



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO.

Facultad de Geografía.

Maestría en Análisis Espacial y Geoinformática

Trabajo terminal de Grado
“Análisis espacial de la infraestructura peatonal y
cultura vial de la ciudad de Toluca”

TESIS

Que para obtener su grado de
Maestro en Análisis Espacial y Geoinformática

P R E S E N T A

L.G. Gloria Varela Sánchez
con número de cuenta: 0724306

Tutor académico:
Dra. Raquel Hinojosa Reyes.

Tutores Adjuntos:
Dr. Juan Campos Alanís
Dr. Rodrigo Huitrón Rodríguez.



Toluca, México. Noviembre 2019.

Índice

I.-Introducción

II.- Planteamiento del Problema.

III-Antecedentes

IV.-Objetivos

IV.I.-Objetivo General

IV.II.-Objetivo Específicos

V.- Preguntas de Investigación

V.I.-Hipótesis

V.II.-Justificación

Capítulo 1.- Marco Teórico – Conceptual

| | |
|--|----|
| 1.1.-Geografía del Transporte..... | 20 |
| 1.2.-Geografía de la Percepción..... | 22 |
| 1.3.-Análisis espacial..... | 23 |
| 1.4.-Movilidad Urbana..... | 24 |
| 1.5.-Seguridad Peatonal | 25 |
| 1.6.-El Peatón..... | 27 |
| 1.7.-Infraestructura Peatonal | 27 |
| 1.8.-Principios de Movilidad Peatonal o Movilidad Universal..... | 28 |
| 1.9.-Principios estructurales de la red peatonal en la ciudad..... | 32 |
| 1.10.-Movilidad peatonal en el espacio público | 33 |
| 1.11.- Cultura Vial | 34 |
| 1.12.- Marco Normativo | 35 |

Capítulo 2.-Marco Metodológico

| | |
|---|----|
| 2.1.- Área de Estudio | 38 |
| 2.1.1.-Herramientas de análisis | 41 |
| 2.1.2.-Ubicación Geográfica de Accidentes Peatonales | 44 |
| 2.1.3.- Red Vial | 46 |
| 2.1.4.-Densidad de Accidentes peatonales (Densidad de Kernel) | 48 |

| | |
|--|----|
| 2.1.5.-Incidencia de accidentes Peatonales a nivel Intersección | 49 |
| 2.2.- Diagnóstico de condiciones de Infraestructura peatonal | 50 |
| 2.2.1.-Flujo peatonal | 50 |
| 2.2.2.- Transporte Público, distribución espacial de paradas oficiales y no oficiales..... | 52 |
| 2.2.3.- Distribución de Actividades Terciarias..... | 53 |
| 2.2.4.- Diagnóstico de Infraestructura Peatonal..... | 53 |
| 2.2.5.-Cultura Vial | 57 |
| 2.2.6.-Evaluación de seguridad peatonal | 59 |
| 2.2.7.- Propuesta de plan de Mejora de las condiciones de infraestructura peatonal..... | 60 |

Capítulo 3.- Análisis de resultados

| | |
|--|----|
| 3.1.-Ubicación de áreas de mayor incidencia de accidente peatonales | 63 |
| 3.2.-Diagnóstico de las condiciones de infraestructura peatonal y desarrollo de variables en intersecciones identificadas como conflictivas..... | 69 |
| 3.2.1.- Flujo Peatonal | 69 |
| 3.2.2.- Paradas Oficiales y No Oficiales de transporte Publico | 70 |
| 3.2.3.- Distribución de actividades económicas terciarias en Toluca..... | 73 |
| 3.2.4.- Condiciones de Infraestructura Peatonal | 75 |
| 3.2.5.- Área prioritaria de Infraestructura peatonal de calidad | 89 |
| 3.2.6.-Cultura Vial | 90 |

Capítulo 4.- Propuesta de Mejora de las condiciones de infraestructura peatonal y Conclusiones.

| | |
|---------------------------------|-----|
| 4.1.- Propuesta de Mejora | 94 |
| 4.2.-Conclusiones | 105 |
| Bibliografía | 110 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1.-Ubicación Geográfica del área de Estudio..... | 39 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| Figura 2.- Mapa de Incidencia de Atropellamientos por año, 2013, 2014 y 2015 de la ciudad de Toluca..... | 45 |
| Figura 3.- Mapa de clasificación de red vial | 48 |
| Figura 4.- Mapa de Incidencia de Atropellamientos por año, 2013, 2014 y 2015 de la ciudad de Toluca..... | 64 |
| Figura 5.-Mapa Densidad de Kernel, Accidentes Peatonales, año 2013, 2014 y 2015..... | 65 |
| Figura 6.- Mapa de Incidencia de accidentes peatonales a nivel Interacción en la ciudad de Toluca..... | 66 |
| Figura 7.- Mapa de Flujo Peatonal..... | 69 |
| Figura 8.- Mapa de distribución de paradas oficiales y no oficiales de transporte público.... | 72 |
| Figura 9.- Mapa de distribución de Actividades terciarias en zona de mayor incidencia de accidentes peatonales..... | 74 |
| Figura 10.- Accesibilidad y obstáculos fijos..... | 81 |
| Figura 11.-Mapa de Visibilidad, distribución de Luminarias | 82 |
| Figura 12.- Mapa de Diseño, distribución de Rampas..... | 83 |
| Figura 13.- Mapas de Señalización, distribución de señalización horizontal y paradas de transporte público..... | 87 |
| Figura 14.- Mapa de semaforización peatonal..... | 88 |
| Figura 15.- Mapa de zonas prioritarias para el rediseño, implementación y mantenimiento de elementos de infraestructura peatonal de calidad..... | 90 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1.- Normatividad Oficial en materia de seguridad Peatonal de la Ciudad de Toluca...35 | 35 |
| Tabla 2.- Total, de accidentes peatonales de la Ciudad de Toluca, 2013 - 2015..... | 44 |
| Tabla3.- Guía de Observación de las condiciones de Infraestructura Peatonal..... | 56 |
| Tabla 4.- Formato de evaluación de las condiciones de Infraestructura Peatonal y Cultura vial de la ciudad de Toluca..... | 58 |
| Tabla 5.- Cuadro de ponderación..... | 62 |
| Tabla 6.-Principios de Movilidad Peatonal | 77 |
| Tabla 7.-Criterios de Seguridad Peatonal | 77 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 8.- Matriz del Diagnóstico de las condiciones de elementos de infraestructura peatonal en zonas de mayor incidencia de accidentes peatonales..... | 78 |
| Tabla 9.- Dimensiones propuestas de acuerdo a usuarios de red vial..... | 95 |
| Tabla 10.- Medidas antropométricas para peatones | 96 |
| Tabla 11.- Propuesta de dimensiones banquetas..... | 97 |
| Tabla 12.- Tipos de Rampa..... | 97 |
| Tabla 13.- Señales preventivas | 98 |
| Tabla 14.- Señalización vertical Restrictivas | 99 |
| Tabla 15.- Señalización vertical Informativas | 100 |
| Tabla 16.- Señales horizontales | 101 |
| Tabla 17.-Otros | 101 |

Índice de Gráficas

| | |
|---|----|
| Gráfica 1.- Incidencia de Accidentes peatonales por Mes..... | 65 |
| Gráfica 2.- Incidencia de Accidentes peatonales por Día..... | 65 |
| Gráfica 3.- Incidencia de Accidentes viales por Hora del Día | 65 |
| Gráfica 4.- Diagnóstico de las condiciones de elementos de infraestructura peatonal en puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales..... | 76 |
| Grafica 5-Motivos de Desplazamiento | 91 |
| Grafica 6.- Modos de desplazamiento..... | 91 |
| Gráfica 7 - En cuanto a Infraestructura Peatonal ¿Usted como considera los siguientes elementos? | 92 |
| Grafica 8.- Valore en qué grado considera peligrosas las siguientes situaciones para el Peatón..... | 93 |

Índice de imágenes

| | |
|--|-----|
| Imagen 1.- Pirámide de Jerarquía de la movilidad urbana..... | 32 |
| Imagen 2.- Franjas longitudinales de la banqueteta | 55 |
| Imagen 3.- Semáforo Peatonal..... | 102 |
| Imagen 4.-Franja de mobiliario y vegetación | 103 |
| Imagen 5.- Propuesta de peatonalización | 105 |

Índice de Esquemas

| | |
|--|----|
| Esquema 1.-Metodología | 43 |
| Esquema 2.- Distribución de tiempo de conteo peatonal | 52 |
| Esquema 3.- Metodología para identificar áreas que requieren de infraestructura peatonal de calidad, de manera prioritaria. | 61 |

Índice de Fotografías

| | |
|---|----|
| Fotografía 1.- Malas condiciones de paso cebra..... | 76 |
| Fotografía 1.- Medias condiciones de paso cebra..... | 76 |
| Fotografía 1.- Buenas condiciones de paso cebra..... | 76 |
| Fotografía 4.- Puestos Ambulantes 1..... | 80 |
| Fotografía 5.- Puestos Ambulantes 2 | 80 |
| Fotografía 6.- Condiciones de rampa recta1 | 83 |
| Fotografía 7.- Condiciones de rampa recta2..... | 83 |
| Fotografía 8.- Condiciones de rampa recta3..... | 84 |
| Fotografía 9.- Condiciones de rampa recta4 | 84 |
| Fotografía 10.-Condiciones de paso Cebra1 | 85 |
| Fotografía 11.-Condiciones de paso Cebra 2 | 85 |
| Fotografía 12.-Condiciones de paso Cebra 3 | 85 |
| Fotografía 13.-Condiciones de paso Cebra 4 | 85 |
| Fotografía 14.-Condiciones de paso Cebra 5 | 85 |
| Fotografía 15.-Flechas de dirección: Intersección José Ma Morelos y Pavón y Benito Juárez..... | 86 |
| Fotografías 16.-Límites de velocidad, señalización de precaución e informativas en intersección Benito Juárez y Gómez Farías..... | 86 |
| Fotografía 17.-Señalización de parada de autobús en José Ma Morelos y Motolína..... | 87 |

I.-Introducción

Los sistemas de transporte constituyen un elemento fundamental para el desarrollo social y económico, no sólo en México, si no de cualquier país. En particular la red carretera y los vehículos de motor que por ella transitan, representan la principal forma de desplazamiento de personas y bienes, el cual solo puede considerarse de calidad en la medida en que se efectúe de manera rápida, confiable y segura. (Velásquez y Mendoza, 2001).

Son numerosos los elementos que conforman el sistema de transporte como tal, en este caso específico se hace énfasis en la seguridad peatonal retomando como principal referente a la Organización Mundial de la Salud (OMS) que determina a la seguridad peatonal como un problema de justicia social (donde las personas con un nivel socioeconómico bajo tienen más riesgo de estar involucrados en un hecho de tránsito que sus homólogos con mayor posición económica), esto se aplica con mayor razón a los peatones. A nivel mundial, los peatones que fallecen o resultan gravemente lesionados tienden a ser aquellos que tienen un nivel económico bajo, o provienen de una minoría étnica (OMS, 2013).

Con base a las cifras de accidentalidad registrados, las estadísticas anuales reportan que cerca de 1,24 millones de personas pierden la vida a causa de accidentes de tránsito de los cuales más de 28 mil corresponde a accidentes peatonales, lo que corresponde a más de la quinta parte de esas defunciones (OMS y FIA, 2010).

Con respecto a dichos datos la OMS en colaboración con la Foundation Global Road Safety Partnership (FIA) realizaron el *“Manual de Seguridad Vial”* para instancias decisorias y profesionales, con el objetivo de identificar las principales causas de accidentalidad vial, aporta información útil para la formulación y aplicación de medidas integrales destinadas a mejorar la seguridad peatonal, mediante el análisis de la situación con el objeto de priorizar las intervenciones y la preparación de un plan de acción conexo, tiene como finalidad facilitar una guía para la ejecución de intervenciones eficaces y para la evaluación de las medidas en pro de la seguridad peatonal. (OMS y FIA, 2010).

En el caso de la presente investigación la atención se centra en la elaboración del diagnóstico de infraestructura peatonal que permita identificar las condiciones en las que se encuentra cada uno de los elementos que conforman el equipamiento urbano destinado al uso peatonal,

de igual manera se integra de manera descriptiva la situación de cultura vial en la que se encuentra la población que se complementa con la revisión de normatividad vigente correspondiente al Estado de México y del municipio, finalmente se hace una propuesta de mejora con base a los resultados.

En el capítulo I se realiza la investigación bibliografía para la construcción del Marco teórico y conceptual bajo el cual se constituye la presenta investigación, tomando como referencia básica la consulta de libros, artículos, notas científicas, documentos oficiales y bases de datos fundamentales al tema.

En el capítulo II se hace una revisión bibliográfica sobre metodologías ya aplicadas para realizar la propuesta metodológica correspondientes que incluye el desarrollo de variables (clasificación de red vial, flujo peatonal, ubicación de paradas oficiales y no oficiales de transporte público, y distribución de actividades económicas, con respecto a las áreas de mayor incidencia de accidentes peatonales), el diagnóstico de las condiciones de Infraestructura peatonal, cultura vial y normatividad oficial del Estado de México y el municipio.

En el capítulo III se realiza el diagnóstico de las condiciones de infraestructura peatonal de los elementos que permiten el desplazamiento peatonal de manera segura con respecto a criterios, subcriterios y principios de movilidad peatonal, en áreas de mayor incidencia de accidentes peatonales, esto mediante trabajo en campo y el apoyo de guías de observación.

Con respecto a las condiciones de cultura vial de habitantes y visitantes del municipio se aplica una encuesta que permita reflejar el comportamiento cotidiano de los peatones con respecto a las condiciones de infraestructura y seguridad vial.

En el capítulo IV se analizan los resultados de las variables con respecto al diagnóstico con el objetivo de realizar una propuesta de mejora en áreas de mayor incidencia de accidentes peatonales que permitan una movilidad peatonal segura.

II.- Planteamiento del Problema.

La seguridad peatonal como preocupación mundial, es un impacto de los hechos relacionados con el tránsito y sus consecuencias, pone de manifiesto la necesidad de abordar con acciones, estrategias y medidas este problema de salud pública que de manera paralela impacta negativamente el contexto nacional dentro del sistema económico y social.

En la celebración de la Semana Mundial de las Naciones Unidas para la Seguridad Vial, la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS, 2013) invita a los países a hacer los caminos más seguros para los peatones aplicando medidas que comprendan desde un mejor cumplimiento de los límites de velocidad y las leyes sobre conducir en estado de ebriedad a la creación de una infraestructura adecuada para los peatones, como topes y cruces peatonales elevados.

De acuerdo a los datos registrados se obtuvo que más de 23.500 peatones murieron en vías públicas de América Latina y el Caribe en el 2010, lo que los constituye como el grupo más vulnerable de usuarios de calles y carreteras en la Región.

La Secretaría de Salud del gobierno de México, en su informe de Seguridad Vial 2017, reporta que, en México, los accidentes de tránsito siguen encontrándose entre las diez principales causas de muerte. En 2015, fallecieron 16 mil 39 personas por esta causa. Por tipo de usuario, los peatones son quienes concentran el mayor porcentaje de fallecimientos; en el 2015 se registraron 7,780 atropellamientos fatales (48.5 %), 5,339 ocupantes de vehículo (33.2 %), 2,622 motociclistas (16.3 %) y 298 ciclistas (1.8 %) muertos. Si consideramos sólo los usuarios vulnerables de la vía, es decir, peatones, ciclistas y motociclistas, el porcentaje asciende al 66.7 %. Prácticamente, siete de cada diez muertos en México corresponde a estos usuarios (SSMx, 2017).

La Universidad de Guadalajara en 2017, hace un breve comunicado destacando que la falta de cultura vial provoca lesionados y muertes en transeúntes, por atropellamiento, 429 personas fallecieron en Jalisco de 2016 a 2017, estos datos demuestran que en la Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) aún hay un rezago en la infraestructura para la movilidad peatonal, aunada a la falta de cultura vial; así lo refiere la maestra Ana Esther

Rentería Mejía, especialista en Urbanística y docente en el Centro Universitario de Arte, Arquitectura y Diseño (CUAAD, 2017).

También es importante mencionar que el comportamiento de los peatones en el entorno urbano desde la forma correcta de cruzar la calle, el funcionamiento de semáforos, las banquetas y el significado de señalización básica de seguridad peatonal principalmente, pone de manifiesto la poca cultura vial de conductores y peatones.

Las cifras de accidentes peatonales, las consecuencias que trae consigo y la falta de cultura vial hacen evidente la necesidad de actuar de manera eficiente y coordinada entre centros de investigación, autoridades correspondientes y población en general, con el objetivo de aumentar la seguridad peatonal, bajo lineamientos normativos que impulsen y faciliten la coordinación institucional e intersectorial de la ciudad de Toluca.

III-Antecedentes

En este apartado se hace una breve recopilación de estudios ya aplicados referentes al tema de análisis espacial de infraestructura peatonal resaltando las formas en cómo se han implementado, los objetivos y algunos aspectos generales.

Tendiendo como entendido que la seguridad vial no solo es responsabilidad de los conductores, si no de peatones, equipamiento vial y toda la serie de elementos que conforman un sistema urbano, resulta de gran relevancia dirigir la misma atención a cada uno de los componentes que lo conforman.

En este sentido la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó en 2004 el decenio de acción para la Seguridad Vial 2011-2020, da inicio en todo el mundo el 11 de mayo del 2011, representa para los países una oportunidad histórica de detener e invertir la tendencia. De no tomarse medidas al respecto, llevaría a la pérdida anual de cerca de 1,9 millones de vidas en las carreteras de 2004 a 2020. Gobiernos, organismos internacionales, organizaciones de la sociedad civil y empresas privadas de más de 100 países celebraron el lanzamiento del decenio mediante cientos de eventos locales, presidentes y primeros ministros, ministros de transporte, salud y otros, jefes de organizaciones internacionales y no gubernamentales, directores de empresas, víctimas de accidentes de tráfico y sus familiares, y otros ciudadanos

interesados manifestaron su compromiso con el objetivo del Decenio: salvar cinco millones de vidas (OPS/OMS, 2005).

El objetivo de este enfoque es guiar y orientar la construcción de un sistema vial seguro para evitar los accidentes peatonales y, en caso de que se produzcan, garantizar que las fuerzas del impacto no sean suficientes para causar traumatismos graves o defunciones, que las víctimas sean rescatadas y que reciban una atención traumatológica adecuada.

Al considerar que todos somos peatones, y como tales hacemos una parte del sistema del tránsito interactuando con los demás usuarios de la vía pública de manera segura o riesgosa, con base a esto la asociación civil “*Luchemos por la Vida, 2006*” de la Organización de Naciones Unidas (ONU) 2017, inició la nueva campaña publicitaria de concientización “Peatones seguros” en radio, televisión y demás medios audiovisuales, que tiene como objetivo generar conciencia, en el peatón urbano, de su vulnerabilidad, aumentando su percepción del riesgo y recordarle conductas seguras al caminar y cruzar, proponiéndole medidas de auto-protección, tales como cruzar por las esquinas o sendas peatonales. La campaña muestra situaciones de riesgo habituales entre los peatones, como: cruzar por la mitad de cuadra, hablando por celular, distraído, entre otras. Y con esto recuerda a los automovilistas su obligación para con los peatones (ONU-LV. A. C. 2013).

De igual manera en España las acciones por lograr un sistema de movilidad peatonal de calidad han sido constantes, entre ellos se encuentra el “*Plan Director de Movilidad Peatonal de Victoria-Gasteiz, España 2007*” el cual se caracteriza por dar importancia al desplazamiento a pie, ya que es considerado como una actividad saludable, ente sus objetivos se encuentra el establecer un marco general para el desarrollo de un nuevo modelo de movilidad; diseñar una red peatonal en conexión con los nodos de comunicación, equipamiento y espacios públicos; garantizar una buena accesibilidad a los servicios y actividades cotidianas; y reducir la dependencia de la movilidad motorizada por parte de la población (Rojo, 2010).

En Argentina los proyectos de movilidad peatonal han cobrado mayor importancia en el último año, en 2010 se publicó el documento titulado “*La revalorización del espacio público a partir de las condiciones de accesibilidad peatonal. Un estudio sobre barreras arquitectónicas en la ciudad de Mar del Plata*” donde el paisaje urbano ha estado sujeto a

importantes transformaciones en los espacios públicos involucrando de manera directa la accesibilidad peatonal y las necesidades del peatón. El objetivo de dicho documento es producir avances en el conocimiento de estas condiciones que permita elaborar un diagnóstico general identificando los paseos peatonales más afectados; posteriormente se construye un diagnóstico específico, estableciendo a partir de un instrumento de relevamiento de información, de la identificación puntual de las barreras y trampas urbanas en los itinerarios seleccionados de tal manera que los resultados permitan diagnosticar y categorizar los problemas de accesibilidad, conocimiento esencial en aquellos programas vigentes, base instrumental en la construcción de planes y proyectos a futuro (Yeannes, 2010).

En el caso de Argentina se ha implementado un sistema de peatonalización en el área del microcentro que es el centro financiero e histórico de la ciudad, donde se encuentran oficinas y sedes oficiales, sistema de transporte motorizado se conforma por tren, metro, transporte público, taxis y auto particular, que parece ser insuficiente una megalópolis como es Buenos Aires que además depende de los cortes por huelgas y días feriados que así lo establece. Con respecto al tema de interés el Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires en colaboración con la Agencias de seguridad Vial de Argentina, en 2019 publican un comunicado donde se anuncia el cumplimiento de 5 nuevas áreas peatonales con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes y visitantes, la convivencia, el tránsito, seguridad vial y el medio ambiente. (Buenos Aires Ciudad, 2019):

- 1.- Microcentro Peatonal: Se realizó una renovación para que los vecinos que trabajan o circulan por el barrio puedan disfrutarlo de esta manera, se definieron calles de prioridad peatonal, ensanchamiento y nivelación de veredas, mejoramiento de iluminación, integración de ciclo vías.
- 2.- Tribunal peatonal: Con esta intervención se ganaron más de 5 mil metros cuadrados de nuevo espacio peatonal donde se incluyen áreas verdes y se implementaron nuevos servicios al peatón como librerías, se eliminaron áreas de estacionamiento y se restauraron edificios emblemáticos del paisaje como el Teatro Colón, el Palacio de Justicia y la Escuela Roca.
- 3.- Retiro Peatonal: Este proyecto comprende la nivelación de calles y ensanche de veredas, los ejes de obras incluyen la unificación de las veredas, la renovación e incorporación de

mobiliario urbano, la iluminación con tecnología led la incorporación de árboles y el ordenamiento de la publicidad exterior.

4.- Casco histórico: Las obras incluyeron la nivelación de calzadas, recuperación de veredas, instalación de estacionamientos para bicicletas, la reorganización de paradas de transporte público, se colocaron farolas históricas con iluminación peatonal, la instalación de servicios bancarios, pantallas interactivas con datos históricos del lugar.

5.- Once Peatonal: Zona por la que circulan más de 250 mil personas al día, el plan contempló la intervención entre avenidas principales en relación a la conectividad con el transporte público, de igual manera consistió en el ensanche de veredas, la ampliación de las esquinas y la puesta en valor de los edificios, este proyecto transformo el barrio en un lugar más ordenado y seguro para la movilidad peatonal.

Corrientes peatonal, la más reciente que fue inaugurada el 13 de abril del presente año, poniendo en valor esta avenida porteña más emblemática de la ciudad, con el objetivo de generar un ambiente de paseo peatonal promoviendo la actividad nocturna y cultural de la Ciudad. Se llevó a cabo a partir de la reducción de carriles vehiculares, la nivelación de los cruces transversales y el ensanche de las veredas para generar más espacio peatonal, se creó un camellón central para dividir las avenidas en dos partes, sobre la izquierda se adecuaron dos carriles que se convierten en áreas peatonales por la noche, y sobre la derecha se conservan otros dos carriles que son exclusivos para transporte público.

El “Plan integral de movilidad, Comuna de Santiago: Plan peatonal primero” es otro de los referentes importantes en este apartado, en dicho documento el peatón y personas con movilidad reducida sean la prioridad en el plan de movilidad y se propone crear más espacios para quienes se desplazan caminando por el territorio y construir infraestructura idónea para los transeúntes que a su vez fomenta la creación de pases peatonales que faciliten el desplazamiento peatonal en zonas de alto interés público (SECPLAN, 2013).

A nivel Nacional el Centro de Transporte Sustentable de México (CTSM), ha realizado el “*Manual de Desarrollo Orientado al Transporte Sustentable 2002 - 2009*” (DOTS) que, en referencia al peatón, destaca la importancia del espacio público y el desarrollo de estaciones

en torno a barrios, paradas del sistema de transporte público y sustentable en relación con el resto de la ciudad.

De igual manera la CTSM en 2016 publicó la “*Guía de Desarrollo Orientado al Transporte Sustentable para Comunidades Urbanas*” la cual tiene como objetivo promover la movilidad no motorizada y busca incrementar el número de viajes locales, peatonales o ciclistas, de manera cómoda, segura y atractiva. Teniendo en cuenta que cada viaje empieza y termina con un viaje a pie o en bicicleta, se entiende la importancia de planear la comunidad urbana sustentable en función de las actividades de peatones y ciclistas, el objetivo es desarrollar espacios destinados a los peatones y ciclistas que contribuyan a la accesibilidad de los equipamientos cercanos, así como a la activación de los espacios públicos de la comunidad sustentable (CTSM, 2016).

La Oficina de Educación Vial de la Secretaría de Comunicaciones y transportes, México (2008) definió a la educación vial como el conjunto de conocimientos, reglas y normas de conducta que todo individuo debe poseer y que tiene como objetivo preparar a la ciudadanía para que conduzcan de manera segura y adecuada en las vías públicas para hacer uso correcto de los medios de transporte y concluyen que la educación vial es una necesidad cívica en la época moderna (SCT, 2008).

En México se han presentado programas y campañas para fomentar la educación y cultura vial. En el “Primer informe de Datos Básicos de Tránsito y Seguridad Vial Latinoamericano 2006” se presenta el caso de México con el objetivo de conocer el marco jurídico de una serie de puntos y temas básicos (educación mínima para conducir, cinturón de seguridad, alcohol, seguros, entre otros). La temática de este informe fue la educación vial en la sociedad.

Las aportaciones a nivel mundial y nacional sin duda han contribuido en la construcción de un sistema vial seguro dando la prioridad que se merece al peatón, sin embargo, a nivel local han sido pocos los esfuerzos realizados y por lo tanto no existe un documento oficial que indique los elementos, las condiciones, dimensiones y especificaciones óptimas para el diseño de infraestructura y movilidad peatonal.

De esta manera se evidencian los esfuerzos por desarrollar una infraestructura peatonal de calidad, que permita al peatón una movilidad segura y eficiente, a partir de enfoques como

el de sustentabilidad en el transporte que prioricen las actividades del peatón dentro del desarrollo urbano.

IV.-Objetivos

IV.I.-Objetivo General

Realizar el análisis espacial de las condiciones en que se encuentra la infraestructura peatonal y cultura vial de la Ciudad de Toluca para determinar el grado de seguridad peatonal en zonas de mayor incidencia de accidente peatonales y posteriormente realizar una propuesta de mejor.

IV.II.-Objetivo Específicos

- a) Diagnosticar las condiciones físicas en las que se encuentra actualmente la infraestructura peatonal en áreas identificadas como de mayor incidencia de accidentes peatonales.
- b) Analizar el nivel de conocimiento de normatividad vial y seguridad peatonal en la población de ciudad de Toluca.
- c) Evaluar las condiciones de infraestructura peatonal y cultura vial en la Ciudad de Toluca.
- d) Realizar una propuesta de mejora que ofrezca a los peatones las condiciones óptimas de seguridad peatonal y el uso correcto de infraestructura peatonal, en zonas conflictivas.

