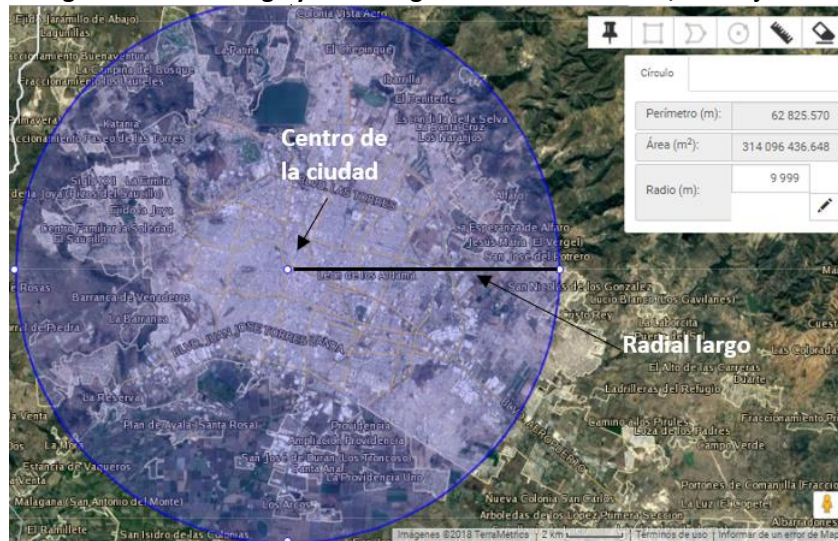
Por lo tanto:

- El corredor radial largo (Long radial) de León mide 10 km, que sería igual que el de la Figura 31.
- El corredor radial corto (Short radial) de León mide 5 km, el cual está en la Figura 32.
- El anillo largo de León mide 10 km, que sería igual que el de la Figura 31.
- El anillo corto de León mide 5 km, el cual está en la Figura 32.
- El anillo interior de León tiene una distancia de 1.2 km del centro de la ciudad, formando un anillo con perímetro de 7.54 km, el cual se encuentra en la Figura 33.
- El anillo exterior de León tiene una distancia de 2 kilómetros del centro, formando un anillo con perímetro de 12.57, representado en la Figura 34.
- Por último, la parte central de la ciudad de León tiene un radio de 2.5 km, mostrándose en la Figura 35.

Como se mencionó anteriormente, una de las características en las ciudades chinas, es que, en el radio del centro de la ciudad china, que es de 5 km, se encuentran la mayoría de los empleos. En León, Guanajuato, según datos del INEGI con su herramienta DENU, existen un total de 81,489 unidades económicas, que son establecimientos o actividades que generan empleos desde 1 a más de 250 personas. En el radio de 2.5 km del centro de la ciudad de León, según el INEGI con su herramienta DENU se encuentran 27,225 unidades económicas, es decir que en el centro se concentran el 33.4% de los empleos de la ciudad de León, que es un poco más de un tercio. Con lo anterior dicho, la mayoría de puestos de trabajo se encuentran en el centro de la ciudad, por lo que León es similar en esta característica a las ciudades chinas.

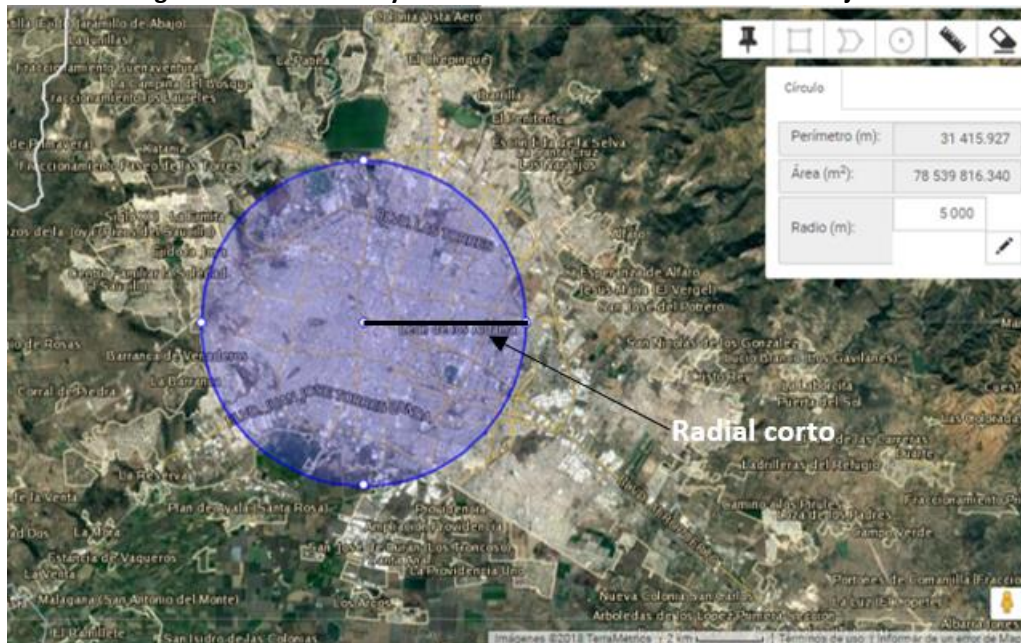


Figura 31. Radial largo y anillo largo de la ciudad de León, Guanajuato



Fuente: Elaboración propia con la herramienta de INEGI: DENU.

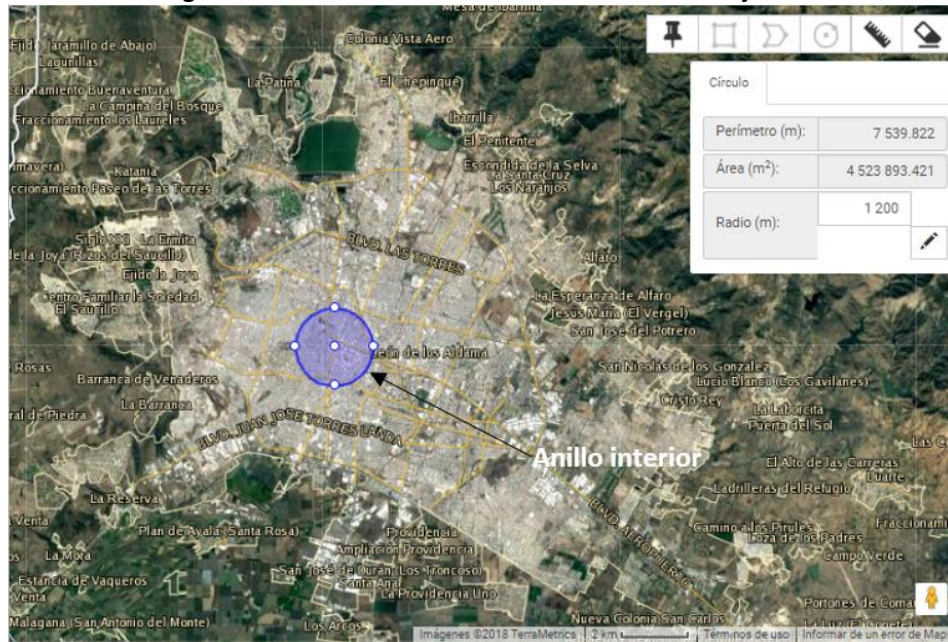
Figura 32. Radial corto y anillo corto de la ciudad de León Guanajuato



Fuente: Elaboración propia con la herramienta de INEGI: DENU.

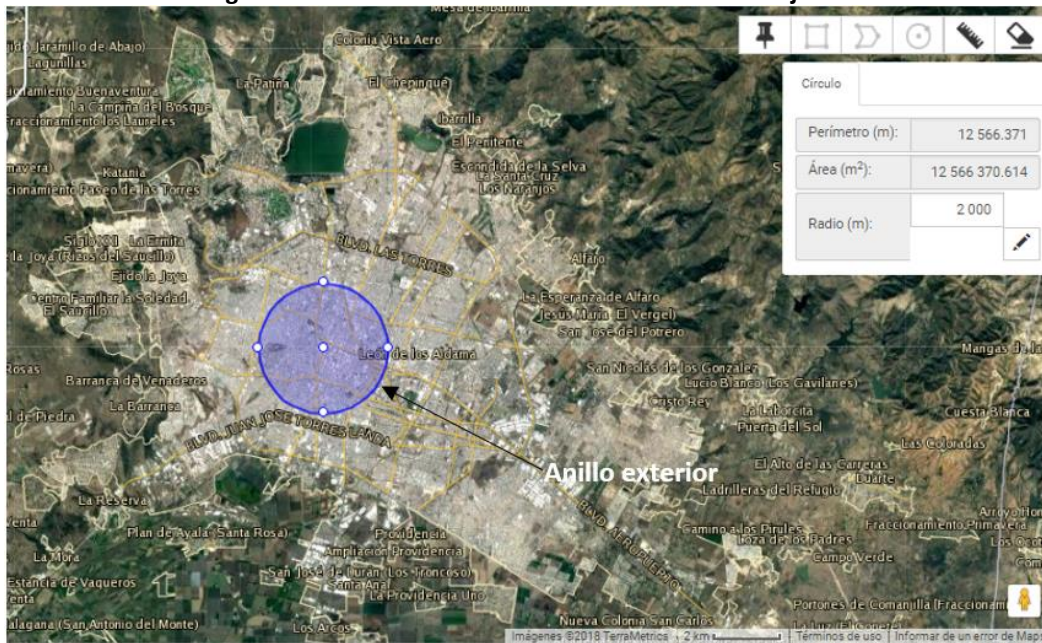


Figura 33. Anillo interior de la ciudad de León Guanajuato



Fuente: Elaboración propia con la herramienta de INEGI: DENU.

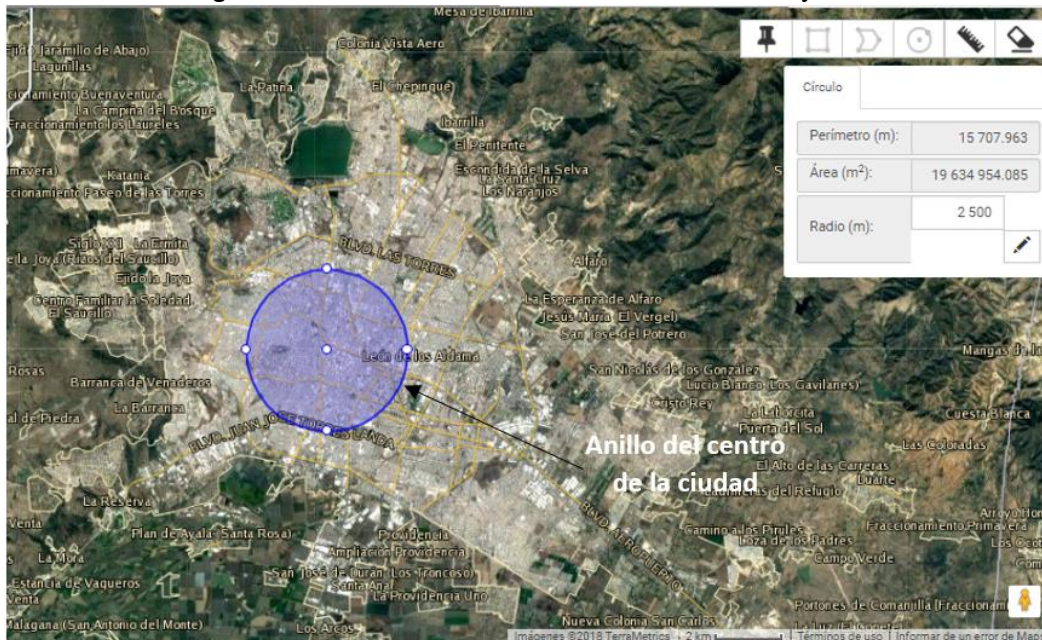
Figura 34. Anillo exterior de la ciudad de León Guanajuato



Fuente: Elaboración propia con la herramienta de INEGI: DENU.