V.- Preguntas de Investigación

- ¿Qué factores del contexto urbano pueden estar influyendo en la incidencia de accidentes peatonales en la Ciudad de Toluca?
- ¿Dónde se ubica la mayor incidencia de accidentes peatonales?
- ¿Cuáles son las características de infraestructura peatonal en áreas de mayor incidencia de accidentes peatonal de la Ciudad de Toluca?

- ¿Cuál es la situación de cultura vial de la población y el conocimiento de normatividad vigente sobre seguridad peatonal en la Ciudad de Toluca?

V.I.-Hipótesis

La incidencia de accidentes peatonales en la ciudad de Toluca se relaciona directamente con las condiciones de la infraestructura peatonal y el espacio de movilidad peatonal, siendo este el lugar donde el peatón corre el mayor riesgo de sufrir un accidente. Aunado a esto la insuficiente o nula cultura vial por parte de peatones y conductores, así como la falta de homologación de normatividad en materia de infraestructura peatonal que ha venido incrementado el número del registro de accidentes peatonales.

V.II.-Justificación

El sistema de transporte constituye un elemento fundamental para el desarrollo social y económico representa la principal forma de desplazamiento de personas, bienes y mercancías, desafortunadamente también contribuyen de manera directa al aumento de accidentes peatonales realmente alarmantes por las consecuencias tanto económicas y sociales que representan.

Los antecedentes muestran que las cifras de peatones que sufren traumatismos a causa de accidentes viales ha ido en aumento, el “*Primer Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial*” revela que cerca de la mitad (46%) de las muertes por accidentes de tránsito corresponden a peatones quienes son los usuarios más vulnerables de la vía pública y recientemente, en el “*Segundo Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial*” se analizó por separado la situación de los peatones y se demuestra que estos representan el 22% del total mundial de defunciones por esa causa (OMS, 2015).

A partir de los datos sobre la incidencia de accidentes peatonales en la Ciudad de Toluca (ver tabla 1) surge la necesidad de identificar la ubicación geográfica de los lugares con alto riesgo de ocurrencia de accidentes peatonales, se requiere la elaboración de un análisis espacial que aborde las condiciones de infraestructura peatonal, cultura vial y normas oficiales en materia

de seguridad peatonal de la Ciudad de Toluca del año 2013 a 2015. Este análisis servirá a instituciones responsables del correcto funcionamiento del sistema de transporte, tomadores de decisiones, profesionistas en diseño de transporte y responsables del cumplimiento de leyes y normas en materia de transporte y seguridad vial.

El análisis espacial además de reconocer aspectos del medio físico y humanos que, a partir de la observación, se puede percibir, comparar y agrupar en elementos de similar comportamiento, también implica el tratamiento, manejo y análisis de datos espaciales que con el apoyo de herramienta SIG permite el diagnóstico y análisis de problemáticas específicas.

El uso de herramientas SIG en el análisis espacial es fundamental y en para el desarrollo del Diagnóstico de Seguridad Peatonal facilita el manejo de bases de datos, procedimientos y representación cartográfica en tablas, gráficas y mapas de resultados. Esta investigación pretende proporcionar un instrumento metodológico aplicable no solo a este caso de estudio, sino a otros municipios.

Capítulo 1.- Marco Teórico – Conceptual

En este capítulo se busca contextualizar el planteamiento teórico y conceptual en que se sustenta el presente trabajo, partiendo de la teoría de la localización, su relación con la Geografía Urbana y su apoyo con la Geografía Cuantitativa, del transporte y seguridad Vial. Posteriormente se hace la mención de algunos conceptos básicos siguiendo la misma contextualización de la geografía y el análisis espacial en relación con la movilidad urbana, movilidad y seguridad peatonal y la recopilación de principios estructurales de la red peatonal.

Entre los principios de los efectos espaciales que determinan los sistemas de transporte en los patrones de organización económica espacial, ha sido un tema clave de la teoría de la localización desde el trabajo de Von Thünen, teoría de la localización tradicional que se caracteriza por un método deductivo de análisis, a partir de la dinámica de actividades económicas, básicamente para determinar los efectos de la localización por la distancia y costos de transporte.

Según esta teoría, el valor de una ubicación está determinado por el acceso al mercado, lo que se refiere a la posición geográfica, en particular de las rutas de transporte más importantes, se visualiza desde la perspectiva de la movilidad urbana con base a su jerarquía que va desde conductores de vehículos particulares, de carga, transporte público, motociclistas, ciclistas y peatones, para que el acceso y obtención de dichos servicios sea de manera eficiente, segura e integral.

1.1.-Geografía del Transporte

La geografía de redes que es un paradigma en construcción, sin embargo, los componentes presentes en los planes reguladores, como los planteados en metodologías más reciente formuladas por el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU) en el análisis territorial, que pueden ser abordados por la geografía de redes (Somarribas, 2008).

La geografía del transporte es una rama de la Geografía humana que se ocupa del estudio de los sistemas de transporte en los distintos espacios geográficos haciendo frente a las necesidades del desplazamiento de personas y sus mercancías.

De esta manera el papel de la geografía del transporte se centra en la importancia de los procesos de traslado, de pasajeros bienes y servicios en el espacio y de acuerdo con (Somarribas, 2008), se apoya de conceptos como:

a. Flujo de pasajeros y mercancías: comprende la cantidad de pasajeros y bienes trasladados desde el punto de su expedición al punto de su destino, el flujo contempla el hecho de la cantidad y del género del intercambio de personas y bienes.

b. Recorrido: significa el traslado de un surtido de mercancías y personas, determinado por una línea de transporte concreta.

c. Comunicación: es un concepto más amplio e incluye tanto al transporte como a las comunicaciones, mientras las comunicaciones transmiten a distancia un mensaje con ayuda de distintos medios de comunicación tales como el correo, teléfono, telégrafo, radio televisión, correo electrónico y fax.

d. Transporte: es aquella parte del proceso de producción que prevé el traslado de mercancías y personas de un sitio a otro.

e. Vía: llamamos vía a la parte del suelo destinada al tráfico de vehículos y acondicionada de forma correspondiente.

f. Línea: El concepto de línea tiene un carácter funcional, es decir, está estrechamente vinculado con el tráfico, traslado o envío que se efectúa con la ayuda de un medio técnico concreto (tren, automóvil, barco avión) sobre un trayecto estrictamente definido, para el cuál, como es obvio, se utiliza una vía determinada.

g. Ruta: Es el conjunto de líneas que unen diversos puntos, nodos o localidades.

Dentro de la Geografía del Transporte, existen diferentes ramas y disciplinas auxiliares como lo es el caso de la *Geografía de la Seguridad Vial*, propuesto por investigadores de la UNAM se basa en los enfoques de análisis territorial multifactorial y temporal mediante los cuales se pretende conocer y solucionar los problemas de los accidentes de tránsito (Reséndiz, 2014).

Se reúnen fundamentos teóricos que evidencian la importancia del transporte de manera inicial en referencia a las actividades económicas y cotidianas de la sociedad, con base a ello

se entiende que los sistemas de transporte son parte fundamental para la organización del espacio, las redes de transporte, los flujos sobre redes y problemas relacionados con el transporte tales como la congestión, la contaminación en el espacio geográfico, entre otros, en este caso se hace énfasis en cuestiones de infraestructura peatonal, bajo los principios de análisis territorial multifactorial y temporal de la Geografía de Seguridad Vial como parte esencial de la problemática de investigación.

Partiendo de la Geografía del Transporte y de Seguridad Vial a continuación se abordan algunos de los elementos que sirven de apoyo en el entendimiento de la importancia del análisis espacial de las condiciones de infraestructura peatonal y otros elementos que influyen en el tema de seguridad peatonal.

1.2.-Geografía de la Percepción.

La valoración de cultura vial existente entre la población se relaciona directamente con los principios teóricos de la Geografía de la percepción, la cual busca incluir en los estudios geográficos el carácter subjetivo del espacio. Es un enfoque geográfico que entiende el espacio, no como una concepción objetiva y abstracta, sino en función de su valor subjetivo, como espacio conocido y aprehendido individualmente; es el espacio vivido (Vilá Valentí; 1983).

Las percepciones que estudia esta corriente son principalmente comprensiones colectivas. Kevin Lynch (1960) afirma que la ciudad es una construcción espacial a gran escala, sólo perceptible mediante secuencias temporales no lineales, ya que la percepción de ciudad que un individuo o un colectivo tienen puede sufrir interferencias a lo largo del tiempo, se puede interrumpir, puede sufrir oscilaciones de intensidad, entre otros.

La ciudad es un espacio que comprende más de lo que la mirada puede alcanzar y la suma diacrónica de imágenes de la ciudad que se pueden obtener no da como resultado el conjunto urbano, ya que cada uno de sus elementos está ligado a un medio circundante tanto físico como afectivo que varía en el tiempo y con cada observador (Vara, 2009).

Por lo tanto, es una conjunción de lo que la ciudad es en sí y lo que de ella perciben sus habitantes, el ser humano crea una imagen propia de su entorno, una imagen mental del medio que lo rodea apoyándose de la conexión de experiencias pasadas y presentes.

1.3.-Análisis espacial

Entre las diversas aportaciones sobre la definición de Análisis Espacial, es preciso citar a Bosque (1992), quien conceptualiza al análisis espacial como el conjunto de procedimientos de estudios de los datos geográficos en los que se consideran sus características espaciales.

El análisis espacial es “*el conjunto de procedimientos de estudio de los datos geográficos, en los que considera de alguna manera, sus características espaciales*” tal descripción centra toda su atención en el manejo dado a los datos geográficos (Bosque, 1992).

Hablar de análisis espacial implica reconocer aspectos del medio físico y humano, de los cuales, a partir de la observación, se percibe, compara y se agrupan elementos de similar comportamiento. El Análisis Espacial de la infraestructura peatonal y cultura vial se llevará a cabo bajo este fundamento teórico y se integra por características sociales y económicas que intervienen directamente en la situación actual en materia de seguridad peatonal y cultura vial de la ciudad de Toluca.

Las herramientas y técnicas de análisis espacial cualitativas y cuantitativas, se aplican mediante la selección de variables, procesos y herramientas de análisis, y de representación cartográfica, para lo cual el uso de herramientas SIG será indispensable para la combinación de representaciones gráficas y técnicas cuantitativas que representa la naturaleza del estudio.

De acuerdo con Buzai (2010), los principios que rigen el análisis espacial son los siguientes:

Localización: considera que todas las entidades (con sus atributos asociados) tienen una ubicación específica en el espacio geográfico.

Distribución espacial: conjunto de entidades de un mismo tipo, ya sean puntos, líneas o polígonos (áreas), dispuestas sobre el espacio geográfico de una manera determinada, que pueden poseer diferentes atributos asociados al sistema vectorial, o localizaciones dispersas que representan puntos y zonas con clases similares contiguas en sistema ráster.

Asociación espacial: semejanzas encontradas al comparar, mediante el análisis visual, distintas distribuciones espaciales. La comparación se realiza a partir de la superposición cartográfica de dos distribuciones.

Interacción espacial: estructuración de un espacio relacional en el cual las localizaciones (sitios) distancias (ideales o reales) y vínculos (flujos) resultan fundamentales en la definición de espacios funcionales.

Evolución espacial: dimensión temporal a través de la permanente transición de un estado a otro.

La relevancia de la Geografía en este estudio se muestra en la posibilidad de realizar un análisis que relaciona de manera sistemática el número, tipo y ubicación geográfica de manera comparativa de los accidentes peatonales en el municipio, lo que a su vez permite una visión más amplia del fenómeno como tal. Al respecto Harvey (1969) afirma que “La Geografía trata de la descripción y explicación de áreas diferenciadas en la superficie terrestre”, bajo este término, este proyecto genera como aporte la interpretación espacio – temporal de accidentes que busca encontrar las ubicaciones de áreas de mayor incidencia de accidentes peatonales para su posterior análisis espacial de las condiciones de infraestructura peatonal (Hervey, 1969: 287-288).

1.4.-Movilidad Urbana

Aunque el concepto aún sigue siendo muy abierto ya que depende de diferentes disciplinas de la investigación, una definición aceptable es la que surge del Informe Valladolid elaborado en 2005, que conceptualiza a la movilidad urbana al hecho de que todos los seres humanos tienen derecho a que se establezcan a las condiciones necesarias para que el espacio urbano e interurbano sea apto y equitativo para la movilidad interna de todos los habitantes de un territorio (Del Caz, 2005).

Desde el punto de vista sustentable, Medina y Veloz (2012) en su publicación “Planes Integrales de Movilidad, Lineamientos para una movilidad urbana sustentable” se considera a la movilidad urbana en función, no solo del automóvil si no verlo como un medio para lograr que las personas gocen de acceso a bienes y servicios, y por ende priorizar a peatones, ciclistas y transporte público de calidad, con el objetivo de consumir menos recursos

naturales no renovables y producir menos afectaciones al medio ambiente. (Medina y Veloz 2012).

Al respecto de esto último, de acuerdo con Valenzuela (2015), una forma de movilidad no motorizada que mantiene una relación directa e intensa del habitante urbano con la ciudad es la movilidad peatonal, pues, a través de ésta, el ciudadano puede interactuar con otros peatones, participar de la actividad comercial y cultural en las calles e incluso apreciar el entorno natural y arquitectónico. La movilidad peatonal, como todo modo de transporte, requiere de características formales y funcionales, que influye en su decisión de tomar una u otra ruta para llegar a su destino Banco Mundial, (2016). De esta manera existe un llamado en el contexto internacional a fomentar la movilidad sostenible en las ciudades en donde los itinerarios peatonales sean mayores, entre las medidas para impulsar esto están algunas como el incremento del número de vías de prioridad peatonal, creación de una red de itinerarios peatonales que debe garantizar la conectividad, mejorar la accesibilidad suprimiendo las barreras arquitectónicas y, desde luego, la de mejorar la seguridad vial del peatón, reduciendo los accidentes por atropello (Suárez, 2016).

De esta manera se puede decir que la movilidad urbana son los desplazamientos que se generan dentro de la ciudad en las diferentes formas, con la finalidad de lograr una visión más humanista del transporte se relaciona con la mejora de la calidad de vida del ciudadano.

1.5.-Seguridad Peatonal

Caminar es un modo de transporte básico y habitual en todas las sociedades del mundo, de hecho, así se inician y terminan todos los desplazamientos. Algunos se efectúan únicamente de esa forma, ya sea que se trate de un largo recorrido o de un corto paseo para ir a la tienda. Otras ocasiones se pueden hacer a pie una parte o más del trayecto, por ejemplo, para ir hasta una parada de autobús o volver de la misma.

Existe una estrecha relación entre el medio donde se desplaza el peatón y la seguridad del mismo, de acuerdo con la OMS (2013), el riesgo de accidente aumenta cuando una persona se desplaza a pie en un entorno que carece de infraestructura peatonal y en donde se permite el uso de vehículos de alta velocidad. Cuanto mayor sea la proporción de vehículos de motor que interactúen con peatones, mayor será el riesgo de colisión entre unos y otros (OMS, 2013).

Las medidas para la seguridad peatonal contribuyen a la mejora de los entornos peatonales, a la renovación urbana, al crecimiento económico local, a la cohesión social y a una mayor calidad del aire, así como a la reducción de los efectos dañinos del ruido del tránsito además beneficios suplementarios para los demás usuarios de la vía pública, tales como motociclistas o ciclistas.

Este enfoque asume que el transporte es fundamental para la sociedad, y presupone que los desplazamientos deberían ser seguros para todos los usuarios de la vía pública cuando esos interactúan con carreteras y vehículos para facilitar la circulación con la finalidad de eliminar muertes y heridos de gravedad, dentro de un sistema seguro de transporte.

El enfoque orientado a un sistema seguro se sustenta en los principios fundamentales que se resumen a continuación (Davis GA, 2001).

- Reconocimiento del error humano en el sistema de transporte: al circular por las vías públicas las personas cometen errores que pueden fácilmente provocar muertes y heridos. Si bien el enfoque orientado a un sistema seguro no desestima el peso del comportamiento del usuario de la carretera, recalca que este no es más que una de las muchas esferas prioritarias en materia de prevención.
- Reconocimiento de la fragilidad y de los límites de los seres humanos: las personas tienen límites de tolerancia a los impactos violentos, más allá de los cuales se producen graves lesiones o la muerte.
- Fomento de un sistema de usuarios responsables: los usuarios de la vía pública y los diseñadores del sistema deben compartir la responsabilidad. Si bien se espera que los usuarios cumplan con las normas de tránsito, los diseñadores y gestores del sistema tienen la responsabilidad de concebir una estructura de transportes que sea lo más segura posible.
- Fomento de valores éticos en materia de seguridad vial: el valor ético en el que se fundamenta el enfoque orientado a un sistema seguro asume que son inaceptables los traumatismos relacionados con el sistema de transporte, sin importar su gravedad. Los seres humanos pueden aprender a comportarse de forma más segura, aunque es inevitable que, en determinadas ocasiones, cometan errores que puedan causar accidentes. Sin embargo, la muerte o las lesiones graves son consecuencias evitables.

- Promoción de valores sociales: además de garantizar la seguridad, se confía que el sistema de transporte vial contribuya en general al fomento de valores sociales, en particular en lo referente a tres aspectos, a saber: el desarrollo económico, la salud humana y medioambiental, y la capacidad individual de elección.

1.6.-El Peatón

Es el elemento del sistema de movilidad urbana más importantes en esta investigación, es la persona que, sin ser conductor, transita a pie por las vías públicas. También se consideran peatones los que empujan cualquier otro vehículo sin motor de pequeñas dimensiones o los minusválidos que circulan al paso con una silla de ruedas con motor o sin él (DGT, 2014).

De acuerdo Cuevas (2008) existes diferentes tipos de patones como son los peatones con movilidad reducida, que corresponde a los que pueden requerir atención especial ya sea en caso de lesión o discapacidad que pueden requerir ayuda debido a deficiencias cognitivas, mentales, sensoriales o motoras y su tipología es:

- Usuarios ambulantes
- Usuarios en sillas de ruedas
- Usuarios sensoriales
- Usuarios con algún síndrome

El comportamiento peatonal es una actividad humana compleja, implica por lo menos una componente cognitiva y una ejecutiva (Prieto 1984, citado por Cuevas 2018) el elemento cognitivo se refiere a que las decisiones se basan en el conocimiento adquirido, mientras que el ejecutivo o afectivo es el que conduce al individuo a actuar (Camerer, 2005, citado por Cuevas 2018). El comportamiento del peatón es un proceso automático, que se ejecuta en paralelo con otras actividades, refleja las preferencias de conducta en función de la edad, experiencia, características de personalidad, estilos, entre otros.

1.7.-Infraestructura Peatonal

La zona para peatones se puede definir como la delimitación de aquellas porciones de espacio público en las que el peatón tiene privilegios por encima de otras formas de transporte motorizado, aunque pueden contar también con calles o plazas provistas de atenuantes para este tipo de tráfico Herbey (1981) citado por Cuevas (2018).

El diseño de infraestructura peatonal debe de cumplir ciertas especificaciones que brinde al peatón circular de manera fácil y segura, sin obstáculos que interrumpan su movilidad ni visibilidad y sin irregularidades a su paso.

De acuerdo con el manual de calles de SEDATU, (2018) la banqueta es el área pavimentada entre las edificaciones y el arroyo vial, es un espacio que garantiza la circulación de los peatones, que se puede ordenar en franjas longitudinales que permite localizar los componentes que se encuentran en ella, como lo es el acomodado de vegetación, mobiliario urbano e instalaciones colocadas sobre la banqueta (señales, las rampas de acceso para discapacitados, alumbrado público, entre otros) cuidando que no se interrumpa el trayecto peatonal sobre la misma, (SEDATU, 2018).

1.8.-Principios de Movilidad Peatonal o Movilidad Universal

El diseño de movilidad universal es un concepto que inicia en Europa por la década de los 80's y considera la vinculación de los derechos de las personas con discapacidad y brinda la igualdad de oportunidades en todos los ámbitos sociales. Este esfuerzo es fortalecido en la década de los 90's en Estados Unidos en la Universidad de Carolina del Norte, en donde se crean los principios del Diseño Universal y en Europa con la conceptualización de la accesibilidad, así como la normatividad ISO establecida por la Organización Internacional de Normalización (Ginnerup; 2010).

De esta manera el diseño de movilidad peatonal queda incluido necesariamente dentro del diseño de movilidad universal al considerar que los usuarios son toda persona que lo requiera indiferentemente de su edad y capacidades, y que sea de manera segura.

La universalidad impulsa la construcción de la ciudad, con igualdad, así como el respeto a los derechos humanos de todas las personas, en una sociedad que se caracteriza por ser injusta, para esto se deben cumplir con siete principios básicos:

1.- Uso equitativo:

-El diseño debe ser útil y conveniente para todas las personas de distintas discapacidades

-El espacio debe ser utilizado por todos en igualdad de condiciones o de lo contrario en condiciones equivalentes

- El espacio debe evitar segregar o estigmatizar a cualquier usuario
- Los elementos o áreas reservadas para el peatón con movilidad reducida deben estar disponibles para todos los usuarios
- El espacio diseñado debe ser atractivo para todos los usuarios, los elementos que componen el espacio deben estar dispuestos en forma integral, en armonía, sin ser redundantes.

2.-Flexibilidad en el uso

- El diseño debe adaptarse a una amplia variedad de preferencias y capacidades individuales
- El espacio debe ofrecer opciones para su movilidad
- En lo posible debe dar la posibilidad de uso por diestros y zurdos
- Se debe facilitar la exactitud y la precisión del usuario
- Se debe brindar adaptabilidad al ritmo del usuario

3.-Uso sencillo e intuitivo

- El diseño debe ser fácil de entender, independientemente de la experiencia, los conocimientos, las habilidades lingüísticas o nivel de concentración de usuario
- Se deben eliminar las complejidades innecesarias
- Los espacios deben estar organizados de tal forma que el itinerario del peatón sea lógico y secuencial con su recorrido, es decir, poder llegar, ingresar, usar y salir.
- La señalización debe proporcionar comentarios eficientes durante y después de los recorridos

4.-Información Perceptible.

- El diseño debe comunicar la información necesaria de manera eficaz, sin importar las condiciones ambientales o las capacidades sensoriales de los usuarios.
- Usar los medios gráficos, táctiles, verbales para informar al usuario de sus derechos y deberes.
- Proporcionar un contraste entre la información esencial y su entorno

-Optimizar la “legibilidad” de la información esencial

-Ofrecer compatibilidad con diversas técnicas o dispositivos usados por los peatones que tienen limitaciones sensoriales.

4.-Tolerancia al Error

-El diseño debe reducir al mínimo los riesgos y las consecuencias adversas de acciones accidentales o realizadas sin intención.

-Los elementos del espacio se deben organizar de tal forma que minimicen los riesgos y los errores: los elementos más usados serán los más accesibles, los más riesgosos se eliminarán, aislarán o protegerán.

-Informar o advertir sobre la posibilidad de riesgo o error.

-La señalización del espacio debe ser tal que desaliente la acción inconsciente en tareas que requieran intención.

6.-Esfuerzo Físico Reducido.

-Los elementos diseñados en el contexto urbano deben contemplar el uso eficiente y confortable de los usuarios con un mínimo de fatiga

-Debe permitirse que el usuario utilice su fuerza razonablemente al realizar un itinerario.

-Los recorridos en lo posible deben evitar acciones repetitivas

7.-Tamaño y espacio para acercarse y usar

-Se debe proporcionar un tamaño y espacio adecuados para acercarse, alcanzar, manipular y usar, sin que importe el tamaño corporal del usuario, su postura o su movilidad.

-Se debe proporcionar una línea de visión clara hacia los elementos importantes para cualquier usuario, esté sentado o de pie.

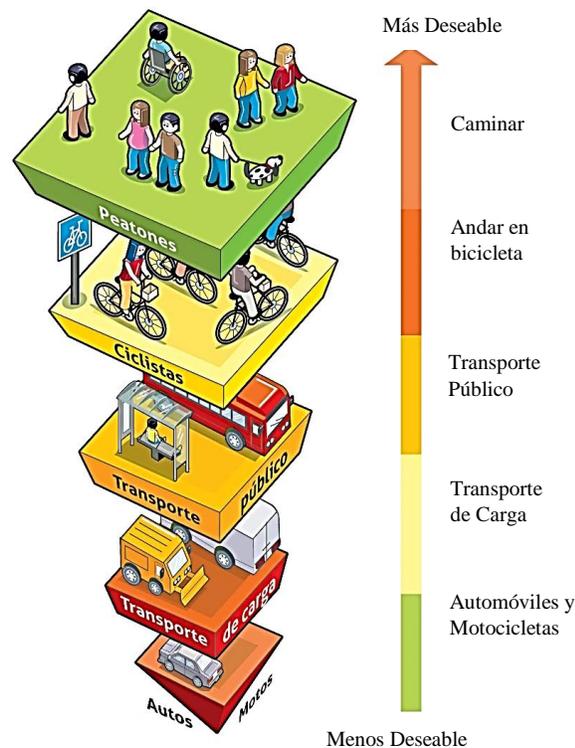
-Los elementos deben ser alcanzados por cualquier usuario, esté sentado o de pie.

-Se deben ajustar las variaciones al tamaño de la mano o del puño

-Se debe proporcionar un espacio adecuado para el uso de dispositivos de asistencia o ayuda personal.

Con este punto resulta importante mencionar también la jerarquía de movilidad, donde el sector más relevante es el peatón, en este sentido y como referencia el Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo (ITDP México) en 2013 publica “Planes Integrales de Movilidad Lineamientos para una movilidad urbana sustentable” donde se hace énfasis en la pirámide de Jerarquía de movilidad Urbana donde se prioriza los modos de transporte que promueven la equidad, el beneficio social y daños menos al medio ambiente, como se muestra en la siguiente imagen (1) donde el orden debe dar prioridad peatonal (especialmente a personas con discapacidad, niños y adultos mayores), después a ciclistas, seguido de usuarios de transporte público, transporte de carga y al final el automóvil y motocicletas y que el derecho a moverse por la ciudad es universal y no debe reservarse sólo a los propietarios de automotores privados.

Imagen 1.- Pirámide de Jerarquía de la movilidad urbana.



1.9.-Principios estructurales de la red peatonal en la ciudad.

Lynch (1990), señala que las personas establecen vínculos con partes de la ciudad y que su imagen está invadida de recuerdos y significados, en la facilidad con que puedan reconocerse y organizarse sus partes de manera coherente, se genera la cualidad visual de la legibilidad de la ciudad. Una ciudad legible hace que sus diferentes lugares o sendas sean fácilmente identificables y que se agrupen también en una pauta global. Los 5 elementos básicos que identifican la imagen de la ciudad necesarios para que el individuo actúe acertadamente en su ambiente son: sendas, bordes, barrios, nodos e hitos. Siendo “las sendas los conductos que sigue el observador normalmente, ocasionalmente o potencialmente. Pueden estar representadas por calles, senderos, líneas de tránsito, canales o vías férreas.

Las sendas marcadas con orígenes y destinos claros y bien conocidos: identidad vigorosa, contribuyen a mantener ligada la ciudad y dan la sensación de la posición del observador, escala, red, dirección, identificación y carácter de la senda”. Los bordes son los elementos lineales que el observador no usa o no considera senda. Son los límites entre dos fases o rupturas de la continuidad. Los que aparecen más fuertes son los visualmente predominantes, y son los que pueden ser al mismo tiempo sendas en que la imagen de la circulación es predominante, es decir una senda con características de límite. Los nodos son los puntos estratégicos de la ciudad a los que puede ingresar el observador; pueden ser puntos de ruptura en el transporte, cruce o convergencia de sendas, paso de una estructura a otra o concentración de un uso por parte de las personas.