Figura 35. Anillo del centro de la ciudad de León Guanajuato



Fuente: Elaboración propia con la herramienta de INEGI: DENU.

3.2.3. Alternativas modales

En esta sección se expondrán los vehículos con los que haremos el estudio.

El trabajo de Rui Wang evalúa siete modos de transporte de pasajeros:

1. Tránsito ferroviario pesado (“Metro”), que utiliza trenes de unidades múltiples, propulsados eléctricamente, que operan en un derecho de paso completamente separado, ubicado bajo tierra en el centro de la ciudad (Wang, R. 2010: 4).
2. Tránsito de trenes ligeros (“LRT”), que utiliza trenes de unidades múltiples, propulsados eléctricamente, que operan en un derecho de paso completamente separado, que es privado y prioriza la señal en las intersecciones (Wang, R. 2010: 4).
3. Bus arterial (“BUS”), que usa diésel y opera en el tráfico de vehículos motorizados mixtos en calles arteriales urbanas (Wang, R. 2010: 4).
4. Tránsito rápido en autobús (“BRT”), compuesto por autobuses de diésel, que operan con un derecho de paso completamente separado, privado y con priorización de señal en pasos de nivel (Wang, R. 2010: 4).
5. Autobús expreso (“FLIER”), compuesto por autobuses de diésel, que operan en tráfico mixto en vías urbanas de acceso limitado (Wang, R. 2010: 4).
6. Automóviles (“AUTO”), impulsados por gasolina y que usan vías urbanas expresas como línea troncal (Wang, R. 2010: 4).
7. Bicicletas, definidas como vehículos de dos ruedas propulsados por humanos que operan en calles urbanas arteriales y locales (Wang, R. 2010: 4).



La Tabla 23 resume las capacidades máximas en un solo sentido de todos los modos de transporte que analiza Rui Wang (2010), tomando en cuenta que los vehículos no estén totalmente ocupados.

Tabla 23. Límites de capacidad unidireccional de los modos de tránsito.

Modo de transporte	Velocidad (kph) Puede variar	Frecuencia (por hora)	Ancho del vehículo (m)	Longitud del vehículo (m)	Capacidad del vehículo (personas)	Capacidad del sistema (pph)
METRO	36	36	2.8	19.5 x 12 =234	121 x 12 = 1452	52,272
LRT	30	30	2.6	19 x 8 = 152	110 x 8 =880	26,400
BRT	27	200	2.5	27	130	26,000
BUS	Varia	180	2.5	27	130	23,400
FLIER	Varia	200	2.5	20	76	15,200

Fuente: Rui Wang, 2010: 3.

Observamos la gran cantidad de tipos de transporte que existen en las ciudades chinas y aun así, consideran a la bicicleta como una alternativa viable.

Para la ciudad de León, nosotros evaluaremos 3 medios de transporte:

- Autobús del Optibus, “Oruga”.
- Automóvil.
- Bicicleta.

Cabe señalar que los autobuses del sistema Optibus funcionan con diésel (Periódico am, 2018). Para este estudio se tomarán en cuenta unidades comunes auxiliares, alimentadoras y convencionales, que son las líneas de transporte que actualmente funcionan en León y que se pueden verificar en la página del Sistema Integrado de Transporte de León, Guanajuato.

Los datos de la tabla 23 fueron recreados en la tabla 24 con los datos de León.

Tabla 24. Límites de capacidad unidireccional de las unidades bi-articuladas

Modo de transporte	Velocidad (kph)	Frecuencia (por hora)	Ancho del vehículo (m)	Longitud del vehículo (m)	Capacidad del vehículo (personas)	Capacidad del sistema (pph)
Unidades bi-articuladas (Oruga)	20 Km/h	20*	2.55	18	165	3,300
Unidades comunes (Auxiliares, Alimentadoras y Convencionales)	20 Km/h	412*	Aprox 2.55 (Varía dependiendo la ruta)	Aprox 9 Varía dependiendo la ruta	44	18,128

Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema Integrado de Transporte SIT y el Observatorio ciudadano de León

*Frecuencia a la que pasa una Oruga multiplicado por el número de líneas del Optibus.



3.3. Costos público-privado del automóvil, transporte público y bicicleta en León, Guanajuato

Como ya se mencionó antes, este trabajo no será una réplica exacta del método de costeo de Rui Wang (2010), pero será similar, las diferencias serán enlistadas al final de la sección 3.3.

Los diferentes costos requeridos de Rui Wang, se estiman a partir de una variedad de fuentes primarias y secundarias. Los costos de la tierra se calculan de acuerdo con Wang (2009), que estima el precio de la tierra de las ciudades chinas, en función de la distancia del centro urbano, el tamaño de la población y el PIB per cápita promedio, basado en precios de referencia de la tierra publicados por los gobiernos de las ciudades y los cuales ya se mencionaron y explicaron en la sección 3.1. En esa misma sección se explica cómo se adaptó el modelo de costeo de tierra de las ciudades chinas a la ciudad de León.

Los costos que el Doctor Wang utiliza en su trabajo son los costos de capital y operación para los distintos modos de transporte que analiza, este trabajo utilizara también los costos de capital y operación, pero con ciertas diferencias. Las tablas 25-30 exponen los costos que utilizaremos para el cálculo de la ciudad de León. Para la parte ambiental usaremos sólo los costos de contaminación del aire, ya que los otros costos usados en el trabajo del Doctor Wang, como ruido, cambio climático y costo de seguridad no tienen estudios realizados en México.

Tabla 25. Costo de la contaminación del aire por el transporte vehicular en 2018

Zona	Costo anual por contaminación vehicular del aire
México	\$3,381,333,333.33
Guanajuato	\$105,666,666.67
León	\$2,297,101.45

Fuente: Elaboración propia con la herramienta del Instituto Mexicano para la Competitividad: Calculadora del aire del IMCO.

En la tabla 25 está reflejado el costo anual por contaminación vehicular del aire, es decir el costo anual por contaminar con vehículos motorizados. El costo de la contaminación del aire está compuesto por los gastos que realiza el estado en materia ambiental, los gastos en salud que realizan los ciudadanos por enfermedades causadas por la contaminación del aire y la disminución de productividad causada por la contaminación.



Tabla 26. Costos del sistema integrado de transporte (SIT) para sus unidades comunes, Auxiliares, Alimentadoras y Convencionales para el año 2015

Grupo	Concepto	Costo \$/Km	%	Costo Mes/vehículo (\$)	Costo Mes Rutas (\$)	Costo anual (\$)
Costos variables	Combustible	\$6.7493	28.54%	\$32,734	\$48,348,201	\$580,178,412
	Llantas	\$0.3543	1.50%	\$1,718	\$2,537,937	\$30,455,239
	Aceites y lubricantes	\$0.3345	1.41%	\$1,622	\$2,395,865	\$28,750,386
	Mantenimiento	\$2.7786	11.75%	\$13,476	\$19,904,404	\$238,852,853
	Lavado	\$0.2026	0.86%	\$983	\$1,451,623	\$17,419,478
Costos fijos	Gastos de personal	\$5.6395	23.84%	\$27,352	\$40,398,233	\$484,778,798
	Gastos de servicios administrativos	\$0.1657	0.70%	\$803	\$1,186,757	\$14,241,084
	Gastos Pagobus	\$0.8531	3.61%	\$4,138	\$6,111,290	\$73,335,477
	Impuestos y seguros	\$0.2524	1.07%	\$1,224	\$1,808,118	\$21,697,418
Costos de capital	Depreciación de Instalaciones	\$0.0628	0.27%	\$304	\$449,702	\$5,396,428
	Depreciación de unidades	\$3.3820	14.30%	\$16,403	\$24,226,927	\$290,723,126
	Remuneración al capital por equipo de transportes	\$2.2856	9.66%	\$11,085	\$16,372,941	\$196,475,293
	Remuneración al capital por instalaciones	\$0.5915	2.50%	\$2,869	\$4,237,274	\$50,847,292
TOTAL COSTOS		\$23.6519	100.00%	\$114,711	\$169,429,272	\$2,033,151,284

Fuente: Unidad de Transparencia Municipal de León, Guanajuato, 2015: 26.

En la tabla 26 están reflejados los costos del Sistema Integral de Transporte de León, Guanajuato. Los costos que utilizaremos de la tabla 26 para el estudio, serán el costo anual total dividido entre las 108 líneas que maneja el SIT, lo cual nos da un igual de \$18,825,474.8518519 de pesos.

Tabla 27. Costo anual de tener un automóvil (2018)

	Automóvil
Combustible	\$20,198
Llantas	\$1,126.19
Reparación y mantenimiento	\$2,690.90
Impuestos Anuales (Refrendo y verificación)	\$666.00
Depreciación	\$11,888.57
Total	\$36,569

Fuente: Elaboración propia con datos de Secretaria de Finanzas, Inversión y Administración del estado de Guanajuato, Secretaria de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial de Guanajuato, Michellin, Good Year, Pirelli, Nissan, Volkswagen, Chevrolet, Ford, Carmudi Mexico, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y su Herramienta: Ecoetiquetado.



Tabla 28. Costo anual de tener una bicicleta (2018)

Grupo	Concepto	Costo anual (\$)
Bicicleta	Mantenimiento	\$ 300.00

Fuente: Elaboración propia con datos de Benotto.

Tabla 29. Costo de mantenimiento de los caminos y ciclovías en León (2017)

	Concepto	Costo anual (\$)
Carretera León	Mantenimiento	\$103,518,227.00
Ciclovía	Mantenimiento	\$5,000,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos del Gobierno del Estado de Guanajuato, SEDEMA y Unidad de Transparencia Municipal de León, Guanajuato.

Tabla 30. Costo de la tierra por metro cuadrado*

	Anillo Corto	Anillo Largo	Anillo Interior	Anillo Exterior
USD (2015)	244.456304	49.3548766	824.713932	638.445667
Pesos (2015)	4709.04327	950.739439	15886.73938	12298.5917

*Estos costos fueron determinados con la ecuación 8 de la sección 3.1.4.

Como mencionamos antes, los costos de la tierra son diferentes y dependen de la distancia a la que se este del centro de la ciudad. En el capítulo 3.1.4. obtuvimos la ecuación para determinar el precio en la tierra a cualquier distancia del centro de la ciudad:

$$p_i = 1210.8e^{-0.32u_i}$$

Con la ecuación anterior se obtuvo el costo por metro cuadrado de los distintos corredores, dichos costos se encuentran reflejados en la tabla 30. Para ejemplificar lo anterior, determinaremos el costo por metro cuadrado de la tierra en el anillo corto.

Primero expliquemos:

$$p_i = 1210.8e^{-0.32u_i}$$

p_i es el precio unitario por metro cuadrado de la tierra en la ubicación i (a la distancia i del centro).

u_i es la ubicación a la distancia i del centro.

1210.8 es el precio unitario en dólares de la tierra en el centro.

-0.32 es la tasa a la cual el precio cambia con la distancia desde el centro.

El anillo corto se encuentra a una distancia de 5km del centro de la ciudad, por lo que $u_i=5$

Sustituyendo lo anterior:

$$p_i = 1210.8e^{-0.32(5)} = 244.456304 \text{ USD (2015) /m}^2$$

Posteriormente multiplicamos la cifra anterior por 19.26333, que era el tipo de cambio USD/MXM (Dólar/Peso) en el año 2015 y con esto se determina el precio de la tierra en pesos, dándonos como resultado 4709.04327 Pesos (2015) /m². Con la metodología anterior se calcularon los costos de la tierra por metro cuadrado de la ciudad de León de los diferentes corredores. El ejemplo fue realizado con el anillo corto que está a una distancia de 5 km del centro; se procedería de igual forma con el Anillo Largo, el Anillo Interior y el



Anillo Exterior, que se encuentran a 10 km, 1.2 km y 2 km de distancia del centro respectivamente.

Para el estudio es útil la estimación del valor del tiempo, Rui Wang aclara que no es un tema muy conocido o que haya sido tomado en cuenta, pero considera que es relevante.