La Secretaria de Planificación de Transporte de Chile (SECTRA, 2012) señala que, si bien en la ciudad se destinan espacios públicos para facilitar la movilidad peatonal a través de la caminata, la incorporación de los elementos que facilitan dichos desplazamientos, requieren debido a su importancia de “procedimientos de evaluación que den cuenta de los beneficios que otorgan estos proyectos a los usuarios, y no solo de los costos, como ha existido hasta ahora”. Señala que, debido a una inadecuada infraestructura, se generan problemas de la circulación peatonal. Por lo anterior es necesario hacer énfasis en los requerimientos o necesidades de los peatones y que se clasifican en 4 grandes grupos (SECTRA, 2012):

a) Continuidad; Se refiere a contar para el trayecto peatonal, de un punto de origen hasta su punto de destino, de una infraestructura prevista para ello, sin interrupciones y con la posibilidad de realizar el trayecto por la ruta más directa posible.

b) Seguridad; Esta dada por tres componentes principales, el riesgo de accidentes por el flujo de vehículos motorizados, el sufrir actos delictivos (asaltos) y el riesgo de sufrir alguna caída debido al mal diseño y/o estado de la vía peatonal. Es importante considerar en este requerimiento que el peatón es el usuario más vulnerable dentro del sistema de movilidad urbana.

c) Calidad; Se refiere a los factores que hacen de la caminata un evento cómodo y agradable, tales como velocidad de circulación, calidad escénica del entorno urbano (arquitectura, paisaje natural, etc.), protección climática, distancia entre acera y calzada, niveles de ruido, olores, sistema de drenajes de aguas lluvias, texturas superficiales de la acera, existencia de pendientes, equipamiento urbano, iluminación, entre otros.

d) Información; Es la existencia de elementos de orientación que faciliten el desplazamiento, tales como nombres de calles, señales indicativas de la dirección y ubicación de hitos urbanos relevantes, planos del sector, entre otros (SECTRA 2012).

1.10.-Movilidad peatonal en el espacio público.

Cuando hablamos de movilidad urbana, ésta está referida a las distintas formas de desplazamiento que se generan dentro de la ciudad. Y cuando nos referimos a la movilidad peatonal, hablamos de fortalecer el papel del peatón en favor de una nueva cultura de la movilidad sustentable que permite reconstruir la proximidad como valor urbano (Ayuntamiento de Sevilla, 2007).

Kevin Lynch (1960) señala que la imagen pública de la ciudad es la superposición de muchas imágenes individuales. Y esas imágenes públicas son representaciones mentales comunes que hay en el conjunto de una ciudad. Nikos Salingaros (2005) hace una analogía entre las conexiones mentales y las conexiones entre los elementos urbanos que dan lugar a una ciudad; por lo que señala que el tejido urbano es una estructura de complejidad. Y establece la existencia de 3 principios generales que se desarrollan en la conformación de la red urbana:

1.- La red urbana no puede existir sin un mínimo (y muy grande) número de conexiones, “si no hay suficiente complejidad, la ciudad está muerta, si tiene complejidad sin la suficiente organización una ciudad llega a ser caótica e invisible”. La ciudad imita los procesos humanos del pensamiento y ambos dependen de establecer conexiones.

2.- En la ciudad, los caminos y las trayectorias son las conexiones de la red, y las examina a través de su estructura y jerarquía apropiada.

3.- Señala además que es necesario en muchas situaciones en la que se necesita inhibir o controlar las conexiones, la necesidad del uso apropiado de límites (Salingaros, et al 2005).

1.11.- Cultura Vial

La cultura vial se define como una serie de medidas y recomendaciones que todo individuo debe conocer al momento de transitar por la vía pública, ya sea como conductor de cualquier tipo de vehículo (automóvil, motocicleta, bicicleta) o como peatón, mediante la educación vial que es parte importante dentro de lo que es la formación ciudadana, ya que fomenta la cultura de respeto hacia la vida propia y la de las demás personas (Sotelo, 2019).

La cultura vial tiene como finalidad: guiar a los individuos, mediante los reglamentos y señales de tránsito, para que así disminuyan los accidentes y se pueda disfrutar de los espacios públicos con mayor seguridad, fomentar el respeto por las señales de tránsito, ejerciendo un compromiso ciudadano frente a la educación vial. Saber utilizar de manera correcta las vías y tener un comportamiento apropiado como conductor, pasajero o peatón.

Entre las reglas primordiales para el conductor: es el uso del cinturón de seguridad, que ante cualquier impacto evita que la persona salga expelida del auto, en el caso de los motociclistas la norma principal es el uso del casco, además de no llevar más de una persona ya que la motocicleta ha sido diseñada para el transporte de una (máximo dos) personas.

Las señales de tránsito, todo conductor y peatón deben saber identificar la diferente señalización vial y que de educación se desarrolle desde el seno familiar y se fortalezca en las escuelas, de esta manera se estarán formando ciudadanos de bien, que cumplan y respeten las normas establecidas para el buen desplazamiento en las vías (Venemedia 2014).

De esta manera, el capítulo se integra de fundamentos teórico y conceptos básicos con la finalidad de resaltar la importancia de la infraestructura peatonal de calidad y como parte fundamental del sistema de transporte urbano, de los elementos de diseño que lo deberían de componer de tal manera que permitan la movilidad peatonal funcional y segura.

1.12.- Marco Normativo

Este apartado se refiere a la normatividad, leyes o reglamentos relacionadas al diseño de infraestructura peatonal y seguridad peatonal vigentes que aplica al área de estudio, en esta fase se hace una investigación documental inicial directamente en el H. Ayuntamiento del municipio, Subdirección de Tránsito y Vialidad, organismos correspondientes que puedan proporcionar información sobre normatividad oficial, para identificar la existencia de dichos documentos oficiales en la siguiente tabla (1) se presenta una serie de documentos oficiales con estas características.

Tabla 1.- Normatividad Oficial en materia de seguridad Peatonal de la Ciudad de Toluca.

| Documento | Acciones | Descripción General |
|---|---|--|
| Naciones Unidas 2006 | Acciones | Establece que las personas con discapacidad tienen los mismos derechos que cualquier otra persona |
| Ley General de Asentamientos Urbanos | Artículo 11 | Establece que la planeación y regulación de ordenamiento territorial y el desarrollo urbano estará a cargo de la federación, entidades federativas y municipios. |
| Ley General de las personas con Discapacidad | Derechos Humanos y políticas públicas para su ejercicio | En materia de movilidad y accesibilidad las personas con discapacidad tienen pleno derecho a un desplazamiento en condiciones dignas y seguras en espacio público |
| Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados | Artículo 21 | Toda instalación pública deberá asegurar la accesibilidad, evacuación, libre tránsito sin barreras arquitectónicas, para todas las personas |
| Bando Municipal Toluca 2018 | Artículo 100. Son infracciones a las disposiciones sobre el orden público: Hacer mal uso o causar daño al equipamiento urbano. | |
| | Artículo 103. Son infracciones a las normas de desarrollo urbano: Invadir la vía pública con materiales de construcción o con edificaciones cimentadas que impidan el paso peatonal | Obstaculizar pasos peatonales, rampas para personas con discapacidad, entradas de vehículos y lugares con señalamiento restrictivo en horizontal del lado de la calle en que se encuentren instalados estacionamientos. |
| Reglamento de Estatal de Tránsito 2015. Capítulo V. De los peatones, escolares y ciclistas. | Artículo 92 | Los peatones no podrán transitar a lo largo de la superficie de rodamiento de ninguna vía primaria, |
| | | Para atravesar la vía pública por un paso de peatones controlado por semáforos o agentes de tránsito, deberán obedecer las respectivas indicaciones; |
| | | En intersecciones no controladas por semáforos o agentes de tránsito, los peatones deberán cruzar únicamente después de haberse cerciorado que pueden hacerlo con toda seguridad; |
| | | Para cruzar una vía donde haya puentes peatonales, están obligados a hacer uso de ellos; |
| | | Ningún peatón circulará diagonalmente por los cruceros |
| | Artículo 93 | En los cruceros o zonas marcadas para el paso de peatones, donde no haya semáforos ni agentes de tránsito que regulen la circulación, los conductores harán alto para ceder el paso a los peatones que se encuentren en el arroyo. |

| | | |
|---|--|--|
| | Artículo 94.- | los ancianos, los minusválidos, los escolares y los menores de 12 años, tienen derecho de paso en todas las intersecciones y zonas marcadas para ese efecto |
| | Artículo 95.- De los escolares | Los escolares gozarán de preferencia para el ascenso y descenso de vehículos y acceso o salida de sus lugares de estudio |
| | Artículo 96.- Los vehículos automotores que se utilicen para el traslado de los alumnos | deberán ser estacionados en los lugares previamente señalados y proteger el ascenso y descenso por los agentes de tránsito |
| Título II de las normas de circulación. Capítulo I. De la circulación de peatones | Artículo 5.- Los peatones deben guiar su circulación bajo las siguientes reglas: | Obedecer las indicaciones de los agentes, personal de apoyo vial, promotores voluntarios, así como la señalización vial; |
| | | Dar preferencia de paso y asistir a aquellos que utilicen ayudas técnicas o a personas con movilidad limitada; |
| | | Antes de cruzar una vía, voltear a ambos lados de la calle, para verificar que los vehículos tienen posibilidad, por distancia y velocidad, de frenar para cederles el paso |
| | | Ceder el paso a vehículos de emergencia cuando estos circulen con las señales luminosas y audibles en funcionamiento |
| | | Cruzar por las esquinas o cruces peatonales en las vías primarias y vías secundarias con más de dos carriles efectivos de circulación |
| | | Utilizar los pasos peatonales a desnivel ubicados en vías de acceso controlado |
| Carta Mexicana de los Derechos del Peatón, publicada por la Liga Peatonal | Como antecedente está en la Carta Europea de los Derechos de los Peatones y es un texto amplio que contempla 14 premisas y 6 derechos para los peatones. | |
| Derechos del Peatón: | | El peatón tiene derecho a vivir en un ambiente sano y a disfrutar libremente del espacio público en condiciones de seguridad adecuadas para su salud física, emocional y mental. |
| | | El peatón tiene derecho a vivir en centros urbanos organizados a la medida de las personas y no del automóvil, y a disponer de infraestructura incluyente a pie o en bicicleta. |
| | | El peatón tiene derecho a que la ciudad le considere el uso y disfrute de amplias zonas urbanas, con paso accesible, continuo y seguro, que no sean meras "islas de peatones". |
| | | El peatón tiene derecho a transitar con libertad, seguridad y sin obstáculos, físicos o visuales, sin distinción de género, preferencias sexuales, edad, creencias religiosas, ideología, situación socioeconómica, étnica, vestimenta o cualquier otra condición de diferenciación entre las personas |
| | | El peatón tiene derecho a una movilidad libre, segura, incluyente, continua y accesible, que pueda realizarse mediante el uso integrado de los medios de transporte. |
| | | El Estado tiene la obligación de informar a la población sobre los derechos del peatón a través de los canales idóneos, tanto a la población escolarizada como a la no escolarizada. |
| Título quinto de la Educación vial y medidas de protección del medio ambiente. Capítulo I de la Educación e Información vial | Artículo 107.- Es obligación de las autoridades de tránsito, en coordinación con las que sean competentes, crear y desarrollar programas de educación vial dirigidos a | Público en General sobre temas de Uso adecuado de las vialidades; Comportamiento del peatón en la vía pública; Comportamiento y normatividad para el conductor; Prevención de accidentes y primeros auxilios; Señales humanas, verticales y horizontales, preventivas, restrictivas e informativas; y Conocimiento y aplicación de las leyes de tránsito, reglamentos y otras disposiciones legales en la materia. |
| Capítulo II. Sanciones y medidas de seguridad, de las cometidas por los peatones. | Artículo 91.- Sanciones y medidas de seguridad, de las cometidas por los peatones por no obedecer las indicación o señales de los agentes de tránsito | |
| | Artículo 92.- Infracciones | <p>Por invadir intempestivamente la superficie de rodamiento. Por cruzar frente a vehículos de transporte público de pasajeros detenidos momentáneamente, no controlados por semáforos o agentes de tránsito. Por circular en la vía pública sobre la superficie de rodamiento de vías primarias, y desplazarse en vehículos no autorizados.</p> <p>Por no respetar las señales de los semáforos y las fijadas en la vía pública. Por cruzar en avenidas y calles de alta densidad de tránsito que no sean esquinas o zonas marcadas para tal efecto.</p> <p>Por cruzar intersecciones no controladas por semáforos o agentes de tránsito sin asegurarse que pueden hacerlo.</p> <p>Por no circular por el acotamiento cuando no existan aceras, o en su caso por la orilla de la vía. Por circular diagonalmente por los cruceros.</p> <p>Por no usar los puentes peatonales.</p> |

| | | |
|---|---|---|
| | | Por realizar actos que constituyan obstáculo o poner en peligro a las personas o por causar daño a las propiedades públicas o privadas |
| Capítulo IV. Peatones | Artículo 121. Circulación por zonas peatonales. Excepciones | Los peatones están obligados a transitar por la zona peatonal, salvo cuando ésta no exista o no sea practicable; en tal caso, podrán hacerlo por el arcén o, en su defecto, por la calzada |
| | | Todo peatón debe circular por la acera de la derecha con relación al sentido de su marcha, y cuando circule por la acera o paseo izquierdo debe ceder siempre el paso a los que lleven su mano y no debe detenerse de forma que impida el paso por la acera a los demás, a no ser que resulte inevitable para cruzar por un paso de peatones o subir a un vehículo. |
| | | La circulación de toda clase de vehículos en ningún caso deberá efectuarse por las aceras y demás zonas peatonales |
| | Artículo 122. Circulación por la calzada o el arcén. | la circulación de peatones se hará por la derecha cuando concurren circunstancias que así lo justifiquen por razones de mayor seguridad. |
| | | La circulación por el arcén o por la calzada se hará con prudencia, sin entorpecer innecesariamente la circulación, y aproximándose cuanto sea posible al borde exterior de aquéllos. |
| | | Al percibirse de las señales ópticas y acústicas de los vehículos prioritarios, despejarán la calzada y permanecerán en los refugios o zonas peatonales. |
| Artículo 123. Circulación nocturna. | todo peatón, cuando circule por la calzada o el arcén, deberá ir provisto de un elemento luminoso o retro reflectante homologado y que responda a las prescripciones técnicas contenidas en el Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual, que sea visible a una distancia mínima de 150 metros para los conductores que se le aproximen | |
| Artículo 124. Pasos para peatones y cruce de calzadas | Si el paso dispone de semáforos para peatones, obedecerán sus indicaciones. | |
| | Si no existiera semáforo para peatones, pero la circulación de vehículos estuviera regulada por agente o semáforo, no penetrarán en la calzada mientras la señal del agente o del semáforo permita la circulación de vehículos por ella. | |
| | Para atravesar la calzada fuera de un paso para peatones, deberán cerciorarse de que pueden hacerlo sin riesgo ni entorpecimiento indebido. | |
| | Al atravesar la calzada, deben caminar perpendicularmente al eje de ésta, no demorarse ni detenerse en ella sin necesidad y no entorpecer el paso a los demás. | |
| | Los peatones no podrán atravesar las plazas y glorietas por su calzada, por lo que deberán rodearlas. | |

Fuente: Elaboración Propia con base a documentos oficiales.

Capítulo 2.-Marco Contextual y Metodológico

2.1.- Área de Estudio

El municipio de Toluca de Lerdo se localiza en la zona central del Estado de México. Sus coordenadas extremas varían de los 18°59'02" a los 19°27'09" de latitud norte, de los 99°31'43" a los 99°46'58" de longitud oeste. La altura promedio es de 2,600 metros sobre el nivel del mar.

El municipio está organizado territorialmente en 47 delegaciones y 38 subdelegaciones y concentra más de 50% de la población de la Región XIII Toluca, según el Censo de Población y Vivienda 2010, el municipio contaba con una población total de 819,679 habitantes, mientras que la ciudad de Toluca de Lerdo concentra el 59.7% de la población municipal, es decir, 489 333 personas.

Con base al Plan Municipal de Desarrollo de Toluca (2013), el Estado de México presenta particularidades con respecto a otras zonas geográficas, siendo el flujo comercial una de sus principales actividades económicas, presenta uno de los mayores PIB del territorio, al representar en el año 2011 el 9.7% del PIB nacional, así mismo, Toluca al ser la capital de la entidad mexiquense conlleva una parte importante de la producción de bienes y servicios, hecho que se comprueba al observar que el Producto Interno Bruto del municipio simbolizó el 12.3% del PIB estatal, así como el 1.2% del total nacional (INEGI, 2010).

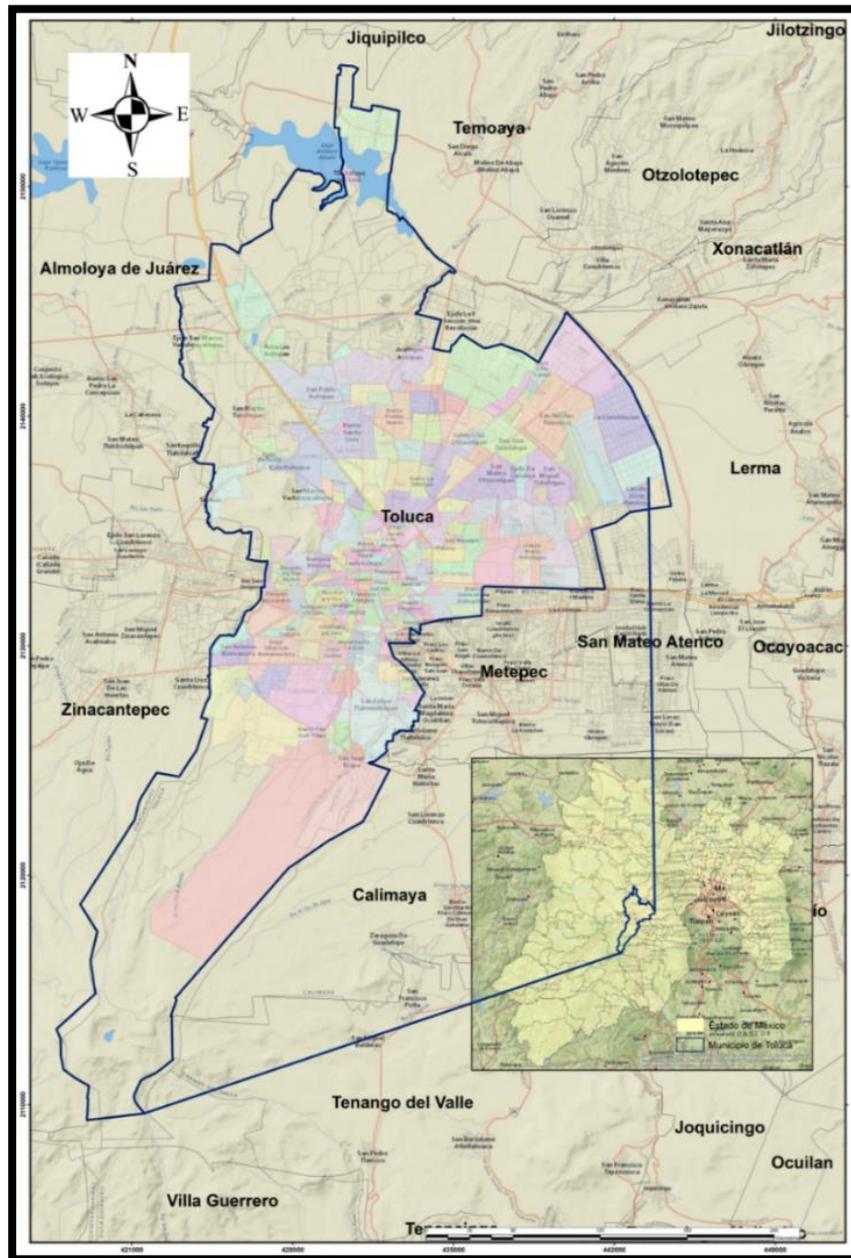
El municipio como parte del Área Metropolitana de Toluca en 1980 se reconocía como un espacio de análisis integrado de manera económica y funcional por siete municipios, en 1980, albergaba alrededor de 600 mil habitantes, que se incrementaron a 911 mil en 1990 (Sobrino 1993). Desde el 2004 se reconoce que el AMT se integra por un total de 12 municipios en los que en el año 2005 habitaban 1 millón 610 mil 786 habitantes, lo que lo convierte en la quinta metrópoli más importante del país (Sobrino, 2008). Y con base a la información estadística de 2015, se alcanzó una población de 2 millones 116 mil 506 habitantes (INEGI, 2015).

Forma parte de la megalópolis del centro de México y mantiene una intensa dinámica económica y laboral con la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM); tan solo el

corredor Toluca-Ciudad de México presenta un flujo promedio de viajes diarios de 500, 000 automóviles y 20, 000 autobuses (SCT, 2015).

Los municipios colindantes son al norte Temoaya y Otzolotepec; al noroeste con Almoloya de Juárez; al sur con Villa Guerrero, Coatepec Harinas, Calimaya y Tenango del Valle; al sureste con Metepec; al este con Lerma y San Mateo Atenco y al oeste con Zinacantepec (Ver figura 1).

Figura 1.-Ubicación Geográfica del área de Estudio.



Fuente: Elaboración Propia con base a datos de INEGI y Base google, 2010.

Se utiliza la base de datos del total de accidentes peatonales de Dirección de Seguridad Vial y Tránsito del Estado de México, de los años 2013, 2014 y 2015.

Como antecedentes metodológicos se conoce la existencia de diversos estudios sobre infraestructura peatonal tal como el estudio de Carter (2006) "*Pedestrian and Bicyclist Intersection Safety Indices*" con el objetivo principal de desarrollar índices de seguridad para permitir que los ingenieros, planificadores y otros profesionales prioricen de forma proactiva los cruces peatonales de intersección y los enfoques de intersección con respecto a la seguridad de peatones y ciclistas.

Cafiso (2010) aplica una técnica de "*conflicto de tráfico*" para desarrollar su *Pedestrian Risk Index*, el cual "representa una aproximación eficiente como estrategia preventiva", mediante el uso de indicadores cercanos a accidentes basados en medidas de proximidad espacial y temporal de usuarios de vialidades, índice se basa tanto en la duración como en la severidad del conflicto entre vehículos y personas.

El trabajo de Montejano (2018) titulado "*Propuesta de un índice de seguridad de cruces peatonales para la Ciudad de México*" con el objetivo de proponer un índice de seguridad de cruces peatonales (ISCP) situados sobre las intersecciones de las vialidades primarias en la ciudad de México.

Finalmente se toma como referencia el "Manual de calles: diseño vial para ciudades mexicanas" elaborado por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) con apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) 2018, tiene como objetivo establecer de manera integral, lineamientos técnicos y parámetros de diseño que faciliten el desarrollo de proyectos viales de alta calidad, seguros, inclusivos y sustentables, y que con ello se impulse la resiliencia de las ciudades mexicanas e incremente la accesibilidad de todas las personas usuarias de las calles.

Por lo tanto, en este caso el procedimiento metodológico propuesto se inicia con la obtención de datos, integración y estandarización de los mismos, ubicación de áreas de mayor incidencia de accidentes peatonales, áreas de mayor flujo peatonal, identificación de áreas de transporte público y diagnóstico de las condiciones de infraestructura peatonal en puntos de mayor incidencia de accidentes mediante la observación directa en campo.

De igual manera se realiza una investigación mediante la aplicación de encuestas para la etapa de cultura vial, así como una investigación documental para el apartado de normatividad oficial y vigente en materia de seguridad peatonal en el municipio. Y finalmente hacer una propuesta de mejora con el objetivo de ofrecer infraestructura de calidad a los peatones del municipio y que al mismo tiempo disminuya el número de accidentes peatonales.

Se presenta el esquema 1 con la estructuración metodológica que se sigue para el desarrollo de esta investigación.

2.1.1.-Herramientas de análisis

El análisis espacial de las condiciones de infraestructura peatonal y cultura vial de la ciudad de Toluca se hace a partir de la base de datos de incidencia de accidentes, que contiene información sobre la ubicación, día, fecha y tipo de accidentes a nivel colonia, calle e intersección que de manera inicial se manipulan para identificar los puntos de mayor incidencia de atropellamientos

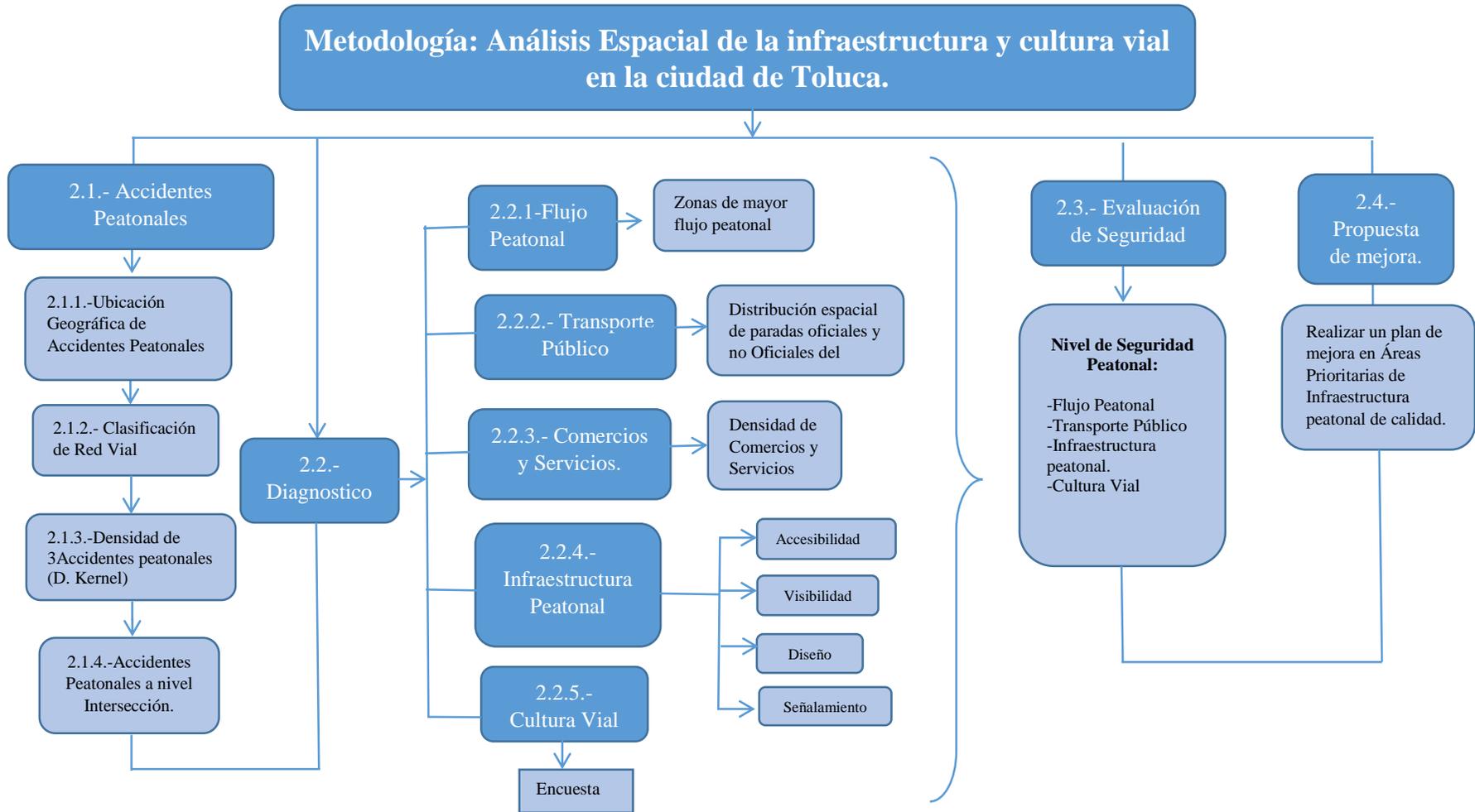
Se utilizó el software QGIS para generar el mapa de densidad de accidentes peatonales (kernel) proceso que parte de la capa vectorial de ubicación de accidentes peatonales para posteriormente generar una nueva capa de tipo raster donde zonifica las áreas de mayor registro de accidentes peatonales.

Para la identificación de intersecciones con mayor incidencia de accidentes peatonales se inicia con el realiza el geoprocésamiento Buffer a la capa de intersecciones con un radio influencia a 50m de distancia y un join spatial que permita contabilizar el número de accidentes registrados dentro del radio de cada intersección. De igual manera se aplicaron otros geoprocésamientos como Clip para cortes de áreas específicas o de interés, superposición ponderada para identificar las áreas prioritarias de mayor necesidad de infraestructura peatonal de calidad dentro del área de estudio, esta herramienta permite integrar las capas de todas las variables y dependiendo la ponderación asignada identifica las áreas de coincidencia de dos a mas variables.

Los procesos de edición de mapas temáticos y de resultados se realiza en el software ArcGis 10.2.2. y excel para realizar gráficas de la temporalidad de incidencia de accidentes peatonales.

.

Esquema 1.-Metodología



Fuente; Elaboración propia con base a Carter (2006), Cafiso (2010), Montejano (2018), SEDATU Y BID (2018).

2.1.2.-Ubicación Geográfica de Accidentes Peatonales

En esta fase se realiza la ubicación espacial de accidentes peatonales con el objetivo de identificar patrones de distribución territorial de los accidentes peatonales con respecto a la base de datos del DSVT que se muestra a nivel municipio, colonias e intersección.

De manera inicial se realiza la clasificación por tipo de accidente con la finalidad de extraer solo los accidentes de tipo peatonal (atropellamientos), para su posterior análisis por ubicación, día y hora de cada registro.

Como referencia cartográfica se trabaja con datos vectoriales del límite municipal, colonias y red vial del municipio (RI, 2015) de esta manera se ubicó un total de 197 accidentes de tipo peatonal entre las calles del municipio de Toluca de los años 2013 a 2015, información que da el panorama de la distribución de accidentes peatonales en el municipio que se muestra en la siguiente figura (2).

De acuerdo a dichos datos en la tabla 2 se muestra el total de registros de accidentes peatonales por cada año, datos que muestran que el comportamiento es heterogéneo ya que no se observa una tendencia marcada, de manera general se puede decir que en 2013 el número de registros es bajo el cual representa el 19 % del total de registros, para 2014 se observa un alto incremento de registros correspondiente al 49 % y finalmente para el año 2015 el número de registros es medio con el 32% del total, este comportamiento deja en evidencia que no se están tomando medidas ni acciones que permitan minimizar la ocurrencia de accidentes peatonales en este caso.

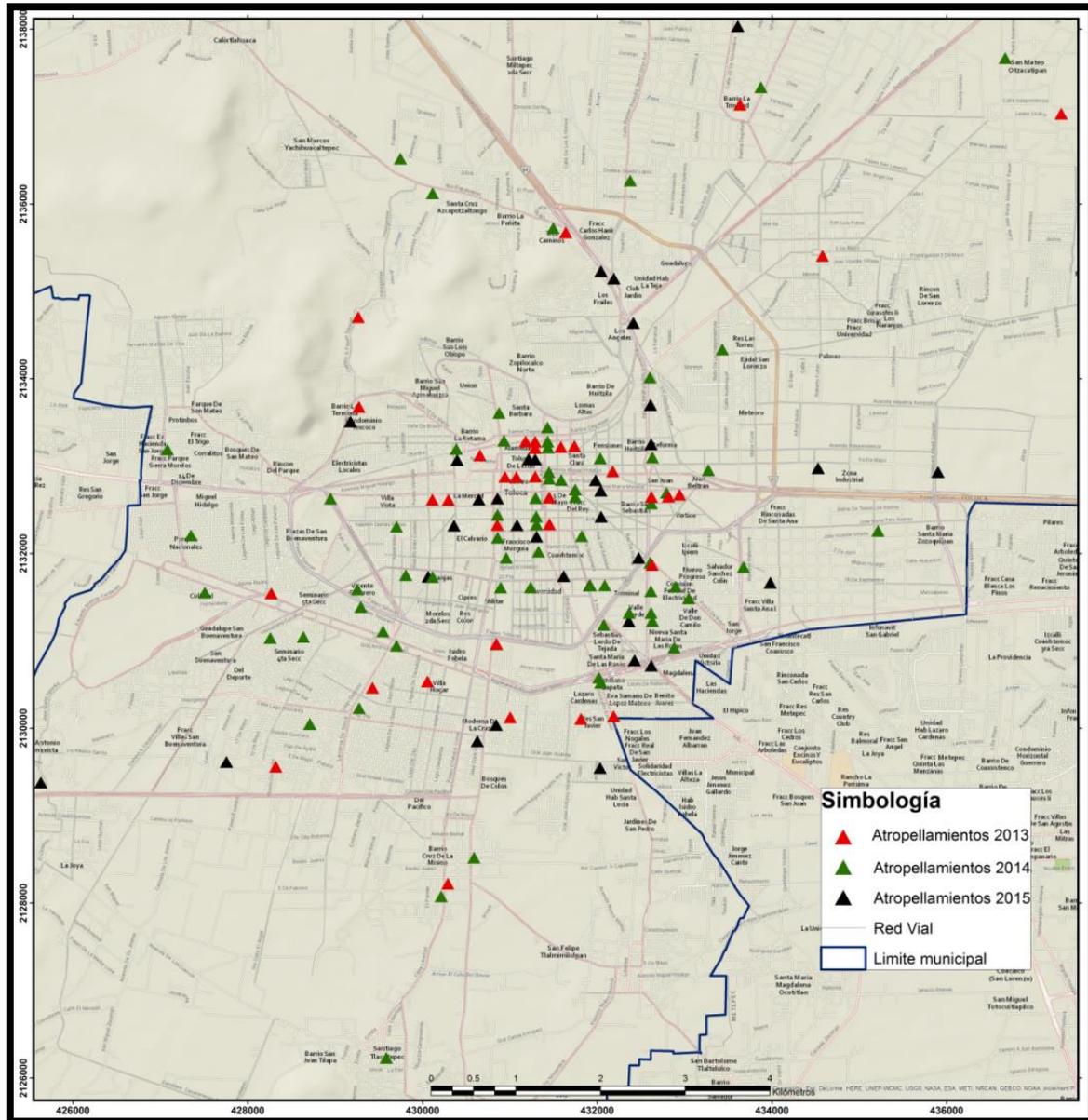
Tabla 2.- Total, de accidentes peatonales de la Ciudad de Toluca, 2013 - 2015.

| Año | 2013 | 2014 | 2015 |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| Total de Accidentes Peatonales | 39 | 97 | 61 |
| Enero | 4 | 5 | 2 |
| Febrero | 1 | 13 | 14 |
| Marzo | 2 | 16 | 6 |
| Abril | 1 | 6 | 10 |
| Mayo | 2 | 8 | 7 |
| Junio | 2 | 6 | 15 |
| Julio | 4 | 7 | 7 |
| Agosto | 3 | 8 | s/d |
| Septiembre | 5 | 7 | s/d |

| | | | |
|------------------|-----------|----|-----|
| Octubre | 11 | 11 | s/d |
| Noviembre | 2 | 2 | s/d |
| Diciembre | 2 | 8 | s/d |

Fuente: Elaboración propia con base a datos de la Dirección de Seguridad Vial y Tránsito 2015.

Figura 2.- Mapa de Incidencia de Atropellamientos por año, 2013, 2014 y 2015 de la ciudad de Toluca.



Fuentes; Elaboración propia con datos de DSPT del Estado de México.

2.1.3.- Red Vial

La red vial del municipio de Toluca se convierte en parte fundamental para este estudio ya que además de la ubicación geográfica básica permite identificar en qué tipo de vialidad es donde se registra el mayor número de incidencia de accidentes peatonales de acuerdo a la clasificación de vialidades primarias, secundarias y terciarias, base de datos obtenida del INEGI,2010.

Se retoma la clasificación de vialidades de la Secretaria de Transporte y Vialidad (SETRAVI, 2006) a partir de su ubicación y jerarquía:

Vialidades Primarias:

- Calles y avenidas dentro de la traza urbana de una Ciudad
- Proporciona fluidez al tránsito del paso
- Cuenta con una faja separadora central física (camellón)
- Realiza intersecciones con vialidades de la misma jerarquía
- Vincula a las calles secundarias y primarias
- Sobre ellas se canalizan las principales líneas de transporte colectivo, en caso de que existe alguna vía de acceso controlado, está la conecta al tránsito pesado, distribuyéndolo en la ciudad.
- Tienen como prioridad permitir la circulación del transporte público y aligerar el congestionamiento, por lo tanto, se debe cumplir la velocidad indicada en los señalamientos.
- Cuenta con acceso a los predios, por medio de calles laterales
- Permite el estacionamiento en lugares exclusivos destinados a este fin.

Vialidades secundarias

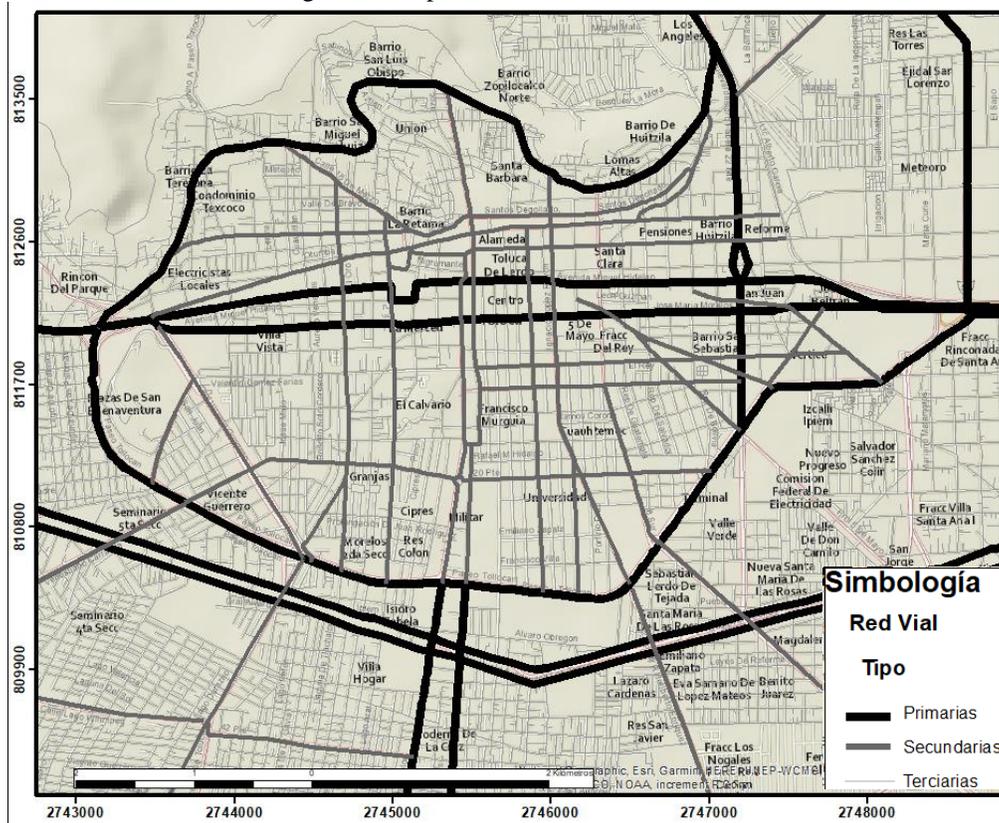
- Avenidas o calles de tránsito interno de una zona
- Se utilizan para viales de paso dentro de una zona o para dar acceso a predios, cuando la traza vial es rectilínea o en forma de parrilla, varios tramos se pueden utilizar como vialidad secundaria.

- Debe proveer espacios destinados al estacionamiento.
- Permite la circulación de transporte público de pasajeros y cuenta con áreas de ascenso y descenso de pasaje.
- Permite la circulación de transporte público que de servicio directo a la zona de influencia de la vialidad y cuenta con áreas para maniobras de carga y descarga.
- Cuenta con espacios destinados para movimientos de vueltas (retornos)
- Tienen semáforos en las intersecciones, acceso a predios y permite el estacionamiento.

Vialidades Terciarias o Locales

- Se clasifican en vía local y vía local centrada
- Son calles que tiene como función conectar a los predios con las vialidades secundarias
- Permiten el acceso directo a las propiedades, debiendo evitarse el movimiento de paso por estas calles, con el objeto de no entorpecer su función.
- La velocidad en este tipo de vialidades es controlada y debería contar con dispositivos para el control de la velocidad
- En su diseño debe integrarse a este tipo de vialidad las áreas de jardineras, la integración del peatón, del conductor y debe existir la posibilidad de estacionamiento sobre ella.
- Las vías locales cerradas, se pueden utilizar en zonas industriales, comerciales y residenciales tomando en cuenta los radios de giro que se implemente ya que esta debe ser de acuerdo al tipo de vehículo que transitan por ahí.

Figura 3.- Mapa de clasificación de red vial



Fuente: Elaboración propia con base a datos de INEGI 2015 y SETRAVI 2006

2.1.4.-Densidad de Accidentes peatonales (Densidad de Kernel)

El objetivo de esta segunda fase es identificar áreas de mayor incidencia de accidentes peatonales que permita identificar a que colonia corresponde, mediante la metodología definida Densidad de Kernel, esta función es una de las técnicas más útiles para describir patrones de puntos con propiedades espaciales de segundo orden a diferentes escalas. Uno de los supuestos de esta función es que el patrón de puntos es homogéneo y que posee una intensidad (número promedio de puntos por unidad de área) constante en el espacio, es decir, es estacionario e isotrópico (Hering, Bell y Genton, 2008).

De esta manera se obtiene la identificación de forma visual y más rápida los puntos Hot Spots de concentración de un cierto número de datos localizados en el municipio de Toluca, de tal manera que proporciona resultados estadísticos y estéticos satisfactorios. Las ventajas de esta representación aplicada a accidentes peatonales son la proporción resultante de un modelo continuo más realista de los patrones de punto de ubicación de accidentes viales, reflejando

los cambios de la densidad que a menudo son difíciles de representar en el uso de modelos de fronteras, para tal caso la red de transporte y límite de colonias.

Este método calcula la densidad de distribución de accidentes en el municipio con base a sus características de ubicación, mediante la generación de un núcleo que se define en torno a los puntos de ubicación, el número de puntos que cae dentro de tal núcleo se divide por el área del núcleo, los parámetros utilizados para este estudio se basan en la siguiente ecuación:

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

| | | | |
|-------|-------|---|--|
| Where | K | = | the kernel function $K(y) = (3\pi)^{-1} (1 - y^2)^2$ |
| | h | = | bandwidth |
| | x | = | location of cell centre |
| | x_i | = | position of the i -th point (vehicle crash) |
| | n | = | total number of crashes |

Fuente; Silverman 1986

Con base a Hernández-Vásquez et al. (2016), esta técnica analiza la relación entre puntos o eventos geográficos (en este caso los puntos georreferenciados de atropellos), de manera que los puntos más cercanos generan áreas de mayor frecuencia (densidad) dentro de un área determinada. Con esto se pudo identificar los núcleos de concentración alta, media y baja de accidentes peatonales en el municipio de Toluca.

2.1.5.-Incidencia de accidentes Peatonales a nivel Intersección.

El número de accidentes peatonales a nivel intersección permite una escala de análisis a mayor detalle, lo que permite identificar intersecciones donde las condiciones de infraestructura peatonal pueden ser más limitadas o de menor calidad, donde el flujo peatonal, la concentración de comercios y servicios puede influir directamente, para tal caso se realiza a partir de los puntos de intersección entre calles con un radio de influencia a 50 m. con la finalidad de cuantificar el número de accidentes peatonales registrados en el periodo de investigación, 2013 a 2015.

Para realizar esta representación fue necesario que a partir de la red vial del municipio se integraron los puntos de intersección asignándole un ID a cada punto, para posteriormente

realizar un *buffer* de 50 m de influencia con la finalidad de identificar las intersecciones con mayor número de accidentes. Con base a CONASET (2010) se consideró como puntos de conflicto para peatones a partir de 5 accidentes por año, sin embargo, para el periodo de análisis de esta investigación se realizó una clasificación de: alto, medio y bajo registro de acuerdo al número accidentes peatonales registrados por intersección.

2.2.- Diagnóstico de condiciones de Infraestructura peatonal.

En esta segunda fase el objetivo es realizar el diagnóstico de seguridad peatonal tomando como referencia la ubicación de colonias e intersecciones de mayor incidencia de accidentes peatonales, la metodología que se propone se integra por una serie de variables previamente analizadas: La clasificación vial como variable permite además de la visualización del tipo de vía en el municipio, realizar el análisis con los puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales lo que permite identificar en qué tipo de vialidad se ha registrado el mayor número incidencias a partir de un *buffer* que se hace en la capa de Red Vial con una distancia de influencia a 50m donde se contabiliza el número de incidencias que quedan dentro de esta área y para su representación se hace un mapa de temático donde se muestra el número de incidencias a nivel calle y a nivel intersección.

2.2.1.-Flujo peatonal

El flujo peatonal es un indicador superlativo de centralidad esencial para el análisis de las funciones de un sistema urbano ya que permite observar la vitalidad, la movilidad interna de peatones, delimitar áreas de oportunidad de negocio y proporcionar elementos para el análisis de la distribución espacial interna de las ciudades (Robertson, 1995; Pérez, 2003; Thull y Mersch, 2005; Murphy y Vance, 1954; Garrocho y Flores, 2009)

El flujo peatonal como indicador de movilidad permite identificar además de las calles de mayor desplazamiento peatonal, las calles de mayor demanda de condiciones de calidad de infraestructura peatonal.

Con base a Flores (2013), medir la intensidad de los flujos se identifica el patrón espacial, el núcleo de atracción en la zona de estudio y es indicador dinámico que:

a) Muestra la vitalidad o declinación del centro (si los flujos totales de peatones en el centro son bajos o su tendencia es declinante indicará un centro débil o decadente y si los flujos son altos o su tendencia es a incrementarse será muestra de un centro fuerte y en auge).

b) Ofrece elementos para el análisis económico y espacial de las actividades económicas a nivel de zonas y calles de una Ciudad.

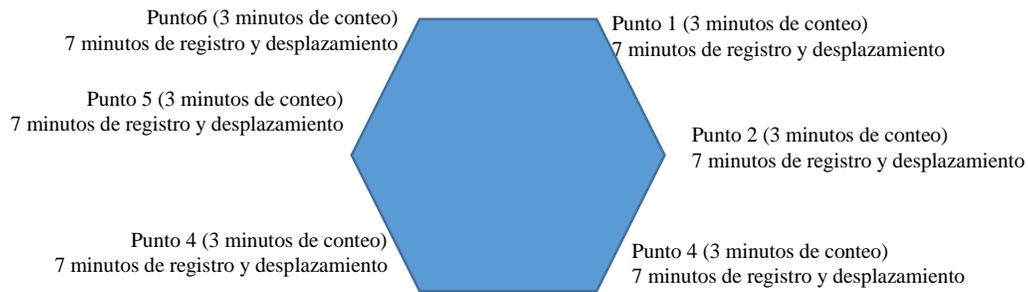
c) Ofrece la posibilidad de identificar zonas con diferentes intensidades de flujos peatonales que pueden servir de base para la medición y análisis de la accesibilidad interna y externa, la atractivita, multifuncionalidad y centralidad de cada zona, en este caso además de analizar su relación con áreas de mayor incidencia de accidentes peatonal, relaciona directamente como zonas de mayor demanda de infraestructura peatonal de calidad.

En vista de que es necesario realizar aforos para la medición del flujo peatonal y técnicamente se carecía de los instrumentos para realizarlos. Se utilizaron los datos de flujo peatonal de Flores (2013) para describir la dinámica de los desplazamientos de población hacia la Zona Centro de Toluca.

La metodología para la obtención de resultados se retoma de Garrocho y Flores (2009) delimitaron como Centro Tradicional de Comercio y Servicios, en relación con los puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales.

Dicha metodología consiste en la medición de flujos peatonal a partir del conteo de peatones en puntos y calles específicos para definir su medida. De acuerdo a esta delimitación se seleccionaron puntos distribuidos en la zona de tal manera que cubrían la totalidad del área de estudio, para tal caso se tomó como base la ubicación de puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales, para precisar los lapsos de tiempo del conteo-registro-desplazamiento se asignó 3 minutos de conteo y 7 minutos de registro y desplazamiento, la ubicación de observación fue a mitad de calle a partir de la cual se contabiliza la afluencia de ambas aceras de 120 puntos como se observa en el siguiente esquema (Flores, 2013):

Esquema 2.- Distribución de tiempo de conteo peatonal



Fuente: Garrocho y Flores, 2013:80

Esta variable tiene como finalidad identificar en que calles se presenta el mayor desplazamiento y movilidad de peatones lo que permite identificar también las zonas que requieren mayores condiciones de seguridad peatonal.

2.2.2.- Transporte Público, distribución espacial de paradas oficiales y no oficiales.

Transporte Público es la ubicación de paradas oficiales y no oficiales que ha sido considerado como parámetro relevante en relación a la ubicación de incidencias de accidentes peatonales por ello resulta necesario analizar su relación.

Hablar de transporte implica evaluar las necesidades reales de cada ciudad en cuanto a las condiciones de transporte, por lo que de acuerdo con Molinero y Sánchez (1997) se tiene que reconocer la existencia de tres grupos participantes que se interrelacionan y que al mismo tiempo se contraponen. Los grupos son: el usuario o el consumidor del servicio (disponibilidad, puntualidad, tiempo de recorrido, comodidad, seguridad, costos de usuario), el prestador o proveedor del servicio (cobertura del sistema, confiabilidad, velocidad, capacidad, flexibilidad, seguridad, atracción de usuarios) y la comunidad o evaluador del servicio (calidad del servicio, costos del sistema, objetivos sociales, impactos al medio ambiente, consumo de energía, impactos a largo plazo).

En esta fase de la metodología también se hace la representación cartográfica del transporte público específicamente la ubicación de paradas oficiales y no oficiales con el objetivo de analizar su relación con los puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales al ser estos

puntos de demanda de un servicio básico que permite la movilidad de la población para desarrollar sus actividades cotidianas y de recreación.

2.2.3.- Distribución de Actividades Terciarias.

La estructura económica de las zonas metropolitanas en México tiende a ser una estructura económica encabezada por el sector comercial y de servicios, que de manera paralela se articula con los procesos de descentralización de la población y sus respectivas actividades económicas.

En este contexto se analiza la conformación de actividades económicas del municipio de Toluca en escala espacial de manzana con datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (INEGI,2015) donde se ofrecen los datos de identificación, ubicación, actividad económica y tamaño de los negocios activados en el territorio nacional, esto con el objetivo de identificar los cambios que se han experimentado en la organización espacial de comercios y servicios en el municipio y de qué manera influye con los puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales.

La distribución de las aglomeraciones económicas es un reflejo de las ventajas de la localización, accesibilidad y flujo de consumidores reales y potenciales (Pérez y Pujol, 2003) por eso la localización de actividades económicas es un aspecto que permite un número significativo de consumidores potenciales de atracción a los comercios, bienes y servicios que para el caso de esta investigación se representan a nivel manzana para su posterior análisis en relación con los puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales.

2.2.4.- Diagnóstico de Infraestructura Peatonal

Infraestructura Peatonal esta variable se refiere a la evaluación de equipamiento urbano dirigido al peatón de acuerdo a si existen o no y las condiciones en que se encuentran estos, específicamente en los puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales con la finalidad de evaluar las condiciones de infraestructura peatonal e identificar de manera puntual las deficiencias en su caso, con la finalidad de realizar una posterior propuesta de mejora que proporciones las condiciones óptimas de movilidad peatonal segura y de calidad.

Con base a Montejo 2018, en su propuesta de un índice de seguridad de cruces peatonales para la Ciudad de México se retoman los siguientes criterios:

i.- Accesibilidad

Se refiere a la calidad del pavimento en el área cruce peatonal, que permitan al peatón las condiciones de movilidad segura y en buenas condiciones, que esté libre de obstáculos para que los peatones se desplacen de manera fácil (Montejano, 2018).

Con base al “Manual de calles: diseño vial para ciudades mexicanas” elaborado por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, y el Banco Interamericano de Desarrollo (2018), se clasifica de la siguiente manera (ver imagen 2):

Franja de fachada: Espacio de interacción entre las fachadas de las edificaciones y el espacio de circulación peatonal. Esta franja se reserva para el acceso a los predios, para realizar actividades vinculadas al uso de suelo de la edificación (escaparates, enseres, terrazas, entre otros), además de funcionar como área de estar para que no se invada la de circulación.

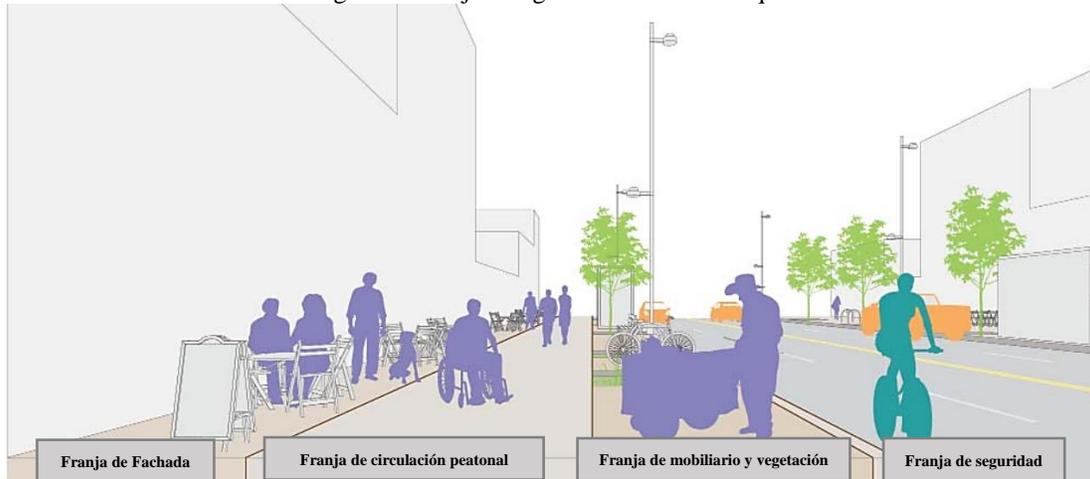
Franja de circulación peatonal. Espacio dedicado al paso de peatones comprendido entre las franjas de edificación, de mobiliario y vegetación.

Franja de mobiliario y vegetación. Espacio destinado al acomodo del mobiliario urbano y vegetación (postes para el alumbrado público, señalamientos verticales, dispositivos de control de tránsito, entre otros).

Franja de seguridad. Es el elemento constructivo o de dispositivos de control del tránsito que contiene a la banqueta y la separa del arroyo vehicular.

Franja separadora. Espacio que separa los sentidos de circulación en una vía, delimitado con una guarnición. Las franjas separadoras que no tengan guarnición se considerarán señalamiento horizontal en el arroyo vial.

Imagen 2.- Franjas longitudinales de la banqueta



Fuente: SEDATU y BID 2018 pg70.

ii.- Visibilidad

Esta fase busca medir la visibilidad diurna y nocturna en el cruce. La visibilidad diurna está relacionada con los obstáculos permanentes o móviles que se encuentran sobre la banqueta, en el área de espera o en el área de cruce, que disminuyen la visibilidad de los peatones en los cruces y también dificulte a los peatones ver a los vehículos, la visibilidad nocturna tiene que ver con la correcta iluminación de los cruces durante la noche (Montejano et al., 2018).

iii.- Diseño

El diseño de infraestructura peatonal debe incluir una serie de elementos que permita la movilidad peatonal de manera segura, como rampas, distancia de cruce y el tiempo de cruces peatonal sobre las calles, banquetas, señalización, semáforos, mobiliario urbano, paradas de transporte público, paso cebra, iluminación, entre otros (Montejano et al., 2018).

iv.- Señalamiento – Semaforización

En este apartado se mide la existencia y legibilidad del cruce, obtenida a través de la observación directa en campo, diferentes marcas visibles sobre el pavimento, flechas de sentido sobre el pavimento que permiten saber de qué lado vienen los vehículos y la línea de alto antes del paso peatonal, la cual señala al conductor en donde detenerse. Así como señalización vertical informativa y preventiva en cruce peatonal.