Rui Wang estima el valor del tiempo de los vehículos como el autobús y el auto como el 50% de la tasa salarial bruta de un conductor, mientras que el tiempo de caminar y de espera se valora 1.8 veces el valor del tiempo del vehículo. Existe poca investigación sobre el valor temporal de los desplazamientos en bicicleta. Dado que las bicicletas son impulsadas por el poder humano y los ciclistas, como los peatones, están directamente expuestos al ambiente, Rui Wang asume que el tiempo que cada unidad pasa en bicicleta es equivalente a caminar y esperar (Wang, R. 2010: 4).

Para realizar un cálculo adecuado, necesitaríamos el valor del tiempo para los habitantes de la ciudad de León o del estado de Guanajuato, así como también el tiempo que los leoneses pasan en el transporte público, el tiempo que los leoneses pasan en sus automóviles y el tiempo que los leoneses pasan en la bicicleta.

Según un estudio realizado por el Instituto Mexicano de Transporte en 2018, el valor del tiempo en el estado de Guanajuato es de 48.23 Pesos/Hora en viaje de trabajo y de 28.94 Pesos/Hora en viaje de placer (Instituto Mexicano de Transporte, 2018).

Existe un estudio realizado por DINAMIA (Empresa experta en investigación Social estratégica), que determinó que el tiempo que el ciudadano promedio de León, Guanajuato, pasa en el transporte público es de entre 1 y 2 horas diarias (DINAMIA, 2013: 7).

Por desgracia no existe ningún estudio o publicación sobre el tiempo que pasan los leoneses o los guanajuatenses en el automóvil y en la bicicleta. Aparentemente el estudio de DINAMIA, es el único estudio en León, Guanajuato, sobre el tiempo que los leoneses pasan en un medio de transporte, por lo que el valor del tiempo será una cifra que no utilizaremos en la comparación de costos, debido a que no hay información suficiente.

Otro concepto importante, es la tasa social de descuento, que es un indicador importante a la hora de evaluar una inversión pública porque “refleja en qué medida, desde el punto de vista de una sociedad, un beneficio presente es más valioso que el mismo beneficio que se obtendrá en el futuro” (Correa, F. 2006: 93).

Según Rui Wang las tasas de descuento social real de 10 a 12% se han utilizado comúnmente para evaluar proyectos públicos en China durante la última década.

La tasa social de descuento para México según la Secretaria de Hacienda y Crédito Público y la cual utilizaremos para la comparación de costos, es del 10% (SHCP, 2018: 1). Todo el



estudio se realizará sobre una demanda máxima de 10,000 personas por hora, la cual es la demanda máxima de tráfico que tiene la ciudad de León, Guanajuato (Observatorio ciudadano de León, 2015: 11).

Como se mencionó antes, a continuación, enlistaremos las diferencias entre el costo de este trabajo y el del Dr. Rui Wang (2010)

- En la tabla 25 está reflejado el costo anual de la contaminación vehicular del aire de León, Guanajuato. Dicho costo es el que utilizaremos en el estudio; la diferencia con el trabajo de Wang radica en que él utiliza, además, el costo de ruido, cambio climático y costo de seguridad. Los tres costos anteriores son excluidos del costeo de León, Guanajuato, ya que no hay datos para poder incluirlos.
- Las unidades de los costos que Rui Wang maneja, es en Yuan/Km y esas mismas unidades las maneja en todos sus costos. Cuando suma los costos y los divide entre el número de usuarios que están utilizando determinado medio de transporte, finalmente obtiene sus resultados en Costo por Pasajero-Km. Es decir, suma todos los costos por kilómetro que tiene y luego los divide entre el número de personas que están demandando el medio de transporte que él está analizando. En otras palabras, Rui Wang determina el costo público-privado o costo general por km que tienen un determinado número de personas al transportarse en algunos de los 7 medios de transporte que él analiza. Por último, compara los 7 medios de transporte con volúmenes diferentes de personas. Para ver las ecuaciones y nomenclatura que utiliza el Dr Rui Wang para su estudio de costos, ver anexo 3.
- En cambio, en el presente trabajo se manejan todos los costos presentados en las tablas 25-30 en Pesos/Año. En los resultados de sumaran todos esos costos y después se dividirán entre el número de usuarios que están utilizando un determinado medio de transporte, el cual puede ser la bicicleta, el automóvil, o el transporte público; ese sería el costo por año, pero además se dividirá entre 365 para obtener el costo diario. En otras palabras, este trabajo determinara el costo público-privado o costo general diario que tiene un determinado número de personas al transportarse en alguno de los 3 medios de transporte que se analiza en este trabajo para la ciudad de León. Por último, los tres medios de transporte serán comparados con volúmenes diferentes de personas. Este punto será explicado más a detalle en la sección 3.4.
- El Doctor Rui Wang utiliza el costo por kilómetro de los 7 medios de transporte de que analiza en China. En el presente trabajo “La dinámica del ciclismo en León, Guanajuato, desde la economía del transporte”, se utilizará el costo total anual de 3 medios de transporte para determinar un costo público-privado diario por persona a una determinada demanda de usuarios, a diferencia de Wang que termino determinando un costo público-privado por Pasajero-Km a una determinada demanda de usuarios.
- En una de las columnas de la tabla 26 está reflejado el costo por kilómetro del Sistema Integrado de Transporte de León, Guanajuato. Utilizaríamos el costo de dicha columna, si fuéramos a hacer una réplica exacta del costeo de Rui Wang, pero



puesto que determinaremos un costo público-privado diario por persona a una determinada demanda de usuarios, utilizaremos la última columna que representa el costo total anual del SIT.

- En las tablas 27 y 28 se exponen los costos anuales de mantenimiento del automóvil y la bicicleta. La diferencia con el trabajo de Wang radica en que él utiliza el costo por kilómetro en lugar del costo anual.
- Con respecto al punto anterior, las bases de datos chinas en las que Rui Wang se basó, le proporcionaron los costos por kilómetro. Mientras las bases de datos que se consultaron para el presente trabajo, las cuales están en la descripción de las tablas 25-30 y en las referencias, por lo general proporcionan el costo por año. Es debido a lo anterior que este trabajo maneja los costos por año y no costos por kilómetro. Pero para los resultados de comparación, nosotros dividiremos el costo anual por persona entre 365 para tener un costo diario.
- En la tabla 29 están reflejados los costos anuales de mantenimiento de las ciclovías y de las carreteras en León, Guanajuato. La diferencia con el trabajo del Doctor Wang se encuentra en que él utiliza los costos de mantenimiento por kilómetro.
- En la tabla 30 se puede encontrar el costo por metro cuadrado de los diferentes corredores que analizaremos en León, Guanajuato, los cuales son los mismos que analiza el Doctor Wang en su trabajo del 2010 pero en ciudades chinas. Debajo de la tabla 30 se encuentra una explicación de cómo se llegó a los resultados de la misma utilizando el método de cálculo del precio de la tierra de Rui Wang (2009). La forma de cálculo de la tierra se realizó basándose en el estudio de Wang 2009 y se explica cómo se adaptó para poder ser utilizada en la ciudad de León, Guanajuato, en la sección 3.1.4.
- Una última diferencia del presente estudio con el trabajo del Doctor Wang se encuentra en haber excluido el costo del tiempo de los viajeros. Wang utiliza el costo del tiempo de los viajeros por los distintos medios de transporte que el analiza, pero, el presente estudio no lo incluyó en sus costos ya que no hay información suficiente para su cálculo en León, Guanajuato.

Como ya se enlistó, existen varias diferencias entre el presente trabajo y el estudio original en el que se inspiró y basó. Las diferencias marcadas son necesarias para poder realizar un estudio de costo público-privado diario con la información que se tiene de León, Guanajuato. Es importante mencionar que este estudio es el primero de su clase en México.



3.4. Comparación de los costos del transporte en bicicleta, en automóvil y en transporte público

Antes de pasar a los resultados definamos nuevamente el costo que buscamos. El costo público-privado es la unión de los costos públicos y privados de algo determinado, en este caso del automóvil, el transporte público y la bicicleta, para después obtener un costo general. Para su realización, primeramente, es necesario definir que costos públicos y privados se utilizará, una vez que se definieron cuáles son los costos públicos y privados que se usaran, se sumaran y después se dividirán entre el número de individuos que utilizan ese algo que se está analizando, el resultado de lo anterior es el costo público-privado (costo general) por persona; en este trabajo también se dividirá entre 365 para obtener el costo de forma diaria.

El costo que se estudia aquí, es la combinación de los costos públicos y privados de la bicicleta, el automóvil y el transporte público, para hacer una comparación general, es decir un costo general. Su realización es sobre diferentes corredores, a distintas distancias del centro de la ciudad, a distintos niveles de tráfico y el costo será diario.

Los costos que se manejarán fueron los vistos en la sección 3.3. Para entender mejor cuáles son los costos públicos y cuáles los privados, serán separados abajo.

Los costos públicos son:

- Los costos de contaminación, los cuales se encuentran en la tabla 25.
- Los costos variables, fijos y de capital del SIT, se encuentran a detalle en la tabla 26.
- Los costos de mantenimiento de carreteras y ciclovías, se encuentran en la tabla 29.
- Los costos de la tierra, se encuentran en la tabla 30.

Los costos privados son:

- Los costos de mantenimiento del automóvil y la bicicleta para los usuarios, se encuentran en las tablas 27 y 28.

Los volúmenes de demanda de usuarios de León, es decir las personas que se transportan a lo largo de toda la ciudad por transporte motorizado en horas pico van desde 1000 a 10,000 personas por hora (Observatorio ciudadano de León, 2015: 11) y en el conteo de ciclistas de la ENES, León, de agosto del 2016 se registraron un total de 14,431 usuarios de bicicleta en hora pico.

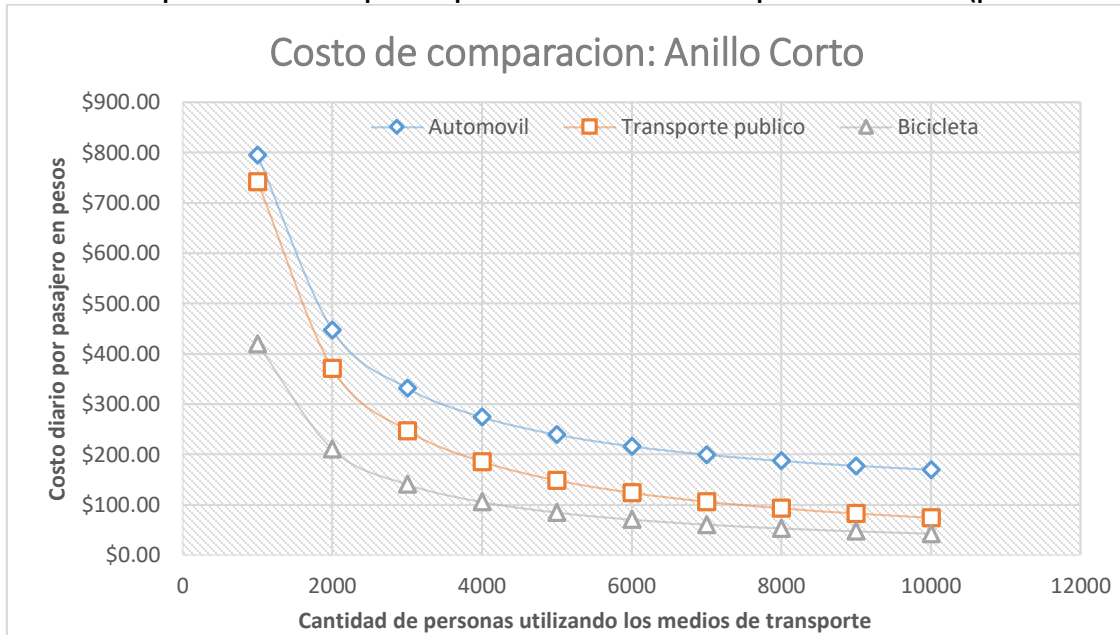
Un concepto que también se agregará a los costos es el de la tasa social de descuento que fue comentado al final de la sección 3.3. Su aplicación es sencilla, ya que dicha tasa es del 10%, simplemente se descontará ese 10% anual a los costos públicos del SIT.

Con los costos de las tablas 25-30 de la sección 3.3, las gráficas 11-14 simulan las curvas de costo de los 3 modos de transporte para cuatro tipos de corredores. Las gráficas 11-14



simulan distintos tipos de demanda por los distintos corredores, demanda que no puede superar la demanda total de la ciudad.

Gráfica 11. Comparación de costo público-privado de medios de transporte: Anillo Corto (pesos del 2015)



Fuente: Elaboración propia.

*La tabla con la que fue realizada la gráfica se encuentra en la tabla 31.

** Los costos por pasajeros y el pico de la demanda se encuentran en unidades.

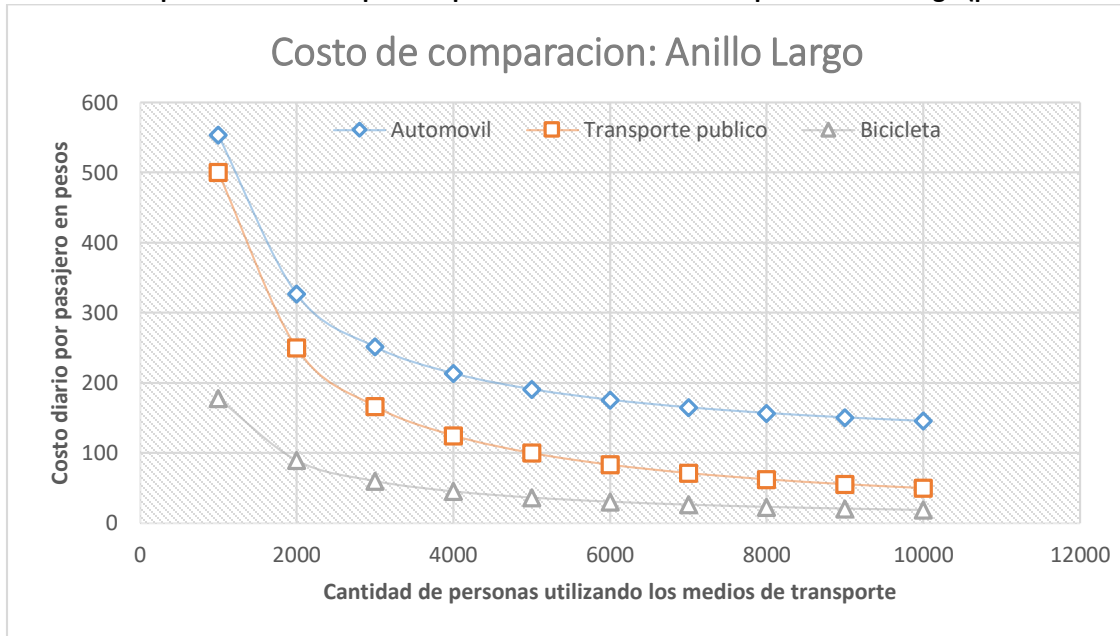
Tabla 31. Costo de comparación de medios de transporte: Anillo Corto (pesos del 2015)

Anillo Corto			
Pico demanda por hora	Automóvil	Transporte publico	Bicicleta
1000	\$795.41	\$741.64	\$419.83
2000	\$447.80	\$370.82	\$210.33
3000	\$331.93	\$247.21	\$140.49
4000	\$273.99	\$185.41	\$105.57
5000	\$239.23	\$148.33	\$84.62
6000	\$216.06	\$123.61	\$70.66
7000	\$199.51	\$105.95	\$60.68
8000	\$187.09	\$92.70	\$53.20
9000	\$177.44	\$82.40	\$47.38
10000	\$169.71	\$74.16	\$42.72

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 12. Comparación de costo público-privado de medios de transporte: Anillo Largo (pesos del 2015)



Fuente: Elaboración propia.

*La tabla con la que fue realizada la gráfica se encuentra en la tabla 32.

** Los costos por pasajeros y el pico de la demanda se encuentran en unidades.

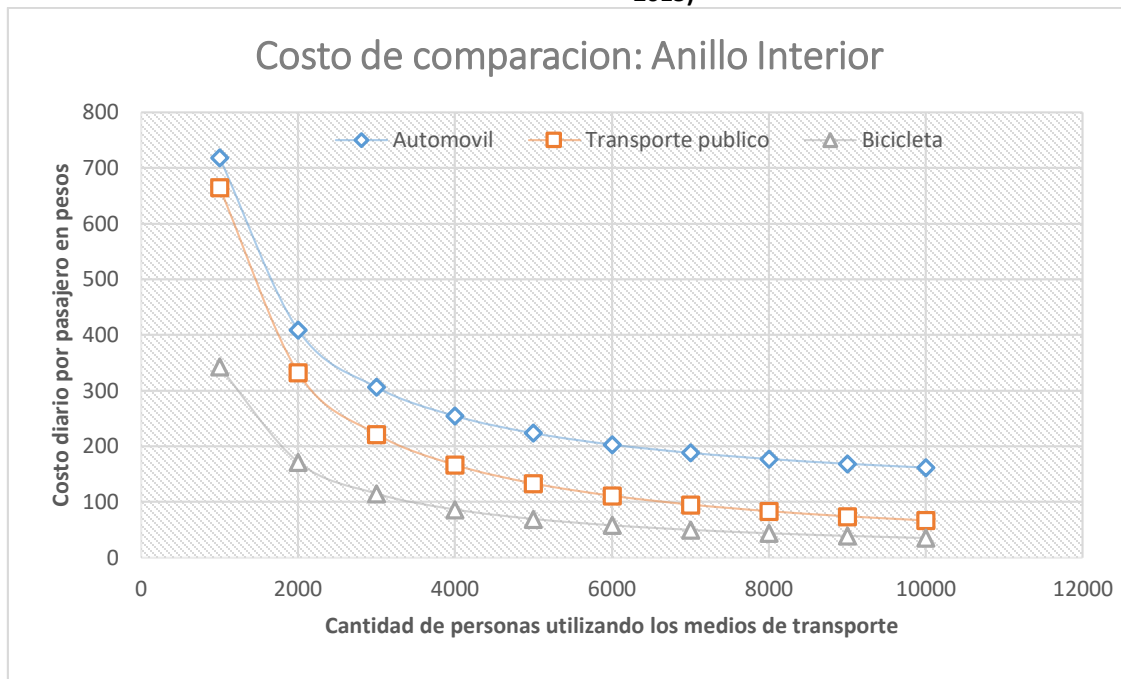
Tabla 32. Costo de comparación de medios de transporte: Anillo Interior (pesos del 2015)

Anillo Largo			
Pico demanda por hora	Automóvil	Transporte publico	Bicicleta
1000	553.757849	499.98662	178.183179
2000	326.974029	249.99331	89.5025485
3000	251.379422	166.662207	59.9423383
4000	213.582118	124.996655	45.1622332
5000	190.903736	99.997324	36.2941701
6000	175.784815	83.3311033	30.3821281
7000	164.985585	71.42666	26.1592409
8000	156.886163	62.4983275	22.9920755
9000	150.586613	55.5540689	20.5287246
10000	145.546972	49.998662	18.558044

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 13. Comparación de costo público-privado de medios de transporte: Anillo Interior (pesos del 2015)



Fuente: Elaboración propia.

*La tabla con la que fue realizada la gráfica se encuentra en la tabla 33.

** Los costos por pasajeros y el pico de la demanda se encuentran en unidades.

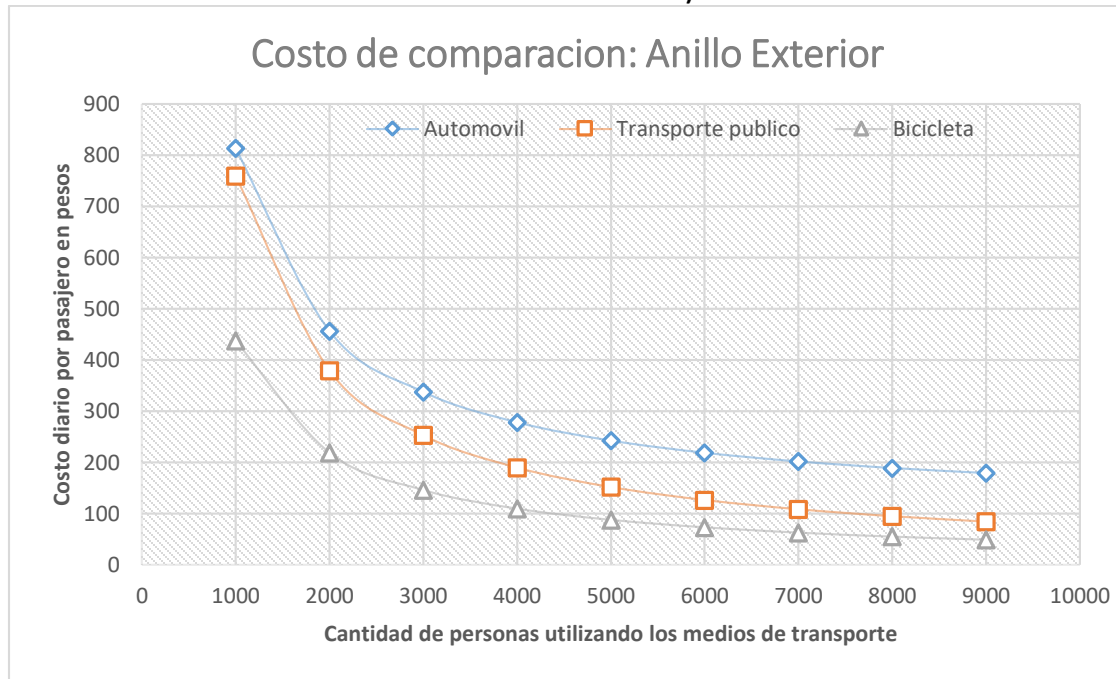
Tabla 33. Costo de comparación de medios de transporte: Anillo Largo (pesos del 2015)

Anillo interior			
Pico demanda por hora	Automóvil	Transporte publico	Bicicleta
1000	718.2691163	664.497887	342.6944466
2000	409.2296622	332.248944	171.7581822
3000	306.2165109	221.499296	114.7794274
4000	254.7099352	166.124472	86.29005002
5000	223.8059898	132.899577	69.19642358
6000	203.2033595	110.749648	57.80067261
7000	188.487195	94.9282696	49.6608505
8000	177.4500717	83.0622359	43.55598391
9000	168.8656424	73.8330986	38.80775435
10000	161.998099	66.4497887	35.00917069

Fuente: Elaboración propia.



Gráfica 14. Comparación de costo público-privado de medios de transporte: Anillo Exterior (pesos del 2015)



Fuente: Elaboración propia.

*La tabla con la que fue realizada la gráfica se encuentra en la tabla 34.

** Los costos por pasajeros y el pico de la demanda se encuentran en unidades.

Tabla 34. Costo de comparación de medios de transporte: Anillo Exterior (pesos del 2015)

Anillo exterior			
Pico demanda por hora	Automóvil	Transporte publico	Bicicleta
1000	813.517198	759.745969	437.942528
2000	456.853703	379.872984	219.382223
3000	337.965871	253.248656	146.528788
4000	278.521956	189.936492	110.10207
5000	242.855606	151.949194	88.2460399
6000	219.07804	126.624328	73.6753528
7000	202.094064	108.535138	63.2677193
8000	189.356082	94.9682461	55.4619941
9000	179.448763	84.4162187	49.3908745
10000	171.522907	75.9745969	44.5339788

Fuente: Elaboración propia.



Las gráficas 11-14 nos darán el costo público-privado diario por persona al transportarse en bicicleta, automóvil o transporte público a un determinado volumen de personas transportándose por alguno de los tres medios de transporte. Recordemos que lo siguiente no es un costo privado ni público, es un costo público-privado, es decir la unión de los dos anteriores para determinar un costo general.