En este punto de la investigación se realiza una guía de observación que se aplica directamente en campo de los puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales elaborada a partir de la revisión bibliografía en proyectos, artículos, documentos oficiales y trabajos como: Dirección General de Tráfico del Gobierno de España; “Plan de investigación en seguridad vial y movilidad 2013-2016”, Universidad de Chile: “El Comportamiento Peatonal y Elección de Ruta”, “Metodologías para establecer las variables que influyen en la selección de los cruces peatonales 2010” en Bogotá, Manual de calles; “Diseño vial para ciudades mexicanas 2018” de la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano, Banco Interamericano de Desarrollo, “Guía práctica de la movilidad peatonal” del Instituto de Desarrollo Urbano, alcaldía mayor Santa Fe Bogotá, por mencionar algunos.



Universidad Autónoma del Estado de México



Facultad de Geografía

Maestría en Análisis Espacial y Geoinformática

Tabla3.-Guía de Observación de las condiciones de Infraestructura Peatonal.

| Criterio | Sub – Criterio | Dimensión (m) | Condición | Criterio | Sub – Criterio | Dimensión (m) | Condición |
|--|--|---------------|---|--------------------------------|---|---------------|-----------|
| ACCESIBILIDAD | Franja de Fachada | | | DISEÑO | Continuidad de pavimento ubicación y dimensiones correctas | | |
| | Existe y está en funcionamiento | | | | Rampas en Banqueta Recta | | |
| | No existe | | | | Rampas en Banqueta en Abanico | | |
| | Pavimento táctil | | | | Distancia de cruce | | |
| | Existe | | | | de uno a tres carriles | | |
| | No existe | | | | más de tres carriles | | |
| | Calidad de Banqueta | | | Carril de Contraflujo | | | |
| | Buena calidad del pavimento en ambas esquinas (superficie lisa) | | | SEÑALAMIENTO HORIZONTAL | Paso de cebra | | |
| | Calidad del pavimento regular (grietas) | | | | Está bien marcado y se ve | | |
| | Mala calidad del pavimento (hoyos y cambios de nivel) | | | | No se ve bien y falta de mantenimiento | | |
| | No hay banqueta en el área de espera peatonal | | | | No está marcado | | |
| | Calidad del pavimento en área de cruce peatonal | | | | Raya de alto | | |
| | Buena calidad del pavimento (superficie lisa) | | | | Está bien marcada y se ve | | |
| | Calidad del pavimento regular (grietas) | | | | No se ve bien y falta de mantenimiento | | |
| | Mala calidad del pavimento (hoyos y cambios de nivel) | | | | No está marcada | | |
| | Obstáculos fijos (Jardineras, Arboles, Basureros, Muros, Postes, entre otros) | | | | Flechas de dirección | | |
| | Cruce sin obstáculos fijos | | | | Están bien marcadas y se ven | | |
| | Cruce con un obstáculo fijo | | | | No se ven bien y faltan de mantenimiento | | |
| | Cruce con más de un obstáculo fijo | | | | No están marcadas | | |
| | Obstáculos móviles (Puestos ambulantes) | | | | Identificación de paradas para el transporte público | | |
| Cruce sin obstáculos móviles | | | Marca de velocidad máxima permitida (si/no) | | | | |
| Cruce con uno o más obstáculos móviles | | | Señales de información general (si/no) | | | | |

| | | | | | | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|--|---|-----------------------|---------------------------|--|--|
| VISIBILIDAD | Iluminación nocturna | | | SEMAFORIZACIÓN | Semáforo vehicular | | |
| | Ubicación y dimensiones correctas | | | | Está en funcionamiento | | |
| | Buena condición de iluminación | | | | No está en funcionamiento | | |
| | Condición de iluminación regular | | | | Semáforo peatonal | | |
| Mala o nula condición de iluminación | | | Existe y está en funcionamiento en la ubicación y dimensiones correcta | | | | |
| | | | No está en funcionamiento o está en la ubicación y dimensión incorrecta | | | | |
| | | | Tiempo de espera antes de cruzar | | | | |
| | | | Tiempo de cruce | | | | |

Fuete: Elaboración Propia con base a DGT España (2016), Universidad de Chile (2016), Universidad de Bogotá (2010), SEDATU y BID (2018).

2.2.5.- Cultura Vial

La cultura vial, es una variable social de gran relevancia que se integra con el objetivo de analizar de qué manera la cultura y percepción de la población puede influir en la evolución de incidencias de accidentes peatonales y en la forma de desplazamiento para la obtención de comercios y servicios, para tener acceso a una parada de transporte público ya sea oficial o no y como percibe las condiciones en que se encuentra la infraestructura peatonal con base a la accesibilidad, visibilidad, diseño y señalamiento.

Dicha variable se mide a partir de la aplicación de encuestas, que refleja la percepción de la población ante las condiciones de infraestructura peatonal, el modo y conocimiento al momento de desplazarse de un lugar a otro.

A partir de la revisión y comparación de bibliografía fueron seleccionados los aspectos coincidentes con el caso de estudio, el objetivo es obtener la información que permita evaluar la situación de cultura vial y percepción de la población en la ciudad de Toluca la cual fue dividida en cuatro aspectos fundamentales:

- a). -Desplazamiento Peatonal
- b). -Percepción del Riesgo
- c). - Normatividad Peatonal
- d). -Otros



Tabla 4.-Formato de evaluación de las condiciones de Infraestructura Peatonal y Cultura vial de la ciudad de Toluca.

| | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|---|--------------|--|--|--|--------------------|--|------|--|
| Datos Generales | Sexo | M | Edad | | Ocupación | | | | | |
| | | F | | | | | | | | |
| Motivos de su Desplazamiento | Trabajo | | Estudios | | Compras | | Ocio | | Otro | |
| Modo de Desplazamiento | Caminando | | En Bicicleta | | Transporte Público | | Transporte Privado | | | |
| En cuanto a Infraestructura Peatonal ¿Usted como considera los siguientes elementos? (Bueno, Regular, Malo) | | | | | Valore en qué grado considera peligrosas las siguientes situaciones para el Peatón (Alto, Medio, Bajo) | | | | | |
| Desplazamiento Peatonal | Acera Peatonal | | | | Percepción del Riesgo | Utilizar celular mientras camina por la calle | | | | |
| | Paso de Cebra | | | | | Escuchar música con auriculares mientras camina por la calle | | | | |
| | Paso peatonal regulado por Semáforo | | | | | Cruzar por pasos que no están regulados con semáforo | | | | |
| | Cruce Escolar | | | | | Cruzar con semáforo este en rojo en calles con poco tráfico | | | | |
| | Señalización peatonal | | | | | Cruzar a mitad de la calle | | | | |
| | Restricción de acceso por obras | | | | | Cruzar en estado de ebriedad | | | | |
| | Iluminación en cruce peatonal | | | | | Caminar por carril de bicicletas | | | | |
| | Parada de Autobús | | | | | Bajarse de la acera cuando va caminando | | | | |
| ¿En qué grado creé que los siguientes usuarios cumplan las Normas de tránsito que afectan a los peatones? (Alto, Medio, Bajo) | | | | | | Caminar en la noche sin elementos reflectantes | | | | |
| Peatón | | | | | | No seguir las indicaciones en tramos de obra | | | | |
| Ciclista | | | | | No caminar por zona peatonal | | | | | |
| Conductor | | | | | Menciona el grado de importancia de los siguientes factores de Infraestructura Peatonal y Cultura Vial que minizarían el número de registro de incidencias de accidentes peatonales (Alto, Medio, Bajo) | | | | | |
| ¿Conoce las Normas de Seguridad Vial referida a los Peatones? | | | | | | | | | | |
| Si ¿Cuál? _____ No | | | | | Mejorar la iluminación de las calles de alto tránsito peatonal | | | | | |
| ¿En qué grado cree que debería conocer la Normatividad de Seguridad Vial? | | | | | Disponer de zonas específicas de desplazamiento peatonal | | | | | |
| Peatón | | | | | Eliminar obstáculos que limiten el desplazamiento peatonal | | | | | |
| Ciclista | | | | | Implementar un mayor número de semáforos digitales | | | | | |
| Conductor | | | | | Establecer ciclos de semáforos más largos en zonas específicas | | | | | |
| Autoridades correspondientes | | | | | Implementar un sistema de multas a peatones infractores | | | | | |
| Población en general | | | | | Establecer y respetar normatividad peatonal | | | | | |
| ¿Ha recibido alguna sanción o multa como peatón? | | | | | Implementar un mayor número de cruces peatonales regulados con semáforo | | | | | |
| Si ¿Cuál? _____ No | | | | | | | | | | |
| ¿Ha participado en alguna actividad (taller, curso, clase, otro) sobre seguridad Vial? | | | | | Programas de educación Vial a peatones, conductores y población en general | | | | | |
| Si ¿Cuál? _____ No | | | | | Tener el total conocimiento de señalización peatonal | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia con base a Solórzano (2010), López (2014), Universidad de Chile (20.15), Baratta (2015), DTG (2015), Muñoz (2016,) y SEDATU y BID (2018)

Para calcular el tamaño de muestra a partir del total de la población y grado de confianza determinado (Aguilar 2005).

La muestra se realiza a partir de la fórmula:

$$\frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N}\right)}$$

Donde:

N = tamaño de la población

e = margen de error (porcentaje expresado con decimales)

z = puntuación normalizada

El tamaño de la población es la cantidad total de personas en el grupo que deseas realizar la muestra en este caso el total de población del Municipio. Y el porcentaje de error es un porcentaje que te dice en qué medida puedes esperar que los resultados de tu encuesta reflejen la opinión de la población general.

El nivel de confianza deseado (z), indica el grado de confianza que se tendrá de que el valor verdadero del parámetro en la población se encuentre en la muestra calculada. Cuanta más confianza se desee, será más elevado el número de sujetos necesarios, los valores más comunes son 99% 95% o 90%, para tal caso se calculó para un 95% de confianza.

2.2.6.-Evaluación de seguridad peatonal

A partir de los puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales se realiza una evaluación con respecto a las condiciones de infraestructura peatonal, a las áreas de mayor incidencia de accidentes peatonales que en este caso resulta de la superposición ponderada de las variables cuantitativas (número de accidentes a nivel intersección, número de accidentes por tipo de vialidad, flujo peatonal, ubicación de paradas oficiales y no oficiales, y concentración de actividades económicas terciarias en el área de estudio) y variables cualitativas (Cultura vial y Normatividad Oficial) propuestas para el desarrollo de esta investigación y la integración.

2.2.7.- Propuesta de plan de Mejora de las condiciones de infraestructura peatonal.

Este capítulo es fundamental para el desarrollo de esta investigación ya que permite reunir parte de los antecedentes tomando como referencia artículos, proyectos e investigaciones que ya han sido aplicados en materia de seguridad peatonal y se analizan de manera conjunta con los resultados previos de cada una de las etapas y variables que han sido consideradas para el desarrollo de la investigación de tal manera que se tengan las herramientas para poder proponer la forma, características y dimensiones de infraestructura peatonal y fomentar la cultura vial con base a la normatividad oficial y vigente en cuestiones de seguridad vial que permita en primer lugar la minimización del número de accidentes registrados, implementar programas de cultura vial para la sociedad y hacer lo posible para validar y aplicar correctamente la normatividad oficial y vigente del municipio.

De esta manera se integran las bases de datos, se establecen los procesamientos y software a emplear para cada variable propuesta con el objetivo de identificar zonas prioritarias de infraestructura peatonal de calidad y realizar un plan de mejora que permita una movilidad segura a los habitantes del municipio y toda persona que requiera transitar dentro de la zona.

Para identificar áreas prioritarias se toman como base las variables cuantitativas anteriores y se requiere hacer una selección de las áreas que coinciden como zonas de mayor incidencia de accidentes peatonales, mayor flujo peatonal, mayor número de accidentes peatonales, con respecto al tipo de vialidad y mayor concentración de actividades económicas, con el objetivo de identificar áreas prioritarias de implementación de infraestructura peatonal de calidad.

La metodología que se aplica en este procedimiento es la herramienta superposición ponderada aplicada, es uno de los enfoques más utilizados en el análisis de superposición para resolver problemas de varios criterios como la selección de sitios y los modelos de adecuación.

Superposición Ponderada Aplicada

Este método se caracteriza por:

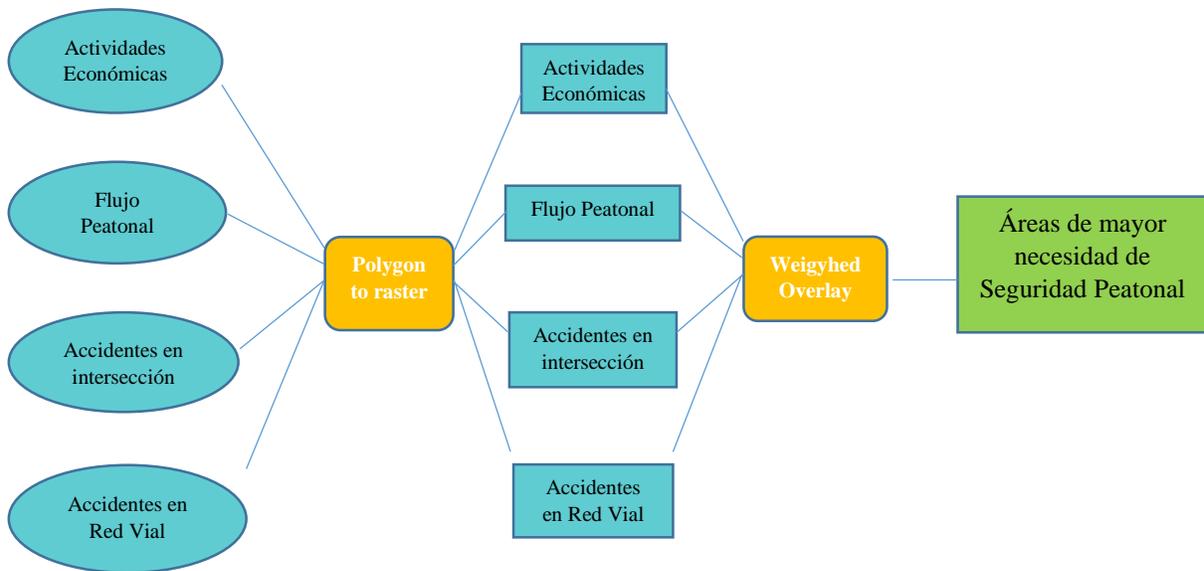
- Reclassifica valores ráster de entras en una escala de evaluación común

- Multiplica los valores de celdas de cada ráster de entrada por el peso de importancia de los ráster, decir todos los pixeles de la imagen están asociados a una categoría en particular que tiene ya una ponderación.
- Suma los valores de celdas resultantes para producir el ráster de salida tomando en cuenta el peso de cada categoría dentro de cada variable.

Esta metodología se desarrolla con los valores de ráster bajo el principio de que son continuos y están agrupados en rangos, se debe asignar un valor único a cada rango antes de poder utilizarlo esta herramienta, permite realizar reclasificaciones en formato ráster, manteniendo y asignando valores a cada rango y teniendo en cuenta el rango de valores al que corresponde el nuevo valor y asignar pesos a los valores de celda en la herramienta superposición ponderada más adelante, puede asignar pesos al mismo tiempo que realiza la reclasificación.

En este caso se utiliza la herramienta de superposición ponderada para el modelado de adecuación (para ubicar áreas adecuadas), donde los valores más altos generalmente indican que una ubicación es más adecuada en este caso para la implementación o restauración de elementos que componen la infraestructura peatonal.

Esquema 3.- Metodología para identificar áreas que requieren de infraestructura peatonal de calidad, de manera prioritaria.



Fuente: Elaboración propia.

| Tabla 5.- Cuadro de ponderación | | | | |
|---------------------------------|-------------------------|------------------|-------|----------------|
| Ponderación | Variable | Rango | Valor | Escala Valores |
| 35 | Actividades Económicas | 0-226 | 5 | 2 |
| | | 227-452 | 15 | 5 |
| | | 453-679 | 35 | 9 |
| 25 | Flujo Peatonal | < 20 000 | 5 | 2 |
| | | 20 000 - 49 999 | 15 | 5 |
| | | 50 000 - 100 000 | 20 | 7 |
| | | > 100 000 | 25 | 9 |
| 25 | Accidentes intersección | 0-21 | 15 | 4 |
| | | 22-42 | 20 | 5 |
| | | 43-63 | 25 | 6 |
| 15 | Red Vial | 0-21 | 5 | 3 |
| | | 22-42 | 10 | 6 |
| | | 43-63 | 15 | 9 |

Fuente: Elaboración propia.

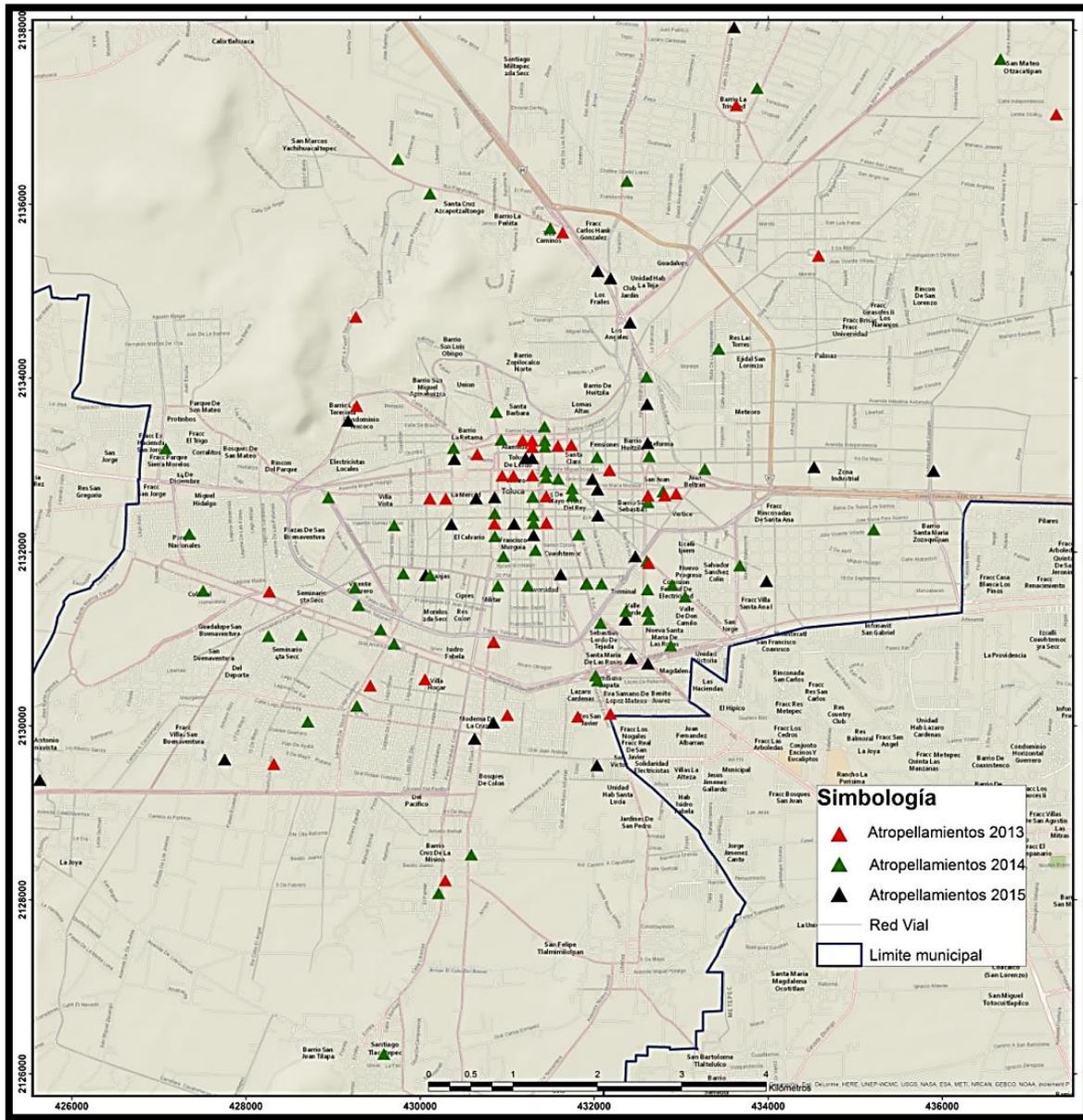
Capítulo 3.- Análisis de resultados

3.1.-Ubicación de áreas de mayor incidencia de accidente peatonales

La información obtenida del Departamento de Seguridad Pública y Tránsito se toma como base fundamental para el desarrollo de esta investigación, se usan datos de los años 2013, 2014 y 2015, se da paso a la descripción de resultados, de manera inicial sobre la incidencia de accidentes peatonales por ubicación, mes, día y hora.

En la siguiente figura (4) se observa la distribución espacial de accidentes peatonales en la ciudad de Toluca, así como su distribución que en su mayoría se ubica en colonias e intersecciones céntricas y de una manera más dispersa en zonas periféricas. Esta es la información base para identificar zonas de mayor incidencia de accidentes peatonales y el posterior análisis de las condiciones de infraestructura peatonal.

Figura 4.- Mapa de Incidencia de Atropellamientos por año, 2013, 2014 y 2015 de la ciudad de Toluca.



Fuentes; elaboración propia con datos de DSPT del Estado de México.

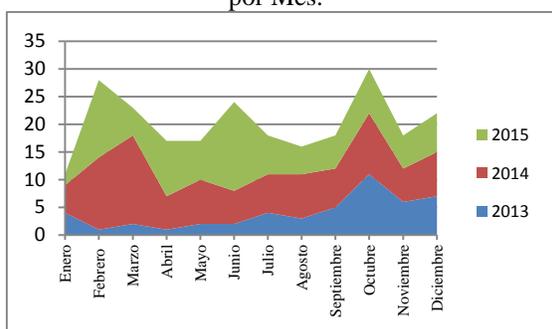
La incidencia de accidentes peatonales por mes, deja observar que existe un patrón de mayor incidencia en los meses de febrero-marzo, junio y octubre, este comportamiento es aleatorio, sin embargo, en los tres años se coincide que octubre es de los meses de mayor incidencia de atropellamientos registrados (Ver gráfica 1).

Con respecto a la incidencia de accidentes peatonales por día de la semana muestra que los días de mayor incidencia de accidentes el viernes que coincide el mismo comportamiento

los tres años que se puede justificar con que es el día en que más personas suelen desplazarse por la ciudad para obtener algún servicio, por diversión o por ocio (Grafica 2).

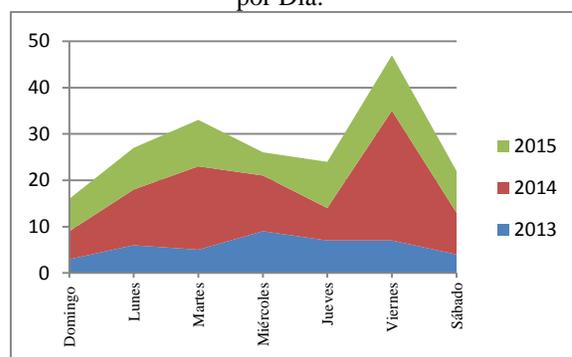
El comportamiento de accidentes peatonales por hora del día se muestra en la gráfica 3, se observa que las horas con mayor registro de accidentes es a las 8:00, 13:00 y 22:00, correspondiente a las horas de mayor desplazamiento peatonal que corresponde a los horarios de entrada y salida de clases, inicio y término de jornada laboral de la mayoría de los trabajos en el municipio.

Gráfica 1.-. Incidencia de Accidentes peatonales por Mes.



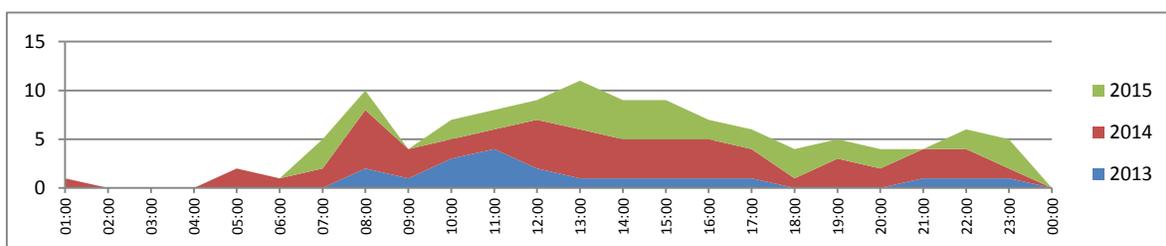
Fuente: Elaboración Propia con base a datos del DSPTEM, 2013-2015.

Gráfica 2.-. Incidencia de Accidentes peatonales por Día.



Fuente: Elaboración Propia con base a datos del DSPTEM 2013-2015.

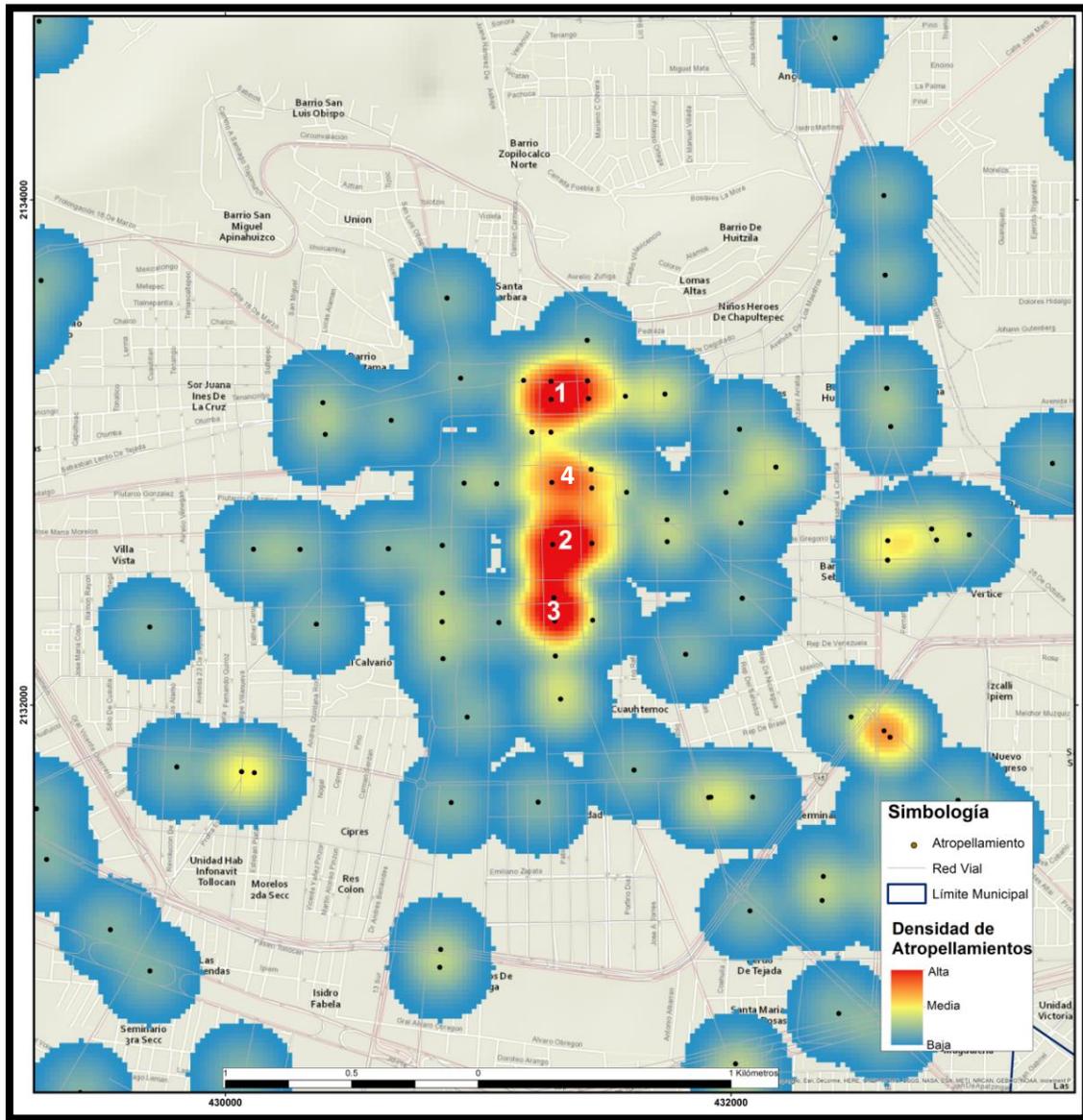
Gráfica 3.-. Incidencia de Accidentes viales por Hora del Día.