Para ser específicos en cómo se llegó a las gráficas 11-14, utilizaremos la siguiente nomenclatura:

CA = costo por año de tener un automovil

MC = costo de mantenimiento de las carreteras en León

C = costo de contaminación

PT₁ = costo de la tierra en el Radial Corto

PT₂ = costo de la tierra en el Radial Largo

PT₃ = costo de la tierra en el Anillo Interior

PT₄ = costo de la tierra en el Anillo Exterior

PD = pico de la demanda o cantidad de personas utilizando los medios de transporte, que podrian ser Bicicleta, Transporte público o automóvil.

$$CT = \frac{\text{costo total anual del transporte público}}{108 \text{ (lineas del SIT)}}$$

*TSD = tasa social de descuento * CT*

CB = costo por año de tener una bicicleta

MCV = costo de mantenimiento de las ciclovias en León

Con la nomenclatura anterior, los cálculos se realizaron de la siguiente forma:

$$COSTO \text{ DEL AUTOMÓVIL} = \frac{CA}{365} + \frac{MC + C + PT_x}{365 * PD}$$

$$COSTO \text{ DEL TRANSPORTE PÚBLICO} = \frac{CT + C + MC + PT_x - TSD}{365 * PD}$$

$$COSTO \text{ DE LA BICICLETA} = \frac{CB}{365} + \frac{MCV + PT_x}{365 * PD}$$

En las ecuaciones está escrito el precio de la tierra como PT_x , ya que cada corredor tiene un costo diferente por lo que dependerá de cual corredor se analiza para saber si utilizaras



PT_1 , PT_2 , PT_3 o PT_4 , que son los costos de la tierra del Anillo Corto, Anillo Largo, Anillo Interior y Anillo Exterior respectivamente. Los costos de PT_1 , PT_2 , PT_3 y PT_4 se consiguen de la siguiente manera:

En la tabla 30 se encuentran los costos de la tierra por metro cuadrado de los diferentes anillos que se analizaran en esta sección y que ya fueron explicados en la sección 3.2.2 e ilustrados en la figura 30. Pero ya que el costo se encuentra por metro cuadrado, esa cifra debe multiplicarse por el tamaño de la circunferencia del anillo en cuestión para obtener el costo total de la tierra en dicho anillo, por lo que los valores para PT_x serían los que aparecen en la tabla D.

Tabla D. Valores de PT_x

	Anillo Corto	Anillo Largo	Anillo Interior	Anillo Exterior
Precio de la tierra por m ² en USD (2015)	244.456304	49.3548766	824.713932	638.445667
Precio de la tierra por m ² en Pesos (2015)	4,709.04327	950.739439	15886.73938	12298.5917
Tamaño de la circunferencia en m ²	31,415.9265	62,832	7,539.84	12,566.4
Valor de PT_x	$PT_1 =$ 147,938,957	$PT_2 =$ 59,736,860.4	$PT_3 =$ 11,978,3473	$PT_4 =$ 15,454,9022.7

Fuente: Elaboración propia.

Una vez explicado lo anterior, para dejar más claro cómo llegamos a los resultados de las tablas 31-34 y las gráficas 11-14, pondremos un ejemplo de los cálculos. Si quisiéramos calcular el costo de la bicicleta en el anillo corto, a una demanda de 1000 personas la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$COSTO DE LA BICICLETA = \frac{CB}{365} + \frac{MCV + PT_1}{365 * PD}$$

Y sustituyendo los valores con los que están en las tablas 28-30:

$$COSTO DE LA BICICLETA = \frac{300}{365} + \frac{5,000,000 + 147,938,957}{365 * 1,000} = 419.83 \text{ pesos}$$

Los valores provienen de las tablas 28-29 y la tabla D, ya que estamos calculando el costo público-privado de la bicicleta que circula en el anillo corto a una demanda de mil personas. De la misma manera se procedería con los demás vehículos y corredores. Dependiendo del vehículo, la demanda a analizar y el corredor, es como se sustituye en las ecuaciones. Si



quisiéramos analizar el costo público-privado del automóvil a una demanda de 10,000 personas en el anillo exterior:

$$COSTO\ DEL\ AUTOMÓVIL = \frac{CA}{365} + \frac{MC + C + PT_4}{365 * PD}$$

Se procedería a sustituir como con el ejemplo de la bicicleta sólo que con los valores de las tablas 25, 27, 29, D y con una PD=10,000. De esa manera se determinaron los costos público-privado diarios del automóvil, el transporte público y la bicicleta, a diferentes niveles de demanda, por diferentes corredores y todos esos resultados se encuentran en las tablas 31-34 y graficados para su comparación en las gráficas 11-14.

Recordemos que lo que se encuentra en las ecuaciones, no es más que los costos que aparecen en la sección 3.3. Las tablas con las que se realizaron las gráficas 11-14 son las tablas 31-34. Para dejarlo más claro, las ecuaciones escritas arriba son sustituidas con los costos de las tablas 25-29 y la tabla D de la sección 3.3 y 3.4, de esa forma se obtienen las tablas 31-34 con las que se construyen las gráficas 11-14. Las gráficas 11-14 simulan los costos de transportarse en bicicleta, automóvil y transporte público por los diferentes corredores de la ciudad, los cuales fueron expuestos en la sección 3.2.2 y representados en las figuras 30-35, todo esto debido a que el precio de la tierra es diferente en distintos puntos de la ciudad.



4. Resultados

En esta sección se describirán los resultados de los tres capítulos anteriores.

Como se ve en el capítulo 1, la bicicleta proporciona beneficios económicos que ayudan a las personas en zonas que han mantenido a la bicicleta como el medio de transporte dominante. Ya que, al haber más peatones y ciclistas, los negocios tienen mayores oportunidades de ofrecer sus bienes y servicios a los ciudadanos. A continuación, se enlistan los beneficios económicos que tiene una ciudad al darle impulso a la bicicleta:

- Los negocios locales están llenos de vecinos. Al haber menos vehículos, las personas tienen más espacio para colocar negocios locales y ya que hay más peatones, se impulsan estos negocios por los mismos pobladores de la zona.
- La bicicleta tiene una capacidad de carga menor por lo tanto genera una mayor cantidad de viajes. Aunque en el automóvil se puede cargar más, la mayoría de los automovilistas realizan su compra en lugares en los que podrían llegar en bicicleta o a pie, generando con esto tráfico y contaminación, además de que no realizan compras tan bastas que no puedan ser realizadas con bicicleta o a pie. Cuando se limita el número de autos, con esto se atrae a clientes en bicicleta y a pie que tal vez compran menos, pero vuelven más veces.
- Con mayor cantidad de peatones y ciclistas, surgen nuevos negocios. Al haber más compradores locales, se impulsa el mercado interno, creando nuevos negocios nacionales y se impulsa a los emprendedores.

Además de beneficios económicos por impulsar el transporte en bicicleta en una ciudad, se obtienen los siguientes beneficios al utilizarla para transportarse frecuentemente:

- i) Eficiencia energética y de desplazamiento. Ya que la bicicleta no utiliza combustible, posee una ventaja energética frente al automóvil y el transporte público.
- j) Contaminación y ruido. La bicicleta no emite contaminantes por lo que no degrada el medio ambiente y como ya se mencionó antes, León ya tiene un problema con la contaminación de su aire.
- k) Salud. El andar en bicicleta mejora la salud física y mental de los usuarios, disminuyendo su estrés y aumentando su condición física.
- l) Costo. El costo de adquisición y mantenimiento de una bicicleta es más de 50 veces menor que el de un automóvil. Lo anterior se puede verificar en las tablas 27 y 28.
- m) Rapidez. La bicicleta es el medio de transporte óptimo en cuanto a velocidad en distancias entre 7 y 10 km. Es importante mencionar que, en la Ciudad de México según la secretaria de movilidad, la bicicleta se ha convertido en el medio de transporte más rápido, con una velocidad de 16.4 km/h.
- n) Espacio que se utiliza en infraestructura. Las personas que viajan en vehículo privado resultan ocupar hasta 15 veces más espacio que un ciclista y más de 20 veces lo que un pasajero de autobús o un peatón



- o) Calidad de vida. Mejorar el ambiente y la salud de los ciudadanos, implantando o impulsando el ciclismo, trae consigo un aumento en la calidad de vida.

En el capítulo 2, se expuso que mediante el conteo ciclista de la ENES, León, se determinó que el número de ciclistas que circulan durante la hora pico por la ciudad de León, Guanajuato, va de 12,100 a 14,431 ciclistas. Con el dato anterior está comprobado que el ciclismo es un medio de transporte muy importante en la ciudad.

Una vez encontrado el número de ciclistas que circulan durante la hora pico en la ciudad de León, en el capítulo 3 se procedió al cálculo del costo público-privado de la bicicleta el transporte público y el automóvil en León, Guanajuato.

Como se puede observar en las gráficas 11-14, los costos por pasajero disminuyen a medida que aumenta el volumen de pasajeros en el automóvil y el transporte público debido a la repartición en las inversiones de capital, es decir que mientras más personas utilicen el medio de transporte los costos de capital e inversión se reducen.

En cuanto a los costos se encontró que:

- El costo anual de la contaminación del aire por el transporte vehicular de León, Guanajuato, es de \$2,297,101.45 de pesos.
- Los costos del sistema integrado de transporte (SIT) de León ascienden a \$2,033,151,284.
- El costo anual de tener un automóvil en León es de \$36,569.
- El costo anual de tener una bicicleta en León es de \$ 300.00.
- El costo anual de mantenimiento de todas las carreteras en León es de \$103,518,227.00.
- El costo anual de mantenimiento de todas las ciclovías en León es de \$5,000,000.00.

Al utilizar los costos anteriores del automóvil, la bicicleta y el transporte público, mediante las ecuaciones de la sección 3.4, los costos de la tierra de la tabla D y suponiendo un flujo de 1,000-14,000 ciudadanos que se mueven en alguno de los tres medios de transporte anteriores, se pudo realizar la comparación de los costos público-privado, obteniendo los siguientes resultados:

- Según las gráficas 11-14 y las tablas 31-34, en los cuatro anillos de la ciudad de León analizados, la bicicleta tiene un costo público-privado entre 3 y 5 veces menor que el del automóvil y es casi la mitad del costo del transporte público. Con lo anterior se comprueba que el costo público-privado de la bicicleta es inferior al del automóvil y el transporte público.
- La bicicleta no emite contaminantes al medio ambiente, mientras los costos anuales por contaminación del aire producidos por medios de transporte motorizados, ascienden a \$2,297,101.45 de pesos.



- El costo de tener una bicicleta en León es más de 50 veces menor que el de tener un automóvil.
- El costo anual de mantenimiento de las ciclovías en León es 20 veces menor que el del mantenimiento de las carreteras y caminos en León.
- Como se ve en las gráficas, a cualquier volumen de demanda y en cualquier parte de la ciudad es más barata la bicicleta que los otros medios de transporte. La bicicleta es el medio de transporte con menor costo por pasajero, esto es porque sus costos son menores en todos los escenarios, rivalizando solo con el transporte público. Pero recordemos que los costos por contaminación para la bicicleta son nulos, así que la bicicleta resulta ser el medio de transporte menos costoso.



5. Conclusiones

Este trabajo servirá como una justificación para el Estado o dependencias de gobierno en el momento de tomar futuras decisiones sobre cómo mejorar la movilidad en León, Guanajuato. A lo que se refiere lo anterior, es que existirá un trabajo que sustente que el transporte en bicicleta tiene un costo público-privado, ocupación de espacio, mejora en la calidad del aire y salud, que está mejor posicionado que el transporte público y el automóvil, además de que es un medio de transporte muy utilizado en León.

Al haber evidencia como la que se menciona arriba, se brinda apoyo a la toma de decisiones de alguna dependencia de gobierno que solicite presupuesto para mejorar las condiciones del transporte en bicicleta, o de la misma sociedad para exigir que se creen políticas públicas que beneficien a la bicicleta. En otras palabras, el alcance que este trabajo podría tener, sería el dar una fuente de información cuantitativa sobre el transporte en bicicleta en la ciudad de León, al Estado o a la sociedad organizada, lo cual sería la punta de flecha para políticas enfocadas en medios de transporte amigables con el medio ambiente. Se menciona “punta de flecha” debido a que este es uno de los primeros trabajos en León, con un enfoque comparativo de costos de diferentes medios de transporte.

Además de lo anterior este trabajo aporta una metodología pocas veces utilizada en la comparación de medios de transporte en una ciudad, incluyendo los costos público-privados de distintos medios de transporte, utilizando también el costo de la tierra. Si el estado o la sociedad organizada decidieran justificarse con este trabajo para sus políticas públicas en materia de mejoramiento vial y movilidad, daría pie a la inclusión de esta metodología para el análisis de medios de transporte en otras ciudades de México.

Con lo anterior mencionado se puede aclarar que este trabajo de tesis tiene la evidencia para que el Estado o la sociedad organizada propongan una posible solución público-privada a los problemas que aquejan a la ciudad de León, Guanajuato, en materia de movilidad, enfocándose en mirar en la bicicleta una oportunidad para mejorar:

- El congestionamiento vial.
- Los problemas de contaminación.

Algo que también es importante mencionar es lo que falta por hacer. Para ahondar aún más y complementar lo ya expuesto aquí, sería buena idea una propuesta sólida sobre la mejora en la red de ciclovías en León, Guanajuato. Pero no sería suficiente solo una propuesta, sino todo un plan, bien estructurado con estudios sólidos en ingeniería civil y financieros para la construcción y puesta en marcha de dicho proyecto. El proyecto que se propondría ya estaría justificado con el presente trabajo de tesis.

Un ejemplo de posibles políticas públicas que podrían ser aplicadas sería el siguiente:



- Un sistema integrado de transporte que sea seguro, ya que las personas no dejan sus bicicletas en las estaciones para tomar el autobús por miedo a que les roben su vehículo.
- Una colaboración entre la sociedad organizada y el estado, para tener estacionamientos para bicicletas seguros, tanto en dependencias públicas como privadas.

Otra cosa para complementar aún más este trabajo de tesis, sería dar respuesta a las preguntas que no se pudieron resolver, ya que ninguna dependencia pública ha realizado los estudios necesarios para responderlas. Se desconoce si empresas privadas han realizado los estudios que esta investigación no pudo conseguir, ya que si es información que utilizan para sus ventas o estrategias, no las revelaran al público, no por ser información corrupta, sino porque no tienen por qué hacerlo.

Las preguntas de investigación que complementarían este trabajo serían:

- ¿Cuál es la cantidad de tiempo que los ciudadanos de León, Guanajuato, pasan en automóvil, bicicleta y transporte público durante sus viajes?
- ¿Cuánto es el costo del cambio climático generado por los automóviles en León, Guanajuato?
- ¿Cuánto es el costo del ruido generado por los automóviles en León, Guanajuato?
- ¿Cuánto es el costo de seguridad por transportarse en automóvil, transporte público y bicicleta?

Cabe mencionar que este trabajo tuvo dificultades, debido a la escasez de información, por lo que tuvieron que hacerse suposiciones para poder llegar a sus resultados. Como ya se mencionó anteriormente, al no existir una base de datos pública de la información catastral en León, no se tenía acceso a los costos de la tierra a lo largo de la ciudad, por lo que tuvieron que usarse los costos de una ciudad china, que compartía similitudes con la ciudad leonesa. Ya que en este trabajo se explican las ventajas y beneficios de transportarse en bicicleta, en la parte en la que se habla de la rapidez, hubiera sido relevante el poner tiempos de traslado del automóvil, el transporte público y la bicicleta en la ciudad de León, pero debido a que no existen estudios al respecto, tuvo que descartarse el incluirlos en el trabajo.

Acompañado de lo anterior, es importante el mencionar la dificultad para obtener la información sobre los costos públicos de la ciudad, en específico los costos de mantenimiento de la carretera. Tuvo que llamarse a varias dependencias de la ciudad, las cuales enviaban a otras dependencias, hasta llegar finalmente a la Unidad de Transparencia Municipal de León. La Unidad de Transparencia informó que lo que se solicitaba, era información demasiado detallada, por lo que no dio opciones sobre cómo conseguir la información. Posteriormente hubo comunicación con el Gobierno del Estado de Guanajuato, preguntando por información. Dicha dependencia habló sobre su trabajo llamado “Conservación de la red de carreteras pavimentadas” donde recaban la



información sobre los costos de mantenimiento de las carreteras en todos los municipios de Guanajuato y es en ese trabajo en donde se obtuvo dicho costo para León.

Basados en estas experiencias, debemos remarcar la importancia de tener acceso sencillo y oportuno a fuentes de información confiables para realizar estudios que puedan servir en la toma de decisiones.

Para terminar, se repetirá que la bicicleta debe ser una de las prioridades clave para el sector público.

En Holanda se llevaron medidas prohibitivas para el automóvil, como un impuesto especial a sus usuarios y un precio alto al combustible. Puesto que en León habría de esperarse una resistencia amplia a medidas como las mencionadas en Holanda, lo más probable es que se llegue al famoso “Hoy no Circula” (ampliamente conocido en el centro de México) cuando la situación ambiental y de congestión este fuera de control. Para evitar esta situación es urgente la toma de decisiones para el aumento del número de usuarios en bicicleta y reducir el de conductores.

Si la situación vial de la ciudad sigue decayendo, la ciudad de León tendrá problemas en cuanto a movilidad, además de que la contaminación aumentará, por lo que este trabajo y los trabajos que a futuro se hagan, deben informar la situación de medios de transporte ecológicos y sustentables, y ser tomados con seriedad. Este trabajo aporta datos que deben ser retomados para la implementación de políticas públicas que ayuden a mejorar la movilidad en la ciudad.



Referencias

- ¹Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). Vehículos de motor registrados en circulación. Consultado el 2018 en INEGI. Recuperado de: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/continuas/transporte/vehiculos.asp?s=est?c=13158>
- ²Urbina, K. (2017). Urge inversión en infraestructura vial: líder de AMDA. Consultado el 2017 en Periódico Correo. Recuperado de: <https://periodicocorreo.com.mx/urge-inversion-infraestructura-vial-lider-amda/>
- ³Esquivel, O. (2014). La bicicleta como modo de transporte en la ciudad de Morelia, Michoacán. Consultado el 2018 en Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), pp. 9-64. Recuperado de: <http://132.248.9.195/ptd2014/septiembre/512008884/Index.html>
- ⁴Ruiz, K. (2016). Crece parque vehicular y efectos negativos. Consultado el 2018 en Periódico am. Recuperado de: <https://www.am.com.mx/2016/09/22/leon/local/crece-parque-vehicular-y-efectos-negativos-314779>
- ⁵Jakovcevic, A., Franco, P., Visona, M. y Ledesma, R. (2016). Percepción de los beneficios individuales del uso de la bicicleta compartida como modo de transporte. Consultado el 2018 en Suma Psicológica, 23: 33-41. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=134245262005>
- ⁶PROBICI. (2010). Guía de la Movilidad Ciclista, Métodos y técnicas para el fomento de la bicicleta en áreas urbanas. Consultado el 2018 en PROBICI, pp. 28-30. Recuperado de: http://www.progetto.vento.polimi.it/pdf/piani_estero/SPAGNA.pdf
- ⁷IDAE. (2007). Guía metodológica para la implantación de sistemas de bicicletas públicas en España. Consultado el 2018 en IDAE, pp. 14. Recuperado de: http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Guia_Bicicletas_8367007d.pdf
- ⁸Pozueta, J. (2000). MOVILIDAD Y PLANEAMIENTO SOSTENIBLE: Hacia una consideración inteligente del transporte y la movilidad en el planeamiento y en el diseño urbano. Consultado el 2018 en Cuadernos de Investigación Urbanística, pp. 7-17. Recuperado de: <https://transportpublic.org/images/pdf/20000700-jpozueta.pdf>
- ⁹PLAN DIRECTOR CICLABLE. (2002). Manual-Guía práctica sobre el diseño de rutas ciclables. Consultado el 2018 en Departamento de Obras Públicas y Transportes de la Diputación Foral de Bizkaia, pp.18-22. Recuperado de: <http://www.bizkaia.eus/home2/Archivos/DPTO6/Temas/Pdf/La%20bicicleta.pdf?hash=20b994432a957b419306294b81c67bae>



¹⁰Organización Mundial de la Salud. (1998). Promoción de la salud, Glosario. Consultado el 2018 en Organización Mundial de la Salud Ginebra, pp.28. Recuperado de: <https://www.msssi.gob.es/profesionales/saludPublica/prevPromocion/docs/glosario.pdf>

¹¹Instituto Municipal de Planeación. (2015). Plan Municipal de Desarrollo. León Hacia el futuro. Visión 2040. Consultado el 2018 en Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN), pp.6-21. Recuperado de: <https://www.implan.gob.mx/downloads/PMD2040.pdf>

¹²Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2015). Número de habitantes. Consultado el 2018 en INEGI. Recuperado de: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/gto/poblacion/default.aspx?tema=me>

¹³ Presidencia Municipal de León. (2018). Datos Generales. Consultado el 2018 en Presidencia Municipal de León. Recuperado de: <https://www.leon.gob.mx/leon/datos-generales.php>

¹⁴ Instituto Municipal de Planeación de León. (2015). Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico y Territorial de León, Guanajuato. Consultado el 2018 en IMPLAN, pp. 16. Sitio web: <http://implan.gob.mx/downloads/PMDUOET2015.pdf>

¹⁵Pedroza, R. (2017). Aumenta parque vehicular en León. Consultado el 2018 en El Heraldo. Recuperado de: <http://www.heraldoleon.mx/aumenta-parque-vehicular-leon/>

¹⁶Santana, G. (2016). Lidian con tráfico en los bulevares. Consultado el 2018 en Periódico am. Recuperado de: <https://www.am.com.mx/2016/11/07/leon/local/lidian-con-trafico--en-los-bulevares-325046>

¹⁷Durán, V. (2016). Rebasa tráfico a distribuidor vial. Consultado el 2018 en Periódico am. Recuperado de: <https://www.am.com.mx/2016/09/13/leon/local/rebasa-trafico-a-distribuidor-vial-312718>

¹⁸Kittelson & Associates, Inc. Ryan Snyder Associates Los Angeles County Bicycle Coalition. (2013). CONDUCTING BICYCLE AND PEDESTRIAN COUNTS A Manual for Jurisdictions in Los Angeles County and Beyond. Consultado el 2018 en The Southern California Association of Governments (SCAG), Los Angeles County Metropolitan Transportation Authority, pp.1-26. Recuperado de: https://media.metro.net/riding_metro/bikes/bikecounttrainingmanual_2.pdf

¹⁹ Instituto Municipal de Planeación. (2009). Plan Maestro de Ciclovías para la Ciudad de León Fase I: Estudio de Diagnóstico. Consultado el 2018 en IMPLAN, pp.45. Recuperado de: <https://www.implan.gob.mx/component/search/?searchword=PLAN%20MAESTRO%20DE%20CICLOVIAS&searchphrase=all&Itemid=206>

²⁰ Instituto Municipal de Planeación. (2009). Plan Maestro de Ciclovías para la Ciudad de León Fase II: Diseño. Consultado el 2018 en IMPLAN, pp.17. Recuperado de:



<https://www.implan.gob.mx/component/search/?searchword=PLAN%20MAESTRO%20DE%20CICLOVIAS&searchphrase=all&Itemid=206>

²¹ Google Maps API. (2018). Capa del mapa de calor. Consultado el 2018 en Google. Recuperado de: <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/heatmaplayer?hl=es-419>

²² Wang, R. (2010). Autos, transit and bicycles: Comparing the costs in large Chinese cities. Consultado el 2018 en Transport Policy, pp.1-8. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X10000910>

²³ Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENU). Consultado el 2018 en INEGI. Recuperado de: <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/>

²⁴ Observatorio ciudadano de León. (2015). Ciudades Humanas: Movilidad Urbana de León. Consultado el 2018 en Observatorio ciudadano de León, pp.11-20. Recuperado de: http://www.ocl.org.mx/wp-content/uploads/2014/10/OCL-Estudio-Movilidad-Urbana-2014_2.pdf

²⁵ Sistema Integrado de Transporte. (2018). Mapas y tablas de programación. Consultado el 2018 en SIT Optibus. Recuperado de: <http://sitiosweb.leon.gob.mx/PDM/rutas>

²⁶ Vázquez, A. y Ruiz, J. (2018). Diagnóstico del transporte no motorizado en León Guanajuato. Consultado el 2018 en ENES, unidad León, pp.23-29.