Fuente: Elaboración Propia con base a datos del DSPTEM 2013-2015.

La metodología de densidad de Kernel se aplica para áreas de mayor concentración de accidentes peatonales se reconocen las colonias céntricas del municipio y vialidades mayor jerarquía dentro del sistema de transporte de Toluca, por lo que se piensa que por esta razón concentran mayor número de usuarios. Este comportamiento puede adjudicarse también a la mayor concentración de comercios y servicios especializados por las que se caracteriza el área de estudio (Ver figura 5).

Figura 5.-Mapa Densidad de Kernel, Accidentes Peatonales, año 2013, 2014 y 2015.



Elaboración Propia con base a datos del DSPTEM, 2013-2015.

En este mapa se identifican visualmente los puntos HotSpots de concentración de accidentes peatonales de los años 2013-2015, este modelo indica que el área marcada con color rojo es la que representa una mayor concentración de accidentes dentro de un rango de alta densidad degradado a azul como baja densidad, de manera muy clara se observan cuatro áreas con alta densidad que corresponde a las siguientes colonias:

- 1.- Alameda
- 2.- 5 de mayo
- 3.- Cuauhtémoc y

4.- Centro.

Sin embargo, el análisis de densidad de accidentes peatonales a nivel colonia resulta una ubicación general por lo que procede a realizar la identificación a partir de los puntos de intersección entre calles que se genera a partir de un radio de influencia a 50 m. con la finalidad de cuantificar el número de accidentes peatonales registrados del año 2013 a 2015, que se observan en el siguiente mapa (ver figura 6).

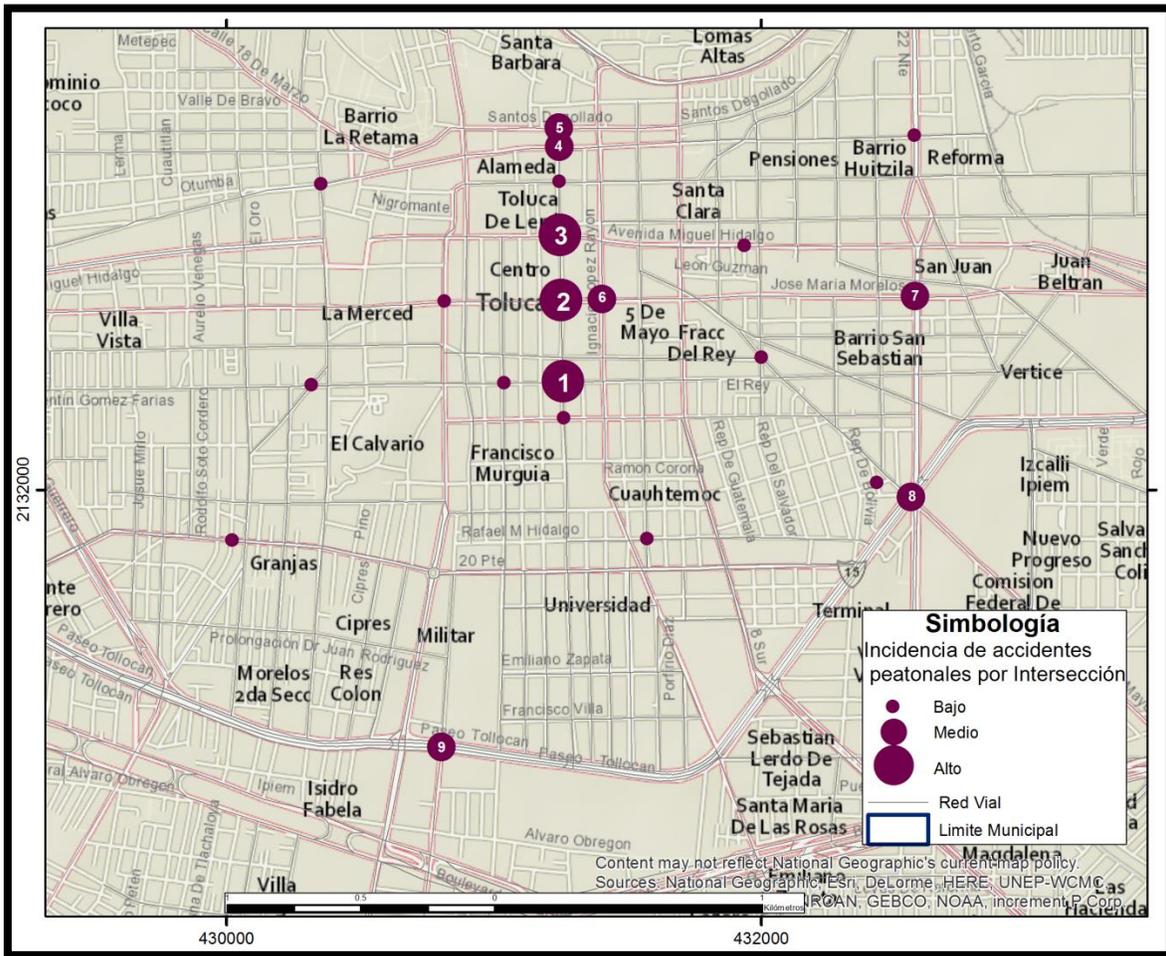
Para tal caso se distinguen 3 intersecciones dentro del rango de Alta incidencia:

- 1.- Benito Juárez y Valentín Gómez Farías
- 2.- Benito Juárez y José María Morelos y Pavón
- 3.- Benito Juárez y Miguel Hidalgo y Costilla

Y 6 dentro del rango Media Incidencia de accidentes peatonales:

- 4.- Benito Juárez y Sebastián Lerdo de Tejada
- 5.- Benito Juárez y Santos Degollado
- 6.- Ignacio López Rayón y José María Morelos y Pavón
- 7.- Isidro Fabela y José María Morelos y Pavón
- 8.- Isidro Fabela y Tollocan
- 9.- Jesús Carranza y Tollocan

Figura 6.- Mapa de Incidencia de accidentes peatonales a nivel Interacción en la ciudad de Toluca.



Elaboración Propia con base a datos del DSPTM, 2013-2015.

De esta manera se identificaron las intersecciones de mayor incidencia de accidentes peatonales y estas sujetas a conocer las condiciones de infraestructura peatonal en que se encuentran para realizar el análisis de acuerdo a la hipótesis planteada “La incidencia de accidentes peatonales en la ciudad de Toluca se relaciona directamente con las condiciones de infraestructura peatonal en banquetas y cruces de calle que representa el espacio de desplazamiento de los habitantes y que a su vez e convierte también en el espacio donde el peatón corre el mayor riesgo de sufrir un accidente”.

3.2.-Diagnóstico de las condiciones de infraestructura peatonal y desarrollo de variables en intersecciones identificadas como conflictivas.

En esta fase se muestra el resultado de las variables con el fin de cumplir con el objetivo de evaluar las condiciones de infraestructura peatonal en la zona donde se ubican los puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales.

3.2.1.- Flujo Peatonal

El flujo peatonal está directamente relacionado con la ubicación de comercios, servicios y establecimientos atractivos para la población, para tal caso se analiza la relación que tiene con respecto a puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales.

Con base a la metodología de conteo peatonal de Garrocho y Flores (2009), citado en Flores (2013) son cuatro los puntos con registro de mayor número de flujo peatonal mayor a 100 000 peatones, a lo largo de los tres días y 36 horas que duró el conteo.

Los cuatros puntos de mayor flujo peatonal corresponde a:

- 1.- Sobre Avenida Miguel Hidalgo entre Mariano Matamoros e Ignacio Allende
- 2.-Sobre Avenida Miguel Hidalgo entre Juan Aldama y Benito Juárez
- 3.-Sobre Benito Juárez entre Avenida Miguel Hidalgo y Avenida José María Morelos y Pavón
- 4.- Sobre Benito Juárez entre Avenida José María Morelos y Pavón e Instituto Literario.

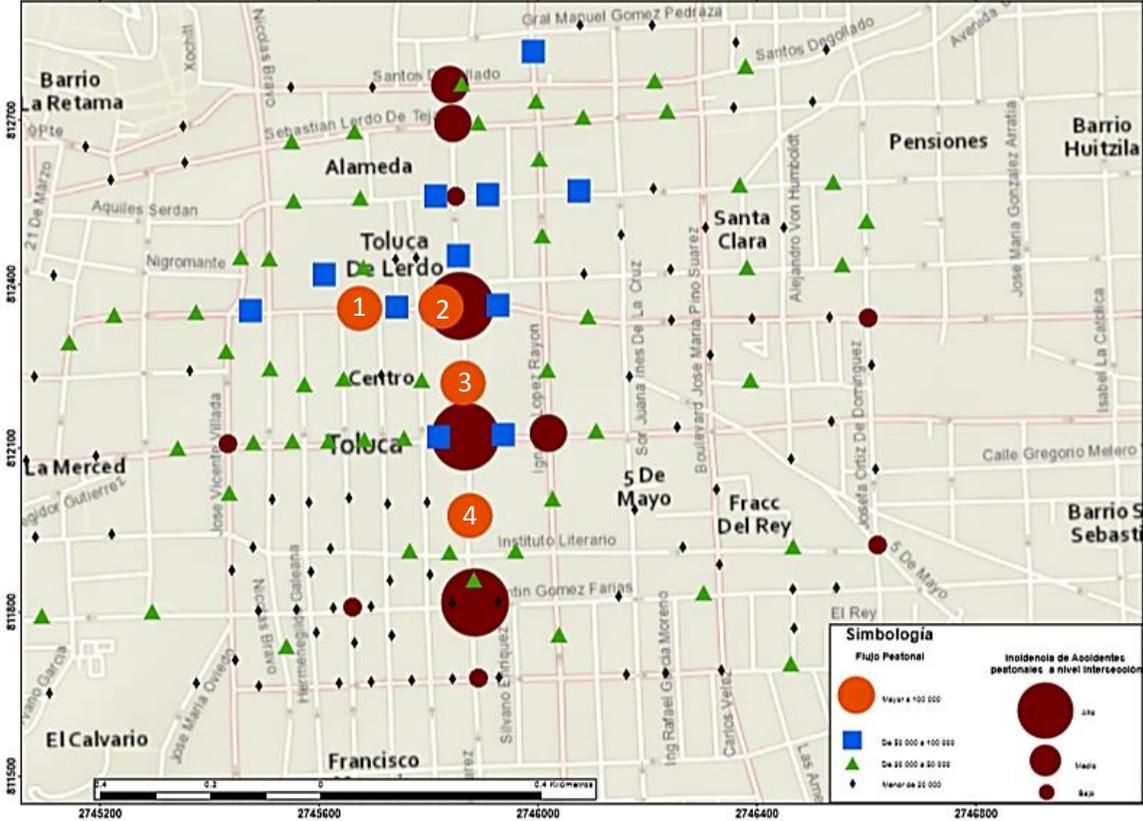
Con base a los resultados del flujo peatonal se observa que la intensidad de los flujos disminuye de manera significativa a medida que se alejan de los puntos de muy alto flujo peatonal, a alto, medio y bajo de manera centro- periferia.

En términos comerciales y de servicios el flujo peatonal refleja identificar con mayor precisión las zonas de mayor concentración de estos, que también representa zonas de mayor oportunidad de negocios en calles específicas.

La figura 6 muestra la coincidencia que tiene el flujo peatonal con respecto a los puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales, en el cual se observa una relación directa con alta

coincidencia, entre los tres puntos de alto valor de accidente peatonales y los cuatro puntos de mayor flujo peatonal, lo que refleja una alta demanda de condiciones de infraestructura peatonal.

Figura 7.- Mapa de Flujo Peatonal



Fuente: Elaboración propia con base a datos del DSPTM y resultados de Flujo Peatonal Garrocho y Flores (2009).

3.2.2.- Paradas Oficiales y No Oficiales de transporte Publico

La ubicación de paradas de transporte público se representa con datos del inventario de paradas de autobús, dentro de la zona de mayor incidencia de accidentes peatonales se ubican 69 paradas en total, de las cuales 34 son oficiales y 35 no, lo que demuestra la falta de cumplimiento de normas y reglamentos por parte de conductores y usuarios. Con base a lo anterior se identifican la coincidencia con los tres puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales: Benito Juárez y Valentín Gómez Farías, Benito Juárez y José María Morelos y Pavón, y Benito Juárez y Miguel Hidalgo y Costilla, y el tipo de parada es oficial.

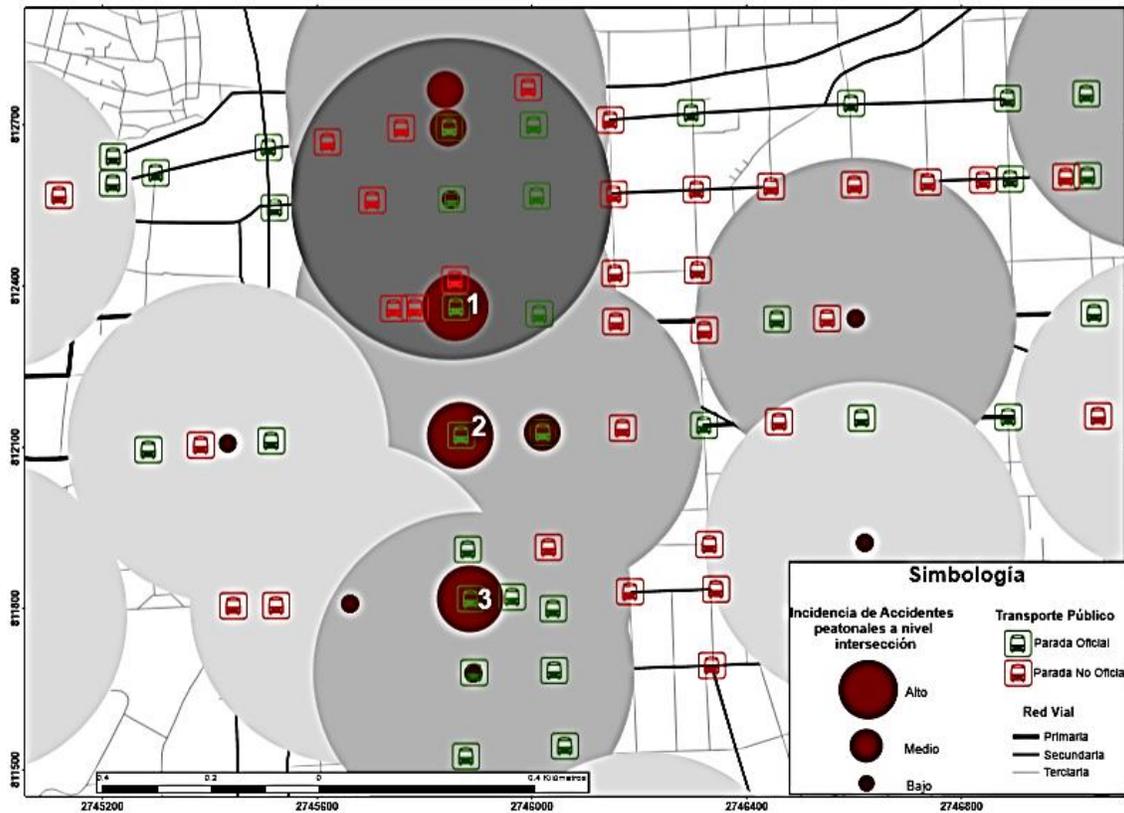
Para identificar la distribución de paradas se realizó un buffer a una distancia de 300 metros que con base a Reséndiz (2003), es la distancia donde el usuario puede caminar aproximadamente 5 minutos en una zona urbana de una parada a otra, para el caso del área de estudio las paradas oficiales están muy cercanas entre sí (de 50 a 10 metros aproximadamente) y en zonas periféricas aumenta significativamente y el servicio como tal es más limitado. A medida que nos vamos hacia la periferia del centro, la distancia aumenta y las paradas oficiales disminuyen.

En el Centro de Toluca, las paradas informales se localizan muy cercanas a las paradas oficiales, generando que la frecuencia de paraderos sea mayor (un punto de ascenso o descenso por esquina), este comportamiento incrementa la congestión de las vialidades. Provocando que los conductores puedan hacer maniobras inadecuadas y afecten a terceros (Millán, 2017).

La distancia entre paradas oficiales y no oficiales del centro de Toluca es muy poca que, en lugar de ser un servicio eficiente, se convierte en algo desgastante ya que se genera mayor tráfico vial y comportamiento peatonal inconsciente al ascender y descender donde a las unidades de transporte público en lugares que no está permitido, corresponsabilidad de los conductores que lo hacen, situación que no refleja más que la falta de cultura vial en la población.

Siguiendo con esta premisa de la distancia a 300 metros, se traza un área de influencia de a partir de los puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales y se obtiene que el número de paradas dentro de dicha área va de 2 a 13 paradas (incluidas oficiales y no oficiales). Como se observa en la figura 8.

Figura 8.- Mapa de distribución de paradas oficiales y no oficiales de transporte público.



Fuente: elaboración propia con datos de INEGI y DSPTM

De esta manera se evidencia que la falta de cumplimiento con respecto a las paradas oficiales influye de manera directa a la inseguridad peatonal, al incremento de registro de accidentes peatonales.

En cuanto a la distancia definida se tiene que el punto número 1 de mayor incidencia de accidentes peatonales incluye en su área de influencia 10 paradas tanto formales como informales, en punto número 2 y 3 incluyen 9 paradas.

De acuerdo a la distribución de paradas oficiales y no oficiales se puede observar que estas se ubican en cada calle y a media calle el centro de Toluca de manera indistinta sin importar si esta señalizada como parada de transporte público y que este comportamiento coincide con los puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales.

En conclusión, este factor se relaciona con los atropellamientos ya que al realizarse más paradas (informales), los peatones buscan la forma para tener acceso a ellas.

3.2.3.- Distribución de actividades económicas terciarias en Toluca.

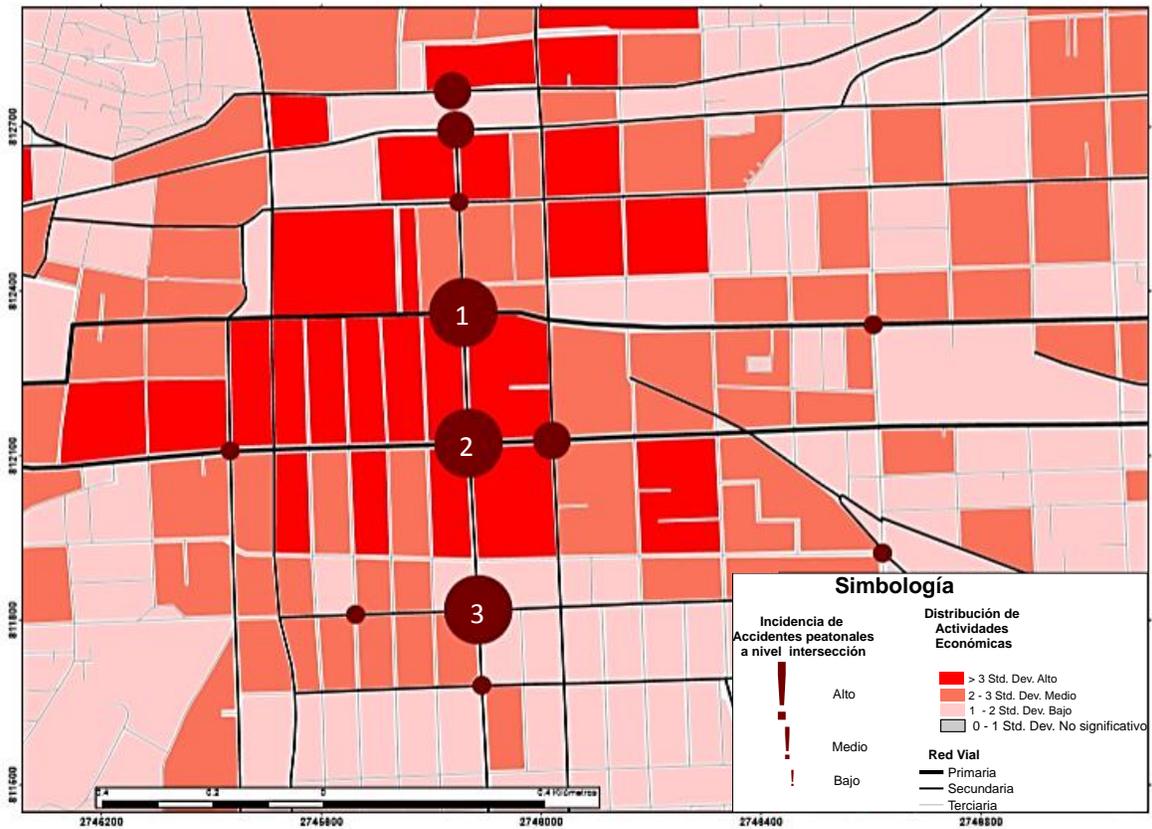
Las principales actividades económicas en Toluca son la industria manufacturera y las actividades comerciales, las industrias establecidas en el municipio se dedican a la producción y distribución de bebidas, alimentos procesados, textiles, automóviles, productos eléctricos, químicos y farmacéuticos. Además del sector secundario o industrial, gran parte de la población se dedica a actividades terciarias, como el comercio y los servicios (Plan de desarrollo Municipal de Toluca 2016-2018).

Con relación de la distribución de actividades económicas con la zona de mayor incidencia de accidentes peatonales cabe retomar como referencia los trabajos de Hernández (2006) sobre la influencia de la estructura urbana en la incidencia de accidentes de tránsito en Tijuana B.C (2003-2004) y Hernández, De Haro (2014) sobre la relación entre la centralidad urbana y los atropellamientos en Ciudad Juárez, donde se evidencia que las zonas de mayor concentración de actividades económicas (terciarias fundamentalmente) son puntos de atracción para la población al caracterizarse por ser zonas de comercios y servicios tales como los bancos, agencias de viajes, las aseguradoras, restaurantes, servicios educativos, de recreación, entre otros. Características propias de una estructura concéntrica de las vialidades que también son usadas como puntos de partida de viajes desde el centro a localidades y municipios colindantes.

En este caso la distribución de actividades económicas se representa a nivel manzana con el objetivo de identificar de qué manera se comporta dicha distribución con respecto a la zona de mayor incidencia de accidentes peatonales. Para lo cual fue necesario obtener datos del DENUE (INEGI, 2015) del sector terciario de Toluca.

De acuerdo al proceso metodológico se realizó un Spatial Join entre las capas vectoriales: Manzanas y datos del DENUE solo del sector terciario y se representó en 3 rangos, como se observa en la siguiente figura (9):

Figura 9.- Mapa de distribución de Actividades terciarias en zona de mayor incidencia de accidentes peatonales.



Fuente: Elaboración propia con base a datos de DENUE e INEGI 2015.

En la figura se observa que la mayoría de intersecciones con mayor registro de accidentes peatonales es coincidente con manzanas de alto nivel de concentración de actividades económicas terciarias. De esta manera en el área de estudio se observa una mayor concentración de actividades terciarias que se encuentran en el nivel alto (correspondiente al 13% del total de manzanas en la zona definida como de mayor incidencia de accidentes peatonales) en el que destacan también la ubicación de inmuebles de gobierno, culturales y plazas comerciales. Y medio (41% respectivamente), es decir, es donde existe un mayor número de establecimientos que figuran como centros que atraen a la población.

Una vez identificadas las zonas de mayor incidencia de accidentes peatonales y su coincidencia con las de mayor distribución de actividades terciarias, influyen de manera directa con el incremento de los accidentes de tránsito ya que, al ser puntos de atracción poblacional, de alto flujo peatonal, desplazamiento de personas, mayor demanda de

transporte y puntos generadores de viajes, tal como lo han citado Hernández (2006), Hernández, De Haro (2014) y Hinojosa (2014).

De esta manera se entiende que, en las zonas de mayor densidad de actividades terciarias del área de estudio, concentren una cantidad significativa de registro de accidentes peatonales para el nivel alto de contracción se registra el 52%, en el medio 21% y finalmente en el bajo un 28%. Es decir, en el 13% de las manzanas con mayor concentración de actividades terciarias se registra el 52% de accidentes, más de la mitad del total.

De acuerdo con Hernández (2006) en este análisis también se tiene que la zona de actividad terciarias, de la zona de estudio se relaciona directamente con los altos registros de accidentes peatonales en este caso, por lo que representan las áreas de mayor riesgo, para los habitantes de las mismas y de las comunidades y municipios colindantes que tienen la necesidad de dirigirse a la zona para obtener algún tipo de servicio o comercio.

3.2.4.- Condiciones de Infraestructura Peatonal

Las condiciones en que se encuentran los elementos básicos de infraestructura se evalúan de acuerdo a los criterios (Accesibilidad, Visibilidad, Diseño, Señalamiento y Semaforización) y principios de Movilidad peatonal (Uso Equitativo, Flexibilidad de Uso, Uso sencillo e intuitivo, Información Perceptible, Tolerancia el Error, Esfuerzo Físico Reducido, Tamaño y espacio para acercarse y usar) que de igual manera se incluyen en la guía de observación directa en campo, para finalmente ser integrados en una matriz que permite realizar la evaluación correspondiente.

En la tabla 5 se muestra el valor que se asignó a cada elemento de acuerdo su condición y se asignaron de la siguiente manera: 1 = Condiciones malas, 2 = Condiciones medias y 3 = Condiciones buenas. Por ejemplo en el caso del paso cebra:

1.- Malas Condiciones: La pintura de paso cebra es casi invisibles por la falta de mantenimiento, el pavimento presenta irregularidades y baches que representan un riesgo de accidente al momento del cruce de peatones (ver fotografía 1).

2.- Condiciones Media: En este caso la pintura de paso cebra es casi invisible por la falta de mantenimiento y el pavimento presenta irregularidades ni baches (ver fotografía 2).

3.- Condiciones Buenas: Finalmente en este caso la pintura esta correctamente aplicada muestra de un correcto mantenimiento y el pavimento no presente irregularidades de ningun tipo (ver fotografía 3).



Lerdo de Tejada y Benito Juárez



José Ma. Morelos y Pavón e Ignacio López Rayón.



Isidro Fabela y Paseo Tollocan

La forma de evaluación fue a partir de las condiciones de cada elemento de infraestructura peatonal con respecto a los criterios y principios de movilidad, tal como se observa en la tabla 5. Se realizó la sumatoria y promedio de cada elemento, dando como resultado que las rampas, el paso cebra, la ubicación de paradas, semáforo vehicular y peatonal son los elementos con valor de calidad más alto y el resto de elementos fue medio y bajo, de acuerdo a lo observado en campo la causa principal de las condiciones en que se encuentran los elementos es la falta de mantenimiento.