²⁷ Wang, R. (2009). The Structure of Chinese Urban Land Prices: Estimates from Benchmark Land Price Data. Consultado el 2018 en Springer Science + Business Media, LLC 2007, pp.1-16. Recuperado de: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11146-007-9100-4>

²⁸ Colliers International. (2018). Costos inmobiliarios. Consultado el 2018, de PROMÉXICO. Recuperado de: http://mim.promexico.gob.mx/swb/mim/Estadisticas_estatales

²⁹ Banco Mundial. (2018). Inflación, precios al consumidor (% anual). Consultado el 2018 en Banco Mundial. Recuperado de: https://datos.bancomundial.org/indicador/FP.CPI.TOTL.ZG?cid=GPDes_31&end=2017&locations=CN&start=1999

³⁰ Banco de México. (2018). Sistema de información Económica. Consultado el 2018 en Banco de México. Recuperado de: <http://www.banxico.org.mx/SielInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?accion=consultarCuadro&idCuadro=CF86&locale=es>

³¹ Banco Central Chino. (2018). Exchange Rate. Consultado el 2018 en Banco Central Chino Sitio web: <http://www.pbc.gov.cn/diaochatongjisi/116219/116319/2161324/2161340/index.html>



³²Lopez, C. (2015). Ocupa León lugar 24 en ingreso. Consultado el 2018 en Periodico AM. Recuperado de: <https://www.am.com.mx/leon/local/ocupa-leon-lugar-24-en-ingreso-124244.html>

³³ INEGI. (2015). Encuesta Intercensal 2015, Principales resultados. Consultado el 2018 en INEGI, pp.15. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/intercensal/2015/doc/eic_2015_presentacion.pdf

³⁴ Instituto Mexicano para la Competitividad, AC. (2015). La contaminación del aire: un problema que daña la salud y la economía. Consultado el 2018 en IMCO, pp.20. Recuperado de: <http://imco.org.mx/wp-content/uploads/2013/09/IMCO-Presentaci%C3%B3n-Corta-24Sep13.pdf>

³⁵ Instituto Mexicano para la Competitividad, AC. (2018). Calculadora de aire. Consultado el 2018 en IMCO. Recuperado de: <http://imco.org.mx/calculadora-aire/>

³⁶ Unidad de Transparencia Municipal de León, Guanajuato. (2015). ACTUALIZACION DE COSTOS DE OPERACIÓN Y MEJORAS AL SERVICIO PUBLICO DE TRANSPORTE URBANO DE LEON. Consultado el 2018 en Unidad de Transparencia Municipal de León, Guanajuato, pp.26. Recuperado de: <https://www.leon.gob.mx/transparencia/images/stories/umaip/01-2017>

³⁷ Secretaria de Finanzas, Inversión y Administración de Guanajuato. (2017). Refrendo. Consultado el 2018 en Secretaria de Finanzas, Inversión y Administración. Recuperado de: http://finanzas.guanajuato.gob.mx/c_refrendo/index.php

³⁸ Secretaria de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial de Guanajuato. (2017). Programa Estatal de Verificación Vehicular. Consultado el 2018 en Secretaria de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial. Recuperado de: <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/verificacion-vehicular/8/Programa-Estatal-de-Verificaci%C3%B3n-Vehicular>

³⁹ Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2018). Ecoetiquetado. Consultado el 2018 en INECC. Recuperado de: <https://www.gob.mx/inecc/articulos/visita-el-sitio-web-ecovehiculos-gob-mx?idiom=es>

⁴⁰ Michelin. (2018). Compra de llantas Michelin. Consultado el 2018 en Michelin. Recuperado de: <https://www.michelin.com.mx/auto/browse-tyres/by-vehicle>

⁴¹ Good Year. (2018). Compra de llantas Good Year. Consultado el 2018 en Good Year. Recuperado de: <http://www.goodyear.com.mx/>

⁴² Pirelli. (2018). Compra de llantas Pirelli. Consultado el 2018, en Pirelli. Recuperado de: <https://www.pirelli.com/tyres/es-mx/turismo/homepage>



⁴³ Nissan. (2018). Mantenimiento de Nissan. Consultado el 2018 en Nissan. Recuperado de: <https://www.nissan.com.mx/todo-para-tu-nissan/#serviciosdemantenimiento>

⁴⁴ Volkswagen. (2018). Mantenimiento de Volkswagen. Consultado el 2018 en Volkswagen. Recuperado de: <https://servicio.vw.com.mx/productos-de-servicio/mantenimiento/precios>

⁴⁵ Chevrolet. (2018). Mantenimiento de Chevrolet. Consultado el 2018 en Chevrolet. Recuperado de: <https://www.chevrolet.com.mx/servicio-certificado>

⁴⁶ Ford. (2018). Mantenimiento de Ford. Consultado el 2018 en Ford. Recuperado de: <http://www.distribuidoresford.mx/precios-de-mantenimiento-es-mx.htm>

⁴⁷ Carmudi México. (2018). ¿Cuánto se devalúan los autos? Consultado el 2018 en Carmudi México. Recuperado de: <https://www.carmudi.com.mx/journal/cuanto-se-devaluan-los-autos/>

⁴⁸ Benotto. (2018). Mantenimiento de bicicleta. Consultado el 2018 en Benotto. Recuperado de: <https://tienda.benotto.com/Home.html>

⁴⁹ Gobierno del Estado de Guanajuato. (2015). CONSERVACIÓN DE LA RED DE CARRETERAS PAVIMENTADAS. Consultado el 2018 en Gobierno del Estado de Guanajuato, pp.26. Recuperado de: http://strc.guanajuato.gob.mx/templates/COMUNICACION/LIBROSBLANCOS/SOP/LB_SOP_SOC_Conservaci%C3%B3n%20de%20la%20red%20de%20carreteras%20estatales%20pavimentadas_2.pdf

⁵⁰ SEDEMA. (2018). Realiza SEDEMA mantenimiento de las ciclovías en la CDMX. Consultado el 2018 en Secretaria del Medio Ambiente. Recuperado de: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/comunicacion/nota/realiza-sedema-mantenimiento-de-las-ciclovias-en-la-cdmx>

⁵¹ Correa, F. (2006). La tasa social de descuento y el medio ambiente. Consultado el 2018 en Universidad de Antioquia. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/html/1552/155213360004/>

⁵² Secretaria de Hacienda y Crédito Público. (2014). Tasa social de descuento (TSD). Consultado el 2018 en SHCP. Recuperado de: <https://www.gob.mx/shcp/documentos/tasa-social-de-descuento-tds>

⁵³ Instituto Mexicano del Transporte. (2018). Estimación del valor del tiempo de los ocupantes de los vehículos que circulan por la red carretera de México, 2018. Consultado el 2018, de Instituto Mexicano del Transporte. Recuperado de: <https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=450&IdBoletin=169>



⁵⁴ DINAMIA. (2013). Encuesta sobre transporte León, Guanajuato. 2018, de DINAMIA, pp.7. Sitio web: http://dinamia.com.mx/wp-content/uploads/2014/10/Reporte-transporte-en-Le%C3%B3n_Vprensa.pdf

⁵⁵ Handy, S. (2005). Critical Assessment of the Literature on the Relationships Among Transportation, Land Use, and Physical Activity. Prepared for the Transportation Research Board and the Institute of Medicine Committee on Physical Activity, Health, Transportation, and Land Use as a resource paper for Does the Built Environment Influence Physical Activity? Examining the Evidence -- Special Report 282.

⁵⁶ Vázquez, A. (2018). Diagnóstico del transporte no motorizado en León, Guanajuato. Consultado el 2018 en Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad León (ENES, León UNAM), pp.23-29.

⁵⁷ Unidad de Transparencia Municipal de León. (2018). Mantenimiento de ciclovías. Consultado el 2018 en UMAIP. Recuperado de: <https://www.leon.gob.mx/transparencia/>

⁵⁸ Sergio Oropeza. (2015). Conoce los diferentes tipos de vías en la ciudad. Consultado el 2018 en Reporte Vial, Grupo Radio Centro. Recuperado de: <https://rvial.mx/servicios/conoce-los-diferentes-tipos-de-vias-en-la-ciudad>

⁵⁹ Dirección General de Tránsito Municipal. (2015). Reglamento de TRÁNSITO MUNICIPAL. Consultado el 2018 en Dirección General de Tránsito Municipal. Recuperado de: <http://leon-mexico.com/hospitalidad/media/downloads/reglamento-de-transito-municipal.pdf>

⁶⁰SDP Noticias. (2018). Empresa privada busca construir 400 km de ciclovías elevadas en CDMX. Consultado el 2018 en SDP Noticias. Recuperado de: <https://www.sdpnoticias.com/local/ciudad-de-mexico/2018/08/20/empresa-privada-busca-construir-400-km-de-ciclovias-elevadas-en-cdmx>

⁶¹Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México (2018). Estos datos harán que quieras usar más tu bici en la CDMX. Consultado el 2018 en Milenio. Recuperado de <https://www.milenio.com/estados/estos-datos-haran-que-quieras-usar-mas-tu-bici-en-la-cdmx>

⁶²Reina, E. (2019). Crece la preocupación sobre las medidas para combatir la contaminación en Ciudad de México. Consultado el 2019 en El País. Recuperado de https://elpais.com/sociedad/2019/03/02/actualidad/1551492696_763421.html

⁶³ Periódico AM (2018). Son 3 las vialidades mortales para ciclistas en León. Consultado el 2019 en el AM. Recuperado de <https://www.am.com.mx/noticias/Son-3-las-vialidades-mortales-para-ciclistas-en-Leon-20181010-0057.html>



⁶⁴ Ponte las ruedas saca la bici (2018). Consultado el 2019 en Periódico Correo. Recuperado de <https://periodicocorreo.com.mx/regalan-reyes-magos-juguetes-a-bordo-de-bicicletas/>

⁶⁵ Ramírez, J. (2017). Consultado el 2019 en La Bicicleta. Recuperado de <https://labicikleta.com/5-formas-las-la-bici-puede-impulsar-la-economia-local/>

⁶⁶ Heart Foundation. (2011). Good for Business. The benefits of making streets more walking and cycling friendly. Consultado el 2019. Recuperado de <https://www.heartfoundation.org.au/images/uploads/publications/Good-for-business.pdf>

⁶⁷ Periódico AM. (2018). Habrá más 'orugas' con aire acondicionado. 2018, de Periódico AM Sitio web: <https://www.am.com.mx/noticias/Habra-mas-orugas-con-aire-acondicionado-20180217-0035.html>

⁶⁸ Gobierno de la Ciudad de México. (2018). ¿Qué es ECOBICI? 2019, de Gobierno de la Ciudad de México Sitio web: <https://www.ecobici.cdmx.gob.mx/es/informacion-del-servicio/que-es-ecobici>

⁶⁹ Instituto de Políticas para Transporte y Desarrollo. (2016). Estas son las ciudades más ciclistas de México. 2019, de Instituto de Políticas para Transporte y Desarrollo Sitio web: <https://www.liderempresarial.com/cuales-son-las-ciudades-mas-ciclistas-de-mexico/>

⁷⁰ Milenio. (2017). Requiere León 171 kilómetros de ciclovías más. 2019, de Milenio Sitio web: <https://www.milenio.com/estados/requiere-leon-171-kilometros-de-ciclovias-mas>

⁷¹ Instituto Municipal de Planeación de León, Guanajuato, México. (2016). Actualización del plan Maestro de ciclovías de la ciudad de León, Guanajuato. 2019, de IMPLAN Sitio web: <https://www.implan.gob.mx/publicaciones/estudios-planes-proyectos/infraestructura-equipamiento-desarrollo/movilidad/223-actualizacion-plan-maestro-de-ciclovias-de-leon-gto/file.html>

⁷² Gobierno de León. (2018). Reporte ciclovias. 2019, de Gobierno de León Sitio web: <https://sitiosweb.leon.gob.mx/PDM/red-de-ciclovias>

⁷³ Heart Foundation. (2011). The benefits of making streets more walking and cycling friendly. 2019, de Heart Foundation, pp.14-28. Sitio web: <https://www.heartfoundation.org.au/images/uploads/publications/Good-for-business.pdf>

⁷⁴ REINA, E. (2019). Alerta ambiental en Ciudad de México: una crisis anunciada. 2019, de EL PAÍS Sitio web: https://elpais.com/sociedad/2019/05/14/actualidad/1557856120_944300.html



Anexo 1

Número de vehículos en León Guanajuato.