Con respecto a los principios de movilidad, los valores oscilaron entre 0.6 (Información perceptible) y 2.2 (Esfuerzo físico reducido), como se observa en la tabla 6, donde el valor de seguridad es medio y aunado a las condiciones de infraestructura, influyen de manera directa en la seguridad peatonal.

Gráfica 4.- Diagnóstico de las condiciones de elementos de infraestructura peatonal en puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales.

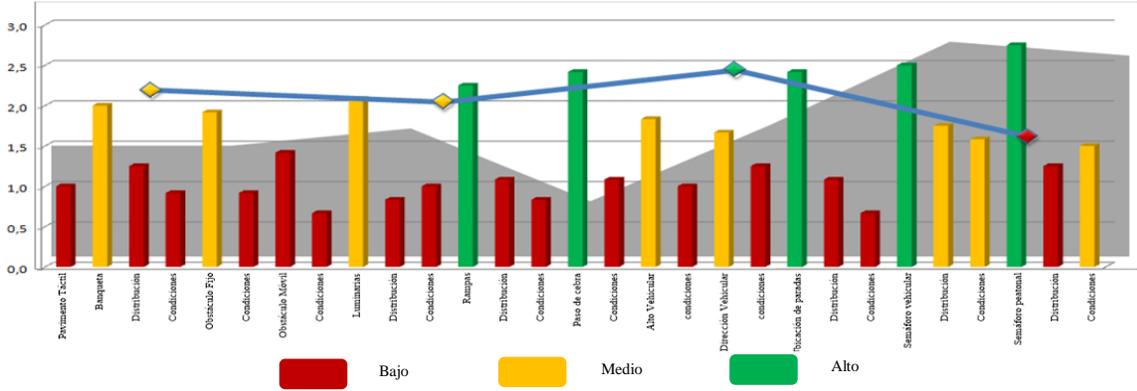


Tabla 6 .-Principios de Movilidad Peatonal

| Principios de Movilidad Peatonal | Uso equitativo | Flexibilidad de uso | Uso sencillo e Intuitivo | Información Perceptible | Tolerancia al error | Esfuerzo Físico reducido | Tamaño y espacio de acceso |
|----------------------------------|----------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------------|
| Valor | 1.1 | 1.1 | 1.3 | 0.6 | 1.4 | 2.2 | 2.1 |
| Nivel de Seguridad | Medio | Medio | Bajo | Bajo | Medio | Alto | Alto |

Tabla 7.-Criterios de Seguridad Peatonal

| Criterio | Valor |
|-------------------------------|---|
| Accesibilidad |  Medio |
| Visibilidad |  Medio |
| Diseño |  Alto |
| Señalamiento - semaforización |  Bajo |

Tabla 8.- Matriz del Diagnóstico de las condiciones de elementos de infraestructura peatonal en zonas de mayor incidencia de accidentes peatonales.

| Elementos a evaluar | | Franja de fachada | Banqueta | Distribución | Condiciones | Obstáculo Fijo | Distribución | Condiciones | Obstáculo Móvil | Distribución | Condiciones | Luminarias | Distribución | Condiciones | Rampas | Distribución | Condiciones | Paso de cebra | Distribución | Condiciones | Raya de Alto Vehicular | Condiciones | Dirección Vehicular | condiciones | Ubicación de paradas | Distribución | Condiciones | Semáforo vehicular | Distribución | Condiciones | Semáforo peatonal | Distribución | Condiciones | | |
|--|--|-------------------|-------------|--------------|--------------|----------------|----------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------|--|-------------|--------|--------------|-------------|---------------|--------------|-------------|------------------------|-------------|---------------------|-------------|----------------------|--------------|-------------|--------------------|--------------|-------------|-------------------|--------------|-------------|---|---|
| | | Accesibilidad | Visibilidad | Diseño | Señalamiento | Semaforización | Uso Equitativo | Flexibilidad de Uso | Uso sencillo e intuitivo | Información Perceptible | Tolerancia el Error | Esfuerzo Físico Reducido | Tamaño y espacio para acercarse y usar | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Criterios de Condiciones de Infraestructura Pedita | Accesibilidad | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | | | |
| | Visibilidad | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | | |
| | Diseño | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | | |
| | Señalamiento | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | | |
| | Semaforización | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | | |
| | Uso Equitativo | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | | |
| | Flexibilidad de Uso | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | | |
| Principios de Movilidad Pedita | Uso sencillo e intuitivo | 0 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | | |
| | Información Perceptible | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | | |
| | Tolerancia el Error | 0 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | | |
| | Esfuerzo Físico Reducido | 0 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| | Tamaño y espacio para acercarse y usar | 0 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 1 | |

Fuente: Elaboración propia con base a resultados de guía de observación directa en campo, 2019

Con respecto a los criterios de movilidad peatonal la accesibilidad y visibilidad se evalúan en un nivel medio, diseño en alto y señalamiento – semaforización en nivel bajo (Ver tabla 7) y las condiciones y distribución se analizan de la siguiente manera:

Accesibilidad

Este criterio incluye a la banqueta, el cruce peatonal, obstáculos fijos y móviles. Con base a los resultados de la observación directa en campo las banquetas, la calidad del pavimento para el cruce peatonal y obstáculos fijos en un nivel de calidad medio y los elementos correspondientes a obstáculos móviles representan un bajo nivel de calidad.

De acuerdo a lo observado en las intersecciones se tiene que el 82% coincide con el orden del diagrama de referencia, pero en cuanto a dimensiones se encuentran algunas diferencias y variabilidades, sin embargo y en promedio se tiene que las dimensiones son:

Franja de fachada = mínimo 0.60m

Franja Peatonal = 1.8m

Equipamiento = 0.80m

Guarnición: 0.30m en su caso

El espacio de cruce peatonal corresponde a la franja específica sobre la calle destinada para el cruce de peatones, en este caso corresponde a calles de 4 a 6 carriles con una división de 12 a 18m respectivamente.

La franja de equipamiento corresponde al área de obstáculos fijos que incluye la ubicación de semáforos (vehiculares y peatonales), señales verticales, bancas, luminarias, jardineras, postes de luz y puestos de periódicos ubicados en la banqueta.

Con respecto al sub criterio de obstáculos móviles que se posiciona en nivel de calidad baja, corresponde principalmente a la ubicación de puestos ambulantes que limitan la movilidad peatonal por la calle y puede ser considerado como un factor de riesgo al impedir el paso peatonal y en algunas ocasiones ocasionar que el peatón se vea en la necesidad de bajarse de la banqueta e invadir el espacio de circulación vial como se muestra en la fotografía 4 y 5.

Fotografía 4.- Puestos Ambulantes 1



Avenida Benito Juárez García casi esquina con Lerdo de Tejada

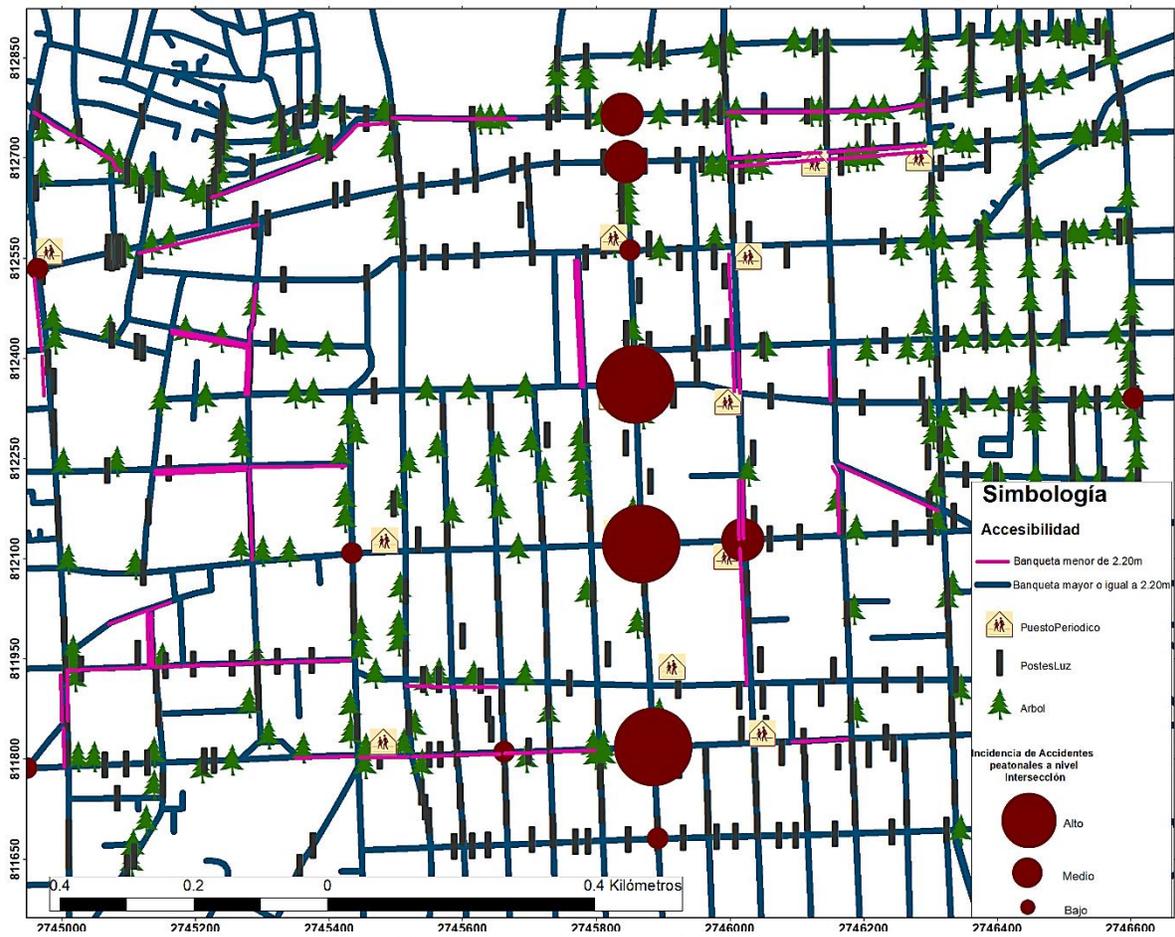
Fotografía 5.- Puestos Ambulantes 2



Santos degollado y López Rayón

Es importante mencionar que las condiciones actuales de los componentes de este criterio muestran falta de mantenimiento, en el caso específico de las banquetas y franja de cruce peatonal es común encontrar baches, desniveles del piso, irregularidades y poca visibilidad en señalización horizontal (cruce de cebra, división de carriles y cambio de una zona a otra) lo que a su vez limitan la movilidad segura del peatón, (ver figura 10), donde se observa la distribución de banquetas con dimensión menor a la mínima de 2.20 metros de acuerdo al Manual de calles: Diseño vial para ciudades mexicanas (2018) y como obstáculos fijos se consideran los puestos de periódicos, postes de luz y arboles sobre la banqueta.

Figura 10.- Accesibilidad y obstáculos fijos

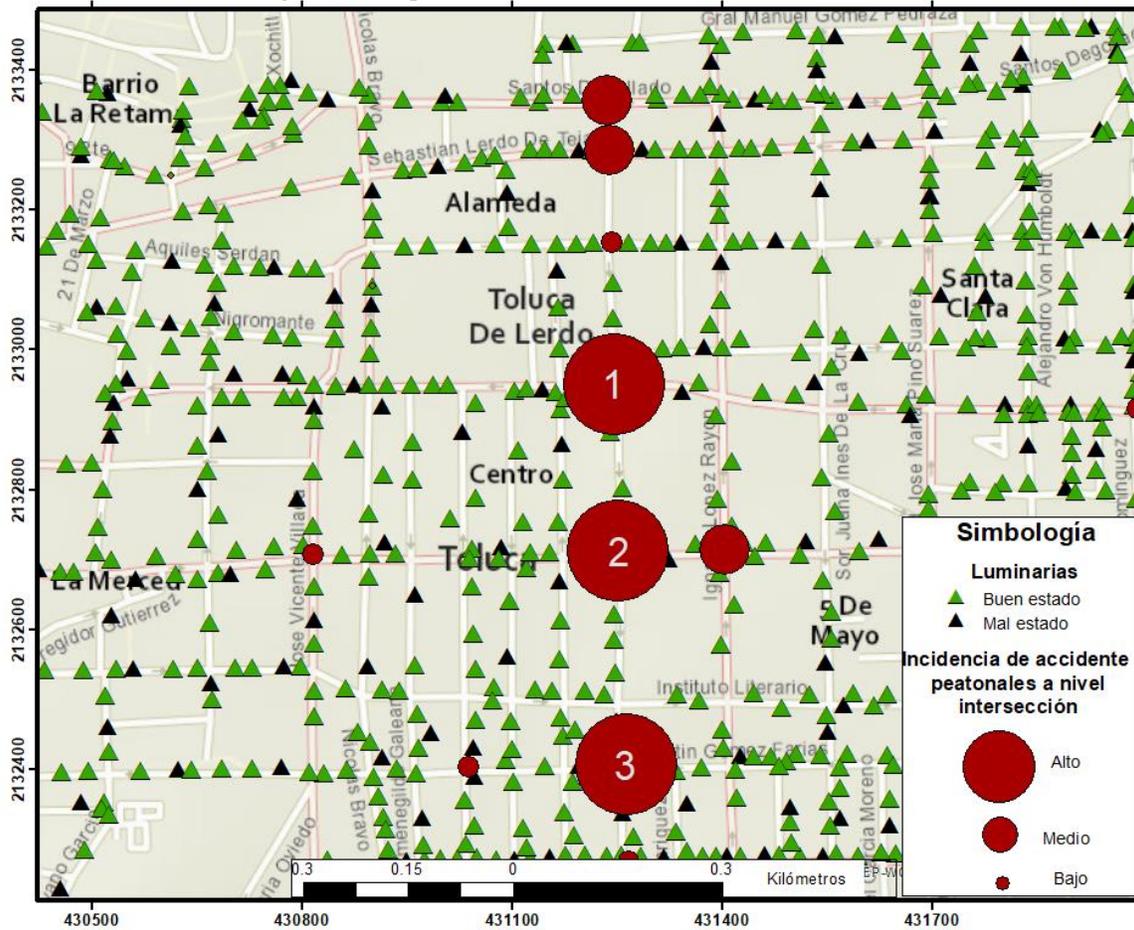


Fuente: elaboración propia con base a resultados de trabajo de campo.

Visibilidad

Este criterio corresponde a la existencia de luminarias y condiciones en las que se encuentran para cada una de las intersecciones de interés, de las 48 esquinas que conforman las intersecciones, solo el 68% cumple con luminaria en buen estado, el resto no cuenta con esta instalación o no funciona correctamente como se observa en el siguiente mapa:

Figura 11.-Mapa de Visibilidad, distribución de Luminarias

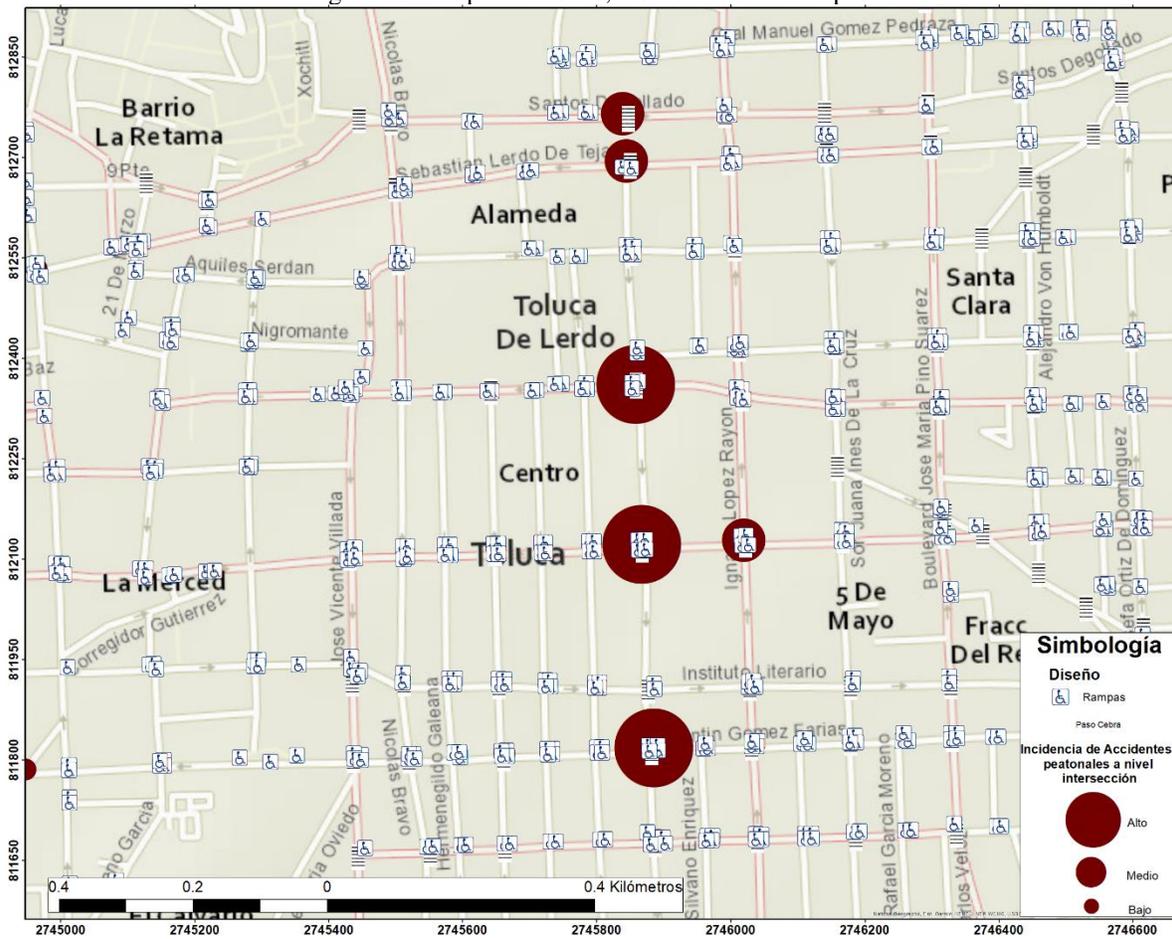


Fuente: Elaboración propia

Diseño

Este criterio corresponde al diseño de rampas que para tal caso representa un nivel de calidad medio debido a las dimensiones de diseño que se toman como referencia en el caso del porcentaje de la pendiente oscila entre el 5% y 12%, el ancho de la rampa si cumple el mínimo de 90cm, si comienzan y finalizan en un plano horizontal libre de obstáculos, la superficie es antideslizante y con textura rugosa, sin embargo también hay casos donde no es visible y no existe señalización para ello, además el mantenimiento en todos los casos es muy limitado, las líneas ya casi no se distinguen y el estado del pavimento también requiere mayor atención (ver figura 12).

Figura 12.- Mapa de Diseño, distribución de Rampas



Fuente: elaboración Propia con base a trabajo de campo

En las fotografías 6, 7, 8 y 9 se observan ejemplos de las malas condiciones en las que se encuentran algunas rampas en el área de estudio:

Fotografía 6.- Condiciones de rampa recta1



Rampa Recta: Santos Degollado e Ignacio López Rayón

Fotografía 7.- Condiciones de rampas recta2



Rampa recta: Lerdo de Tejada y Benito Juárez.

Fotografía 8.- Condiciones de rampa recta3



Rampa en forma de arco: Lerdo de Tejada y Benito Juárez.

Fotografía 9.- Condiciones de rampa recta4



Rampa en forma de arco: Benito Juárez y Gómez Farías

Señalización

Las especificaciones para el paso cebra como señalización básica de uso peatonal es que en carreteras de dos o más carriles se marca por sentido de circulación y vías primarias y que en ningún caso debe de ser mayor de 4.5m para el cruce de peatones, en este caso de estudio esta señalización se encuentra en un nivel medio de calidad ya que, aunque cumple con las dimensiones correctas, el tema del mantenimiento de color y pintados ninguno de los casos observados se encuentra en buenas condiciones y en el 87% de los casos se encontraron irregularidades en el pavimento o baches.

En las siguientes fotografías (10 - 14) se observan las malas condiciones en que se encuentra el paso cebra en algunas intersecciones del área de estudio en primer lugar, la pintura de señalización está muy deteriorada o incluso ya no es visible y que en todos los casos el pavimento de cruce presenta irregularidades y baches en su transcurso, en las siguientes imágenes se observa las condiciones actuales del cruce peatonal de algunas intersecciones del área de estudio:

Fotografía 10.-Condiciones de paso Cebra1



Benito Juárez y Lerdo de Tejada

Fotografía 11.-Condiciones de paso Cebra2



José Ma Morelos y Pavón e Ignacio López Rayón

Fotografía 12.- Condiciones de paso Cebra3

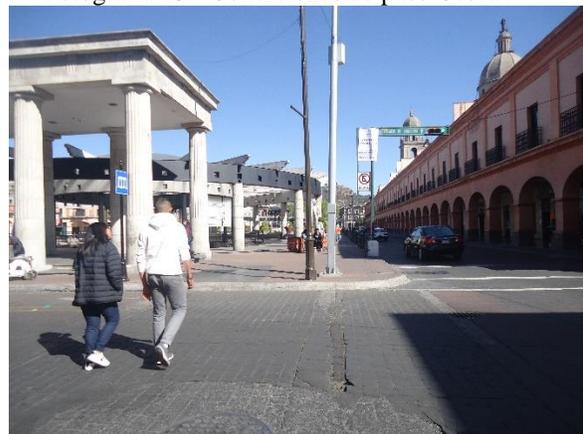


Miguel Hidalgo y Benito Juárez.
Fotografía 14.- Condiciones de paso Cebra5



José Ma. Morelos y Pavón y Benito Juárez.

Fotografía 13.- Condiciones de paso Cebra4



Nicolás Bravo e Hidalgo

Para el caso de las rayas de alto, flechas de dirección, identificación de parada de transporte público, límites de velocidad y señalización de información general es el mismo caso, de las 238 intersecciones en el 38% se registró alguna forma de este tipo de señalización y que de manera general evidencian la falta de mantenimiento (ver fotografías 15, 16 y 17).

Fotografía 15.-Flechas de dirección: Intersección José Ma Morelos y Pavón y Benito Juárez.



Fotografías 16.-Límites de velocidad, señalización de precaución e informativas en intersección Benito Juárez y Gómez Farías:



Fotografía 17.-Señalización de parada de autobús en José Ma Morelos y Motolinea

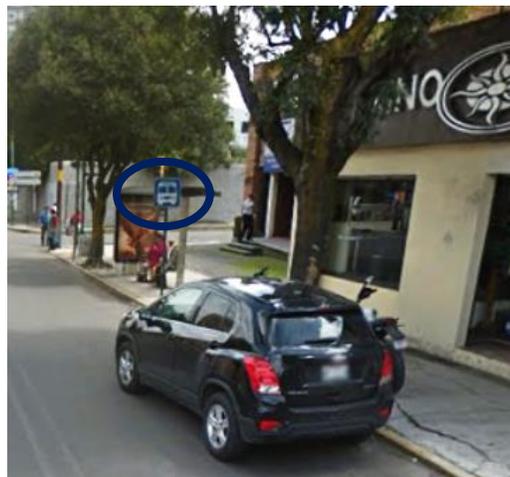
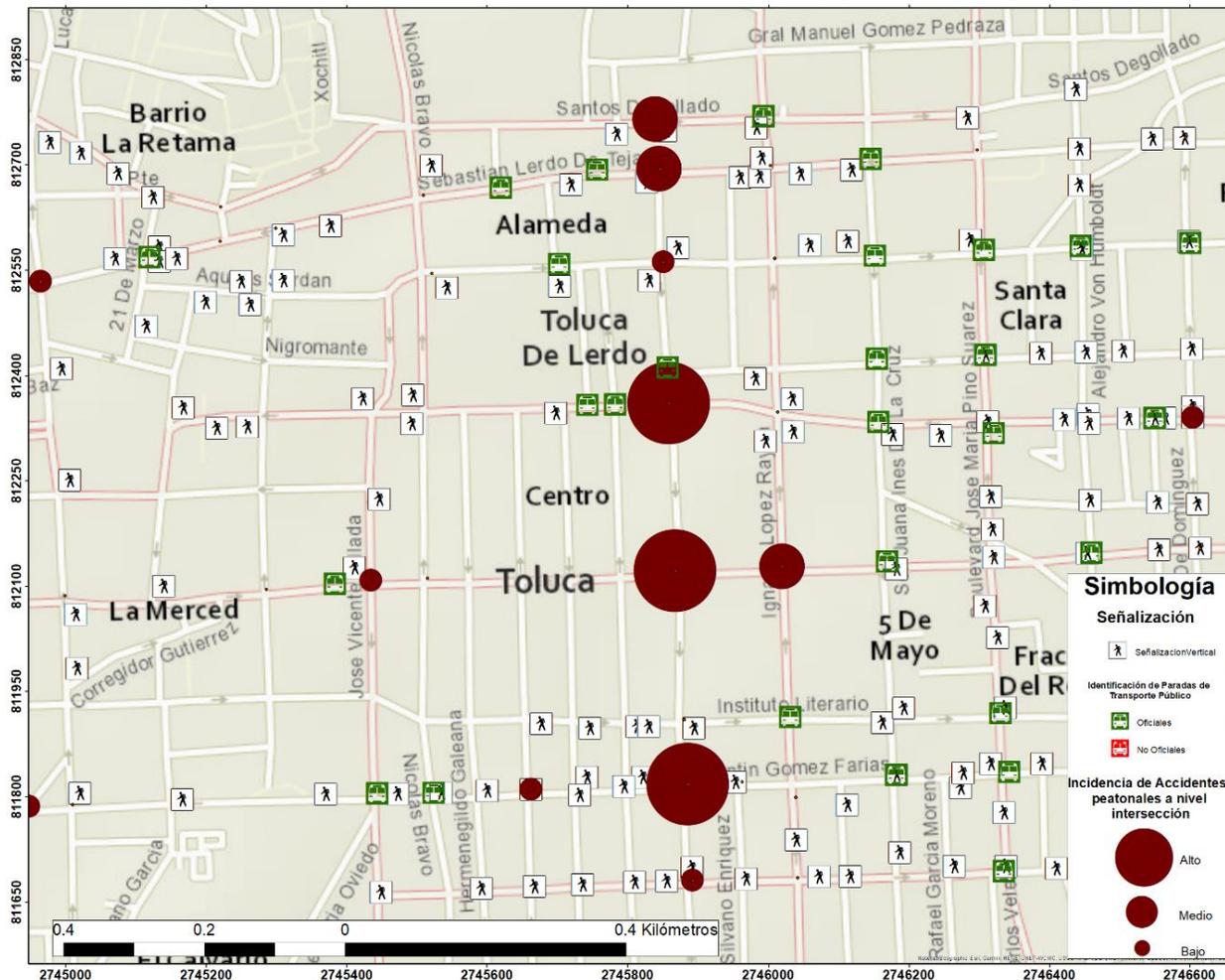


Figura 13.- Mapas de Señalización, distribución de señalización horizontal y paradas de transporte público



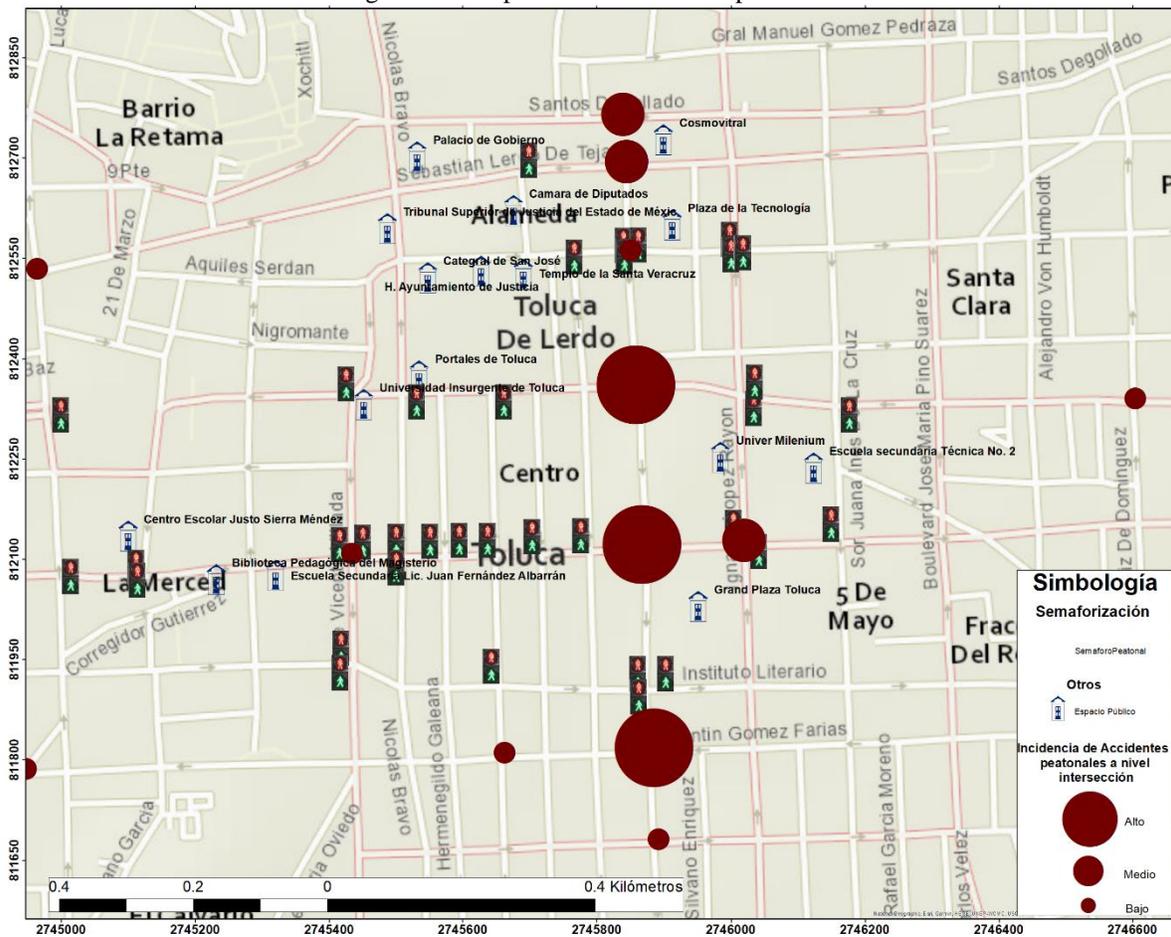
Fuente: elaboración Propia

Semaforización

Este criterio incluye como referencia la existencia de semáforo vehicular, que en el total de intersecciones han sido registrados.