Año	Número de autos
1980	47,751.00
1981	50,708.00
1982	56,223.00
1983	61,015.00
1984	65,975.00
1985	71,052.00
1986	71,026.00
1987	71,511.00
1988	75,211.00
1989	80,994.00
1990	86,898.00
1991	95,496.00
1992	102,037.00
1993	123,109.00
1994	128,666.00
1995	134,563.00
1996	136,683.00
1997	141,172.00
1998	139,273.00
1999	171,078.00
2000	172,263.00
2001	190,210.00
2002	214,530.00
2003	228,064.00
2004	249,890.00
2005	259,257.00
2006	285,905.00
2007	307,809.00
2008	334,130.00
2009	347,982.00
2010	362,300.00
2011	379,949.00
2012	402,244.00
2013	428,493.00
2014	460,462.00
2015	501,246.00
2016	538,352.00

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.¹



Anexo 2

Código de mapa de calor del 13 de mayo del 2016

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <meta charset="utf-8">
  <title>Mapa de calor ciclistas</title>
  <style>
    html, body {
      height: 100%;
      margin: 0;
      padding: 0;
    }
    #map {
      height: 100%;
    }
    #floating-panel {
      position: absolute;
      top: 10px;
      left: 600px;
      z-index: 5;
      <!-- background-color: #fff;-->
      background-color: #fa8b60;
      padding: 5px;
      border: 1px solid #999;
      text-align: center;
      font-family: 'Roboto','sans-serif';
      line-height: 30px;
      padding-left: 10px;
    }
    #floating-panel {
      background-color: #c7D0d5;
      background-color: #dfd4d4;
      border: 10px solid #cdcab9;
      <!-- border: 10px solid #999;-->
      left: 25%;
      padding: 5px;
      position: absolute;
      top: 10px;
      z-index: 5;
    }
  </style>
</head>
<body>

  <div id="floating-panel">
    <button onclick="toggleHeatmap()">Mapa de calor</button>
    <button onclick="changeGradient()">Gradiente</button>
    <button onclick="changeRadius()">Radios</button>
```



```

        <button onclick="changeOpacity()">Opacidad</button>

<button onclick="initMap()">+ 5 minutos</button>

<button onclick="init()">Reiniciar</button>
<button onclick="total()">Total</button>

<!-- <h4> Hora:-->
        <h4 id="hora"></h4>
        <!--</h4>-->

</div>
<div id="map"></div>
<div id="Data"></div>
<div id="hora"></div>
<script>

    // This example requires the Visualization library. Include the libraries=visualization
    // parameter when you first load the API. For example:
    // <script
src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=YOUR_API_KEY&libraries=visualization">
    // <button onclick="changeOpacity()">Change opacity</button>
    var map, heatmap;
    var i=0;

    function init() {i=0;initMap();}
    function total() {i=24;initMap();}

    function gen()
    {

    if (i< 12) {

    document.getElementById("hora").innerHTML = 700+i*5;
    } else {
    document.getElementById("hora").innerHTML = 800+(i-12)*5;
    if(i==24){document.getElementById("hora").innerHTML = "Total";}
    }
    }

    function initMap() {
    map = new google.maps.Map(document.getElementById('map'), {
    zoom: 13,
    center: {lat: 21.124934, lng: -101.686056},
    mapTypeId: google.maps.MapTypeId.SATELLITE
    });

    heatmap = new google.maps.visualization.HeatmapLayer({

```



```

        data: getPoint(i),
        map: map, radius:30
    });gen(i);
        if(i>23)
        {i=0}
        else{i++};
    }

function initMap2() {
    heatmap.setMap(heatmap.getData()? null :
    getPoint(i))
    ;i++
}

function toggleHeatmap() {
    heatmap.setMap(heatmap.getMap() ? null : map);
}

function changeGradient() {
    var gradient = [
        'rgba(0, 255, 255, 0)',
        'rgba(0, 255, 255, 1)',
        'rgba(0, 191, 255, 1)',
        'rgba(0, 127, 255, 1)',
        'rgba(0, 63, 255, 1)',
        'rgba(0, 0, 255, 1)',
        'rgba(0, 0, 223, 1)',
        'rgba(0, 0, 191, 1)',
        'rgba(0, 0, 159, 1)',
        'rgba(0, 0, 127, 1)',
        'rgba(63, 0, 91, 1)',
        'rgba(127, 0, 63, 1)',
        'rgba(191, 0, 31, 1)',
        'rgba(255, 0, 0, 1)'
    ]
    heatmap.set('gradient', heatmap.get('gradient') ? null : gradient);
}

function changeRadius() {
    heatmap.set('radius', heatmap.get('radius') ? null : 30);
}

function changeOpacity() {
    heatmap.set('opacity', heatmap.get('opacity') ? null : 0.2);
}

function changeData() {
    heatmap.set('Data', heatmap.get('Data') ? null : getData2);
}

```




```

var Af28 = [
20,0000,19,18,14,39,42,56,29,39,45,47,42,25,32,29,13,25,19,19,16,25,6,21,640
]
var Af29 = [
34,24,30,38,43,58,61,87,94,114,87,71,59,48,53,35,46,28,30,26,32,19,34,17,1168
]
var Af30 = [ 4,2,5,9,5,4,5,6,7,7,9,12,12,4,12,10,6,8,6,4,4,2,1,5,149 ]
var Af31 = [ 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 ]
var Af32 = [ 8,4,5,6,12,17,8,9,19,24,17,13,9,20,8,11,14,5,10,9,5,3,1,4,241
]
var Af33 = [ 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 ]
var Af34 = [
5,11,13,27,32,19,29,23,41,26,15,71,34,31,27,23,26,20,15,17,17,19,21,16,578]
var Af35 = [ 1,2,4,1,1,4,2,0,4,6,3,8,3,1,4,5,1,0,1,2,2,2,3,4,64]
//}

```

// Datos de los aforos

```

function getPoint(i) {
return [
{location: new google.maps.LatLng( 21.0744174,-101.648519
), weight: Af1 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.0984875,-101.679311
Af2 [i]), weight:
},
{location: new google.maps.LatLng( 21.088597,-101.6106811
Af3 [i]), weight:
},
{location: new google.maps.LatLng( 21.0864231,-101.62432
), weight: Af4 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.0854339,-101.629312
Af5 [i]), weight:
},
{location: new google.maps.LatLng( 21.0928491,-101.647275
Af6 [i]), weight:
},
{location: new google.maps.LatLng( 21.0955402,-101.663857
Af7 [i]), weight:
},
{location: new google.maps.LatLng( 21.0933042,-101.687124
Af8 [i]), weight:
},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1056438,-101.698768
Af9 [i]), weight:
},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1059923,-101.690336
Af10 [i]), weight:
},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1045145,-101.621176
Af11 [i]), weight:
},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1126981,-101.620337
Af12 [i]), weight:
},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1248606,-101.625895
Af13 [i]), weight:
},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1182421,-101.641696
Af14 [i]), weight:
},
{location: new google.maps.LatLng( 21.126789,-101.6472293
Af15 [i]), weight:
},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1485911,-101.637932
Af16 [i]), weight:
}
]
}

```




```

{location: new google.maps.LatLng( 21.1466575,-101.656458      ), weight:
Af17 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1381578,-101.675878      ), weight:
Af18 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1393638,-101.681993      ), weight:
Af19 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1287431,-101.704167      ), weight:
Af20 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1308922,-101.704617      ), weight:
Af21 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.130601,-101.7020747      ), weight:
Af22 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1348233,-101.7199316      ), weight:
Af23 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1742773,-101.698686      ), weight:
Af24 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1692088,-101.678011      ), weight:
Af25 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1657688,-101.668812      ), weight:
Af26 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1615208,-101.664939      ), weight:
Af27 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1735798,-101.661463      ), weight:
Af28 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1181077,-101.626331      ), weight:
Af29 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.131715,-101.6881258      ), weight:
Af30 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.0403782,-101.688870      ), weight:
Af31 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.118899,-101.671392
      ), weight: Af32[i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1011882,-101.65189      ), weight:
Af33 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.150039,-101.6741155      ), weight:
Af34 [i]},
{location: new google.maps.LatLng( 21.1122532,-101.670354      ), weight:
Af35 [i]},
//{{location: new google.maps.LatLng(      21.0977065,-101.660692      ),
weight: Af36 [i]},
};
}
</script>
<script async defer
src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=AlzaSyCFy_cFrXoIFiTC6OHs-
Kglg_wnv6GhGfQ&libraries=visualization&callback=initMap">
</script>
</body>
</html>

```



Anexo 3

Nomenclatura y ecuaciones utilizadas por Rui Wang en su estudio de costos

CA = costo por kilómetro de tener un automóvil

MC = costo de mantenimiento por kilómetro de las carreteras e infraestructura para sus medios de transporte motorizado en las ciudades chinas

C = costo de contaminación

PT_1 = costo de la tierra en el Radial Corto

PT_2 = costo de la tierra en el Radial Largo

PT_3 = costo de la tierra en el Anillo Interior

PT_4 = costo de la tierra en el Anillo Exterior

PD = pico de la demanda o cantidad de personas utilizando los medios de transporte

CT_1 = costo por kilómetro del Tránsito ferroviario pesado (Metro)

CT_2 = costo por kilómetro del Tránsito de trenes ligeros (LRT)

CT_3 = costo por kilómetro del Bus arterial (BUS)

CT_4 = costo por kilómetro del Tránsito rápido en autobús (BRT)

CT_5 = costo por kilómetro del Autobus expreso (FLIER)

TSD = tasa social de descuento * CT_x

CB = costo por kilómetro de tener una bicicleta

MCV = costo de mantenimiento por kilómetro de las ciclovías en las ciudades chinas

Con la nomenclatura anterior, los cálculos se realizaron de la siguiente forma:

$$\text{Costo del automóvil} = \frac{CA}{365} + \frac{MC + C + PT_x}{365 * PD}$$

$$\text{Costo del tránsito ferroviario pesado (Metro)} = \frac{CT + C + PT_1 - TSD}{365 * PD}$$

$$\text{Costo del tránsito Tránsito de trenes ligeros (LRT)} = \frac{CT + C + PT_2 - TSD}{365 * PD}$$



$$\text{Costo del tránsito Bus arterial (BUS)} = \frac{CT + C + PT_3 - TSD}{365 * PD}$$

$$\text{Costo del tránsito Tránsito rapido en autobús (BRT)} = \frac{CT + C + PT_4 - TSD}{365 * PD}$$

$$\text{Costo del tránsito Autobus expreso (FLIER)} = \frac{CT + C + PT_5 - TSD}{365 * PD}$$

$$\text{Costo de la bicicleta} = \frac{CB}{365} + \frac{MCV + PT_x}{365 * PD}$$