La existencia de semáforo peatonal y la evaluación de sus condiciones arrojan como resultado un nivel de calidad medio, ya que de acuerdo a los parámetros de referencia todos se ubican en la banqueta opuesta a una altura mínima de 2,50m y las dimensiones de medida se encuentran dentro de los rangos correspondientes, sin embargo, el valor medio de calidad se asigna así debido a que de las 238 intersecciones que se encuentran dentro del área de estudio solo se registraron 36 semáforos peatonales, lo que representa apenas el 15% del total de intersecciones.

Figura 14.- Mapa de semaforización peatonal.



Fuente; Elaboración propia

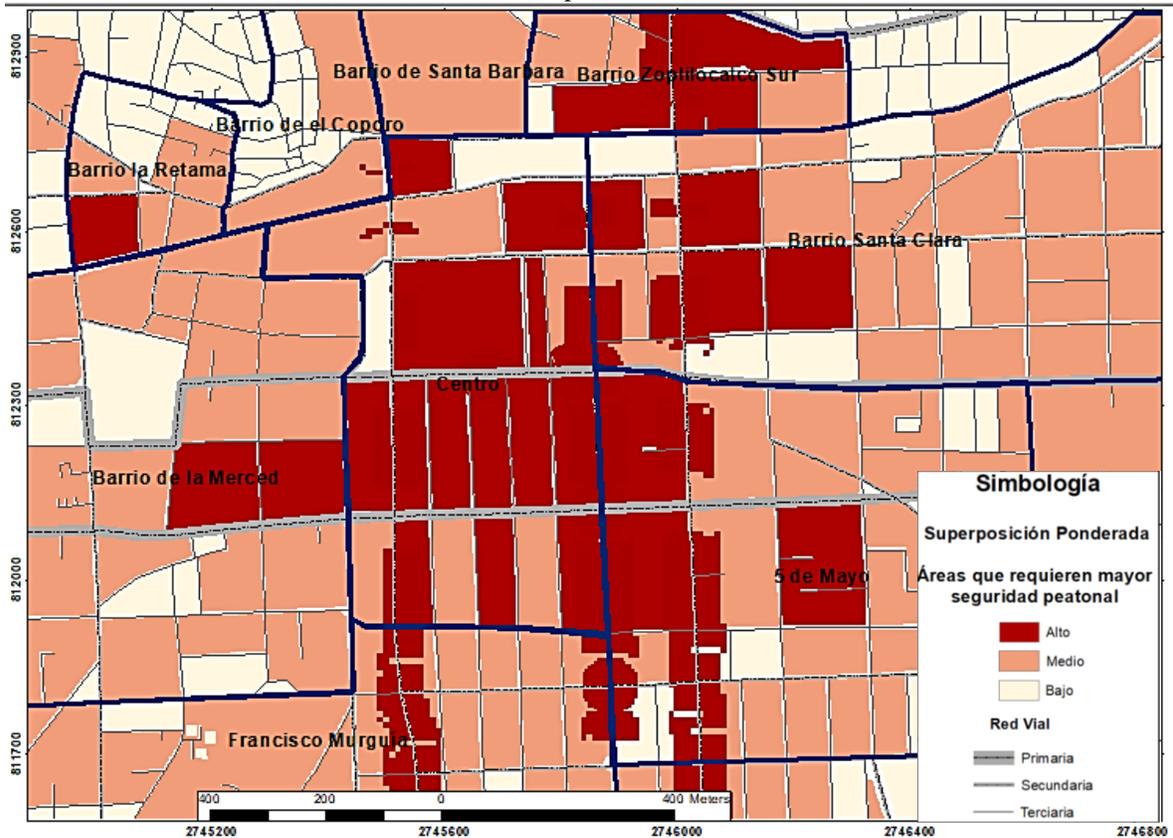
3.2.5.- Área prioritaria de Infraestructura peatonal de calidad

El mapa resultante muestra las zonas que requieren infraestructura peatonal de calidad de manera prioritaria, ya que a partir de la integración de las variables propuestas, este mapa muestra las áreas de coincidencias y se muestra en tres niveles: alta, media y baja prioridad. De tal manera que, como se observa en el mapa las zonas de mayor prioridad se encuentran localizadas en el centro de la ciudad de Toluca, donde se cubre casi en su totalidad el número de manzanas con prioridad alta, seguida por 5 de Mayo, Barrio Santa Clara y Barrio Zopilocalco Sur.

Las variables propuestas fueron consideradas por su gran relevancia con respecto al tema, sin embargo con base a estos resultados donde se han incluido dichas variables, parece evidente que las zonas de mayor prioridad coinciden de manera directa con las manzanas donde se ubica la mayor concentración de actividades económicas terciarias, por lo que a manera de conclusión se puede decir que, de la distribución de actividades económicas terciarias depende la mayor concentración de flujo peatonal y la ubicación de paradas de transporte público oficiales y no oficiales, que ante los pocos elementos de infraestructura peatonal, de mala calidad y poco mantenimiento, son las áreas que representan un riesgo constante para que la probabilidad de que el peatón sufra un accidente es mayor.

Por lo tanto, dichos resultados se convierten en una herramienta base para tomadores de decisiones, sociedades gubernamentales y privadas que trabajan en pro de la seguridad peatonal, tomen medidas pertinentes desde las empresas que prestan el servicio de transporte público, los dueños de los comercios y servicios dentro del área de prioridad, área encargada del diseño, implementación y mantenimiento de elementos de infraestructura peatonal, así como autoridades encargadas de que la movilidad peatonal se realice de manera segura por parte de peatones y conductores en la ciudad de Toluca.

Figura 15.- Mapa de zonas prioritarias para el rediseño, implementación y mantenimiento de elementos de infraestructura peatonal de calidad.



Fuentes; Elaboración propia.

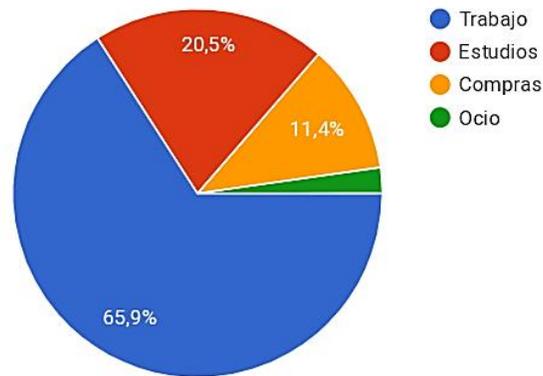
3.2.6.-Cultura Vial

Con base al cálculo del tamaño de muestra para la aplicación de encuestas, al total de población de municipio correspondiente a 873,536 hab. (INEGI, 2015) se asignó un nivel de confianza de 95% y 5% de margen de error, para lo cual se aplicó un total de 384 encuestas.

a) Desplazamiento Peatonal

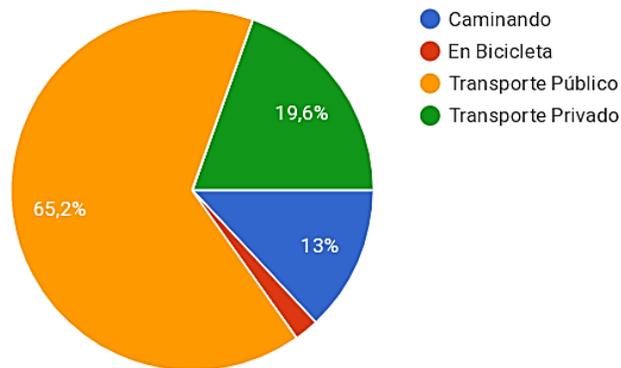
Del total de encuestados el 65.2% corresponde a hombres y 34.8 % mujeres, en general la población encuestada se encuentra dentro de un rango de 25- 42 años, siendo el principal motivo por trabajo y estudios como se muestra en la siguiente gráfica (5):

Grafica 5-Motivos de Desplazamiento



El modo de Desplazamiento se realiza principalmente por medio de transporte público (65.2%), privado (19.6%) y caminado (13%) lo que evidencia la necesidad de contar con una infraestructura peatonal de calidad, pues la demanda por parte de la mayoría de la población del municipio así lo requiere (Ver gráfica 6).

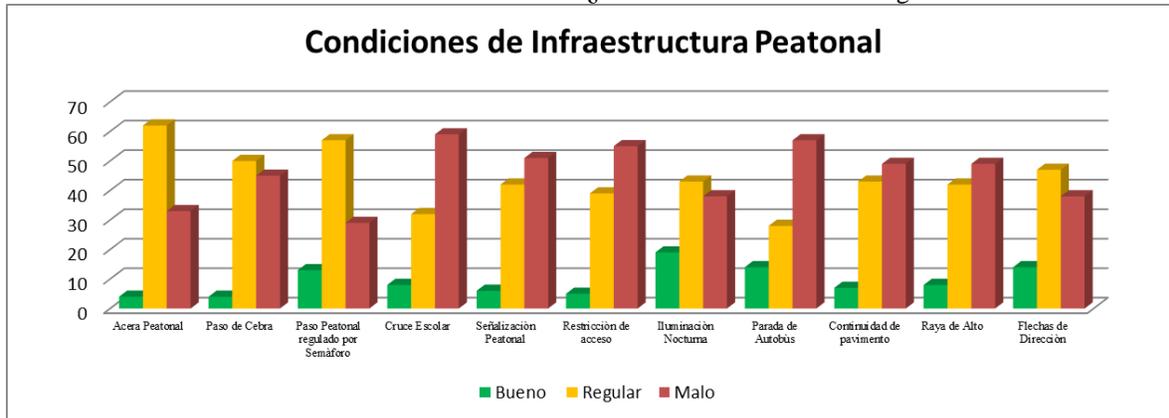
Grafica 6.- Modos de desplazamiento.



Con respecto al desplazamiento peatonal, la población considera a la infraestructura de regular a malo como se observa en la siguiente gráfica (7).

Esta variable permite identificar en primer lugar las condiciones de infraestructura peatonal, la percepción por parte de la población y comportamiento de la población ante dichas condiciones.

Gráfica 7 - En cuanto a Infraestructura Peatonal ¿Usted como considera los siguientes elementos?



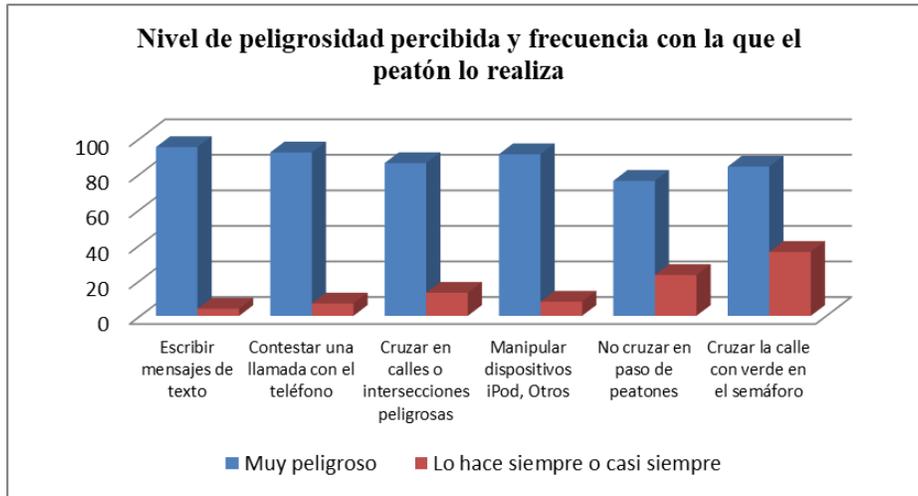
Fuente; Elaboración propia

b) Percepción de Riesgo

La percepción de riesgo por parte de la población ante comportamientos de movilidad peatonal se refleja en la gráfica (8) en la que se puede identificar que la población es consciente de las actitudes que pueden llegar a poner en riesgo su integridad ante estas situaciones y se relacionan directamente con cuestiones de cultura vial, con base a la inicial revisión literaria se retoman situaciones cotidianas que ponen en riesgo a los peatones (DGT, 2014., Jiménez, 2010., Solórzano, 2010., entre otros).

1. Escribir mensajes de Texto
2. Contestar llamada telefónica
3. Cruzar en calle o intersección peligrosa
4. Manipular dispositivos
5. Cruzar en paso peatonal
6. Cruzar la calle con verde en semáforo vehicular.

Grafica 8.- Valore en qué grado considera peligrosas las siguientes situaciones para el Peatón.



Capítulo 4.- Propuesta de Mejora de las condiciones de infraestructura peatonal y Conclusiones.

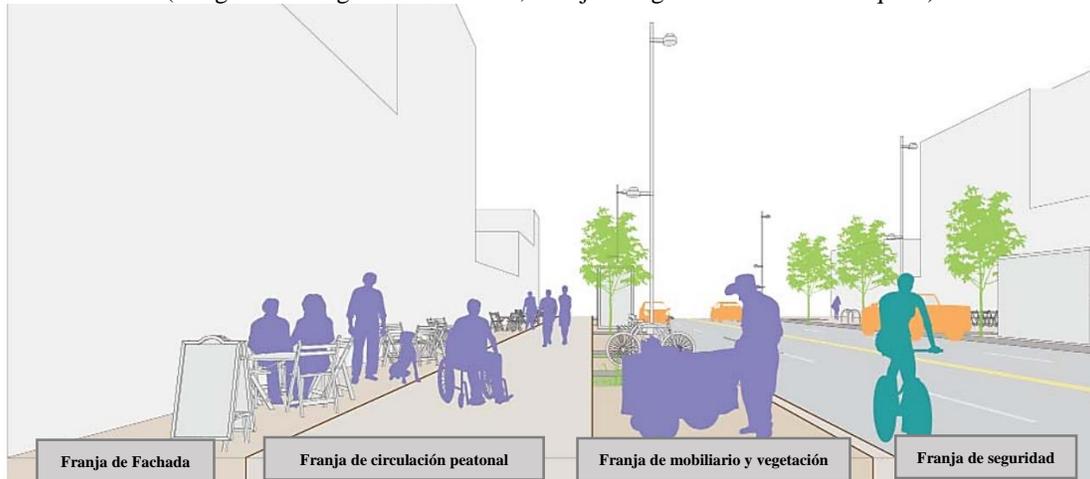
4.1.- Propuesta de Mejora

Una vez realizada la correspondiente consulta de documentos como manuales de infraestructura peatonal a nivel nacional e internacional, identificadas las zonas de mayor accidentalidad peatonal, realizado el diagnóstico de las condiciones en que se encuentra los elementos de infraestructura peatonal y su relación con las variables propuestas, se cuenta con los elementos necesarios para hacer una propuesta de mejora con el objetivo de proponer acciones específicas de acuerdo a los resultados obtenidos de cada uno de los elementos urbanos considerados del área de estudio, de tal manera que se proporcione a los usuarios equipamiento de calidad que contribuya a una movilidad peatonal segura.

Con respecto a los resultados y retomando la hipótesis de esta investigación “La incidencia de accidentes peatonales en la ciudad de Toluca se relaciona directamente con las condiciones de la infraestructura peatonal en zonas de mayor movilidad peatonal, siendo este el lugar donde el peatón corre el mayor riesgo de sufrir un accidente. Aunado a esto, la insuficiente o nula cultura vial por parte de peatones y conductores, así como la falta de homologación de normatividad en materia de infraestructura peatonal que ha venido incrementado el número de registro de accidentes peatonales” se cuenta con los elementos necesarios para proponer en primer lugar la estandarización en cuanto a diseño, dimensiones y mantenimiento de los elementos y equipamiento urbano peatonal.

Resulta necesario retomar nuevamente la imagen de referencia básica del “Manual de calles: diseño vial para ciudades mexicanas” elaborado por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) y Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2018 para los cambios propuestos.

(Imagen 1.- Imagen de referencia, Franjas longitudinales de la banqueta)



Fuente: SEDATU y BID (2018): 70.

Por tipo de usuario la banqueta corresponde al uso peatonal, es una plataforma única en la calle, callejón o faja separadoras, su dimensión en calles primarias se recomienda (> 4 m), secundarias (< 4m) y terciarias (de 3 a 4 m).

Para definir el ancho de la banqueta, se parte de los mínimos recomendados y después determinar la franja peatonal requerida con base en sus niveles de servicio y el tipo de calle del que se trate, con respecto a las dimensiones propuestas por tipo de usuarios son la siguiente tabla 9:

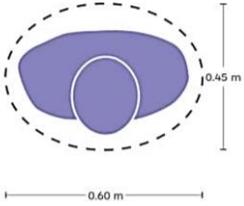
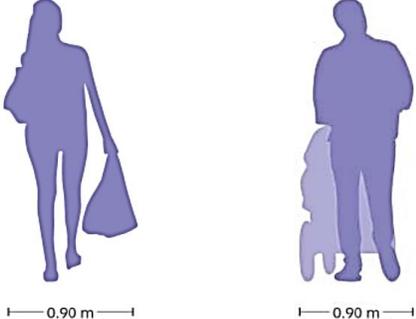
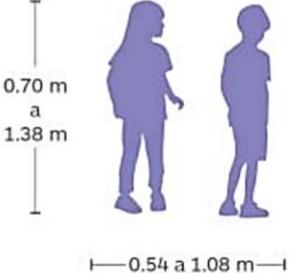
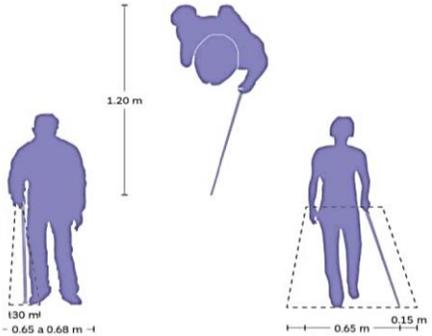
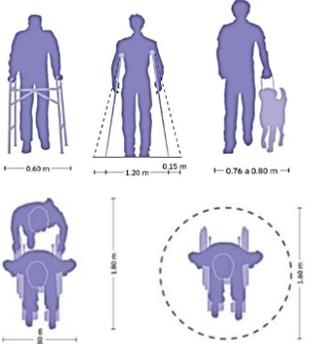
Tabla 9.- Dimensiones propuestas de acuerdo a usuarios de red vial.

| Elemento | Dimensión en metros |
|--|---------------------|
| Banqueta izquierda | 4.0 |
| Raya delimitadora de arroyo vial | 0.20 |
| Ciclovía | 2.0 |
| Raya delimitadora de carril | 0.1 |
| Buffer ciclista para apertura de puertas | 0.5 |
| Raya delimitadora de carril | 0.1 |
| Carril de estacionamiento 1 | 2.20 |
| Raya delimitadora de carril | 0.1 |
| Carril vehicular 1 | 2.6 |
| Raya delimitadora de arroyo vial | 0.2 |
| Banqueta derecha | 4.0 |
| Total | 16.0 |

Fuente; Elaboración propia con base a SEDATU y BID 2018

Para determinar el espacio de franja peatonal se debe considerar que algunos peatones tienen necesidades específicas dada su movilidad limitada, como adultos mayores, mujeres en período de gestación, personas de talla baja y niños, personas con discapacidad. Por lo tanto, se propone un diseño con base a las distintas medidas antropométricas y requerimientos funcionales, a continuación, se muestra en la tabla 10 las características de los tipos de peatones y medidas requeridas:

Tabla 10.- Medidas antropométricas para peatones

| | | |
|--|--|--|
| <p>Adultos: 60cm X 45cm</p>  | <p>Adultos con carga: 90cm</p>  | <p>Adultos con (diablito); de 1.50 a 2.5 m.</p>  |
| <p>Niños de 6 a 12 años:</p>  | <p>Personas que requieren ayuda técnica 1.20 X .65m</p>  | <p>Personas con andenes, muletas, con silla de ruedas y perro guía 1.50m</p>  |

Fuente; SEDATU y BID (2018).

Con base a la tabla anterior en zonas de alto flujo peatonal se recomienda una franja peatonal de 3,20m para que al menos dos personas sobre silla de ruedas puedan transitar paralelamente y para espacios de flujo peatonal bajo, de acuerdo con los movimientos más amplios de personas con sillas de ruedas o perros guía, se propone un espacio libre de 1,80m para hacer maniobras.

Tabla 11.- Propuesta de dimensiones banquetas.

| Ancho de banqueta (m) | Franja de circulación peatonal | Franja de mobiliario urbano (m) | Franja de guarnición (m) | Franja de fachada (m) |
|-----------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 4 | 3 | 0.65 | .35 | variable |

Fuente; Elaboración propia con base a SEDATU y BID (2018)

Los elementos a considerar para el diseño propuesto de banquetas a continuación se mencionan:

Diseño de rampas

Son planos inclinados que ayudan a librar el desnivel entre la banqueta y el arroyo vehicular brindando continuidad en la superficie. La distribución de este elemento se observa de manera homogénea dentro del área de estudio ya que en la totalidad de intersecciones se encuentra este elemento, sin embargo, la falta de mantenimiento es evidente. Para este elemento se propone la estandarización de dimensión mínima de 90cm con una pendiente suave (máximo al 6%), que estén libres obstáculos fijos y móviles, puede ser de dos tipos (ver tabla 12):

Tabla 12.- Tipos de Rampa

| Tipo | Imagen |
|--|--------|
| <p>Recta: Está contenida por guarniciones con cantos verticales. No se recomienda su uso a menos de que sea imposible instalar una rampa con abanico.</p> | |
| <p>Abanico: La pendiente inicia con dos rampas desde antes de llegar a la esquina, y se convierte en una superficie cónica al intersectarse con la otra pendiente perpendicular, los bolardos que proteger al peatón y se colocan sobre esta rampa, deben colocarse en el punto tangente al centro de la curva del radio de giro.</p> | |

Fuente; Elaboración propia con base a SEDATU y BID (2018).

Diseño de Señalización vertical

Las señales verticales son placas con elementos gráficos colocados de forma individual en postes separados o en montajes. Las señales fijas en poste o estructura deben localizarse de forma que optimicen la visibilidad nocturna, que no obstruyan la visibilidad unas a otras, o que estén ocultas por otros objetos colocados en la vía como árboles o mobiliario urbano.

La altura a la que se recomienda es:

Señales bajas: se colocan en la parte lateral de la vía a una altura libre mínima de 2.50 m sobre el nivel de la banqueta, en área urbana pueden colocarse en postes existentes respetando la altura mencionada.

Señales elevadas: se colocan encima de los carriles de circulación, la altura libre mínima de la parte inferior de la placa es de 5,50 m. (SEDATU y BID 2018).

Por el tipo de información que tienen, se clasifican en señales restrictivas, preventivas, informativas, turísticas y de servicios.

Señalización vertical preventiva:

El objetivo de las señales preventivas es llamar la atención del usuario para que adopte las medidas de precaución necesarias, se recomienda a una distancia de 40m, con color de fondo amarillo reflejante y el color para los símbolos, caracteres y fuente es negro.

El color se propone de acuerdo a la NOM-034-SCT2-2011, en la tabla 13 se muestran las señales preventivas aplicables para el peatón en el área de estudio.

Tabla 13.- Señales preventivas

| | | | | |
|--|---|--|--|---|
| Alto o ceda el paso  | Peatones o niños jugando  | Escolar  | Semáforo  |  |
|--|---|--|--|---|

Fuente; Elaboración propia con base a SEDATU y BID (2018).

Señalización vertical Restrictivas

Son tableros con símbolos y leyendas con el objetivo de informar a los usuarios de la existencia de un servicio o lugar de interés dentro de edificaciones o adyacentes a la vía, se colocan en el punto de inicio del tramo en el cual aplica la orden indicada.

El color de fondo de las señales restrictivas debe ser blanco reflejante excepto en la señal de Alto, en la cual debe ser rojo reflejante como se muestra en la tabla 14:

Tabla 14.-Señalización vertical Restrictivas

| | | | |
|--|---|--|--|
| Alto  | Ceda el paso  | Velocidad permitida  | Vuelta Obligatoria  |
| Conserve su derecha  | Doble Circulación  | Parada Suprimida  | Prohibido parar  |
| Prohibido dar vuelta  | Vía para vehículos de transporte público  | Prohibido carga y descarga  | Prohibido vehículo motorizado  |
| Prohibido el tránsito de motocicletas  | Horarios  | | |

Fuente; Elaboración propia con base a SEDATU y BID (2018).

Señalización vertical Informativas

Son tableros con símbolos y leyendas, con el objetivo de informar a los usuarios de la existencia de un servicio o lugar de interés dentro de edificaciones o adyacentes a la vía;

asimismo, informan de la existencia de sitios de interés turístico, recreativo, deportivo, histórico, artístico o de emergencia.

El color de fondo de las señales informativas turísticas y de servicios debe ser azul reflectante, mientras que para los símbolos, caracteres y filetes debe ser blanco reflejante (Ver tabla 15).

Tabla 15.- Señalización vertical Informativas

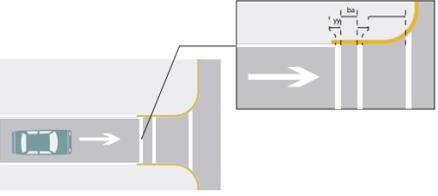
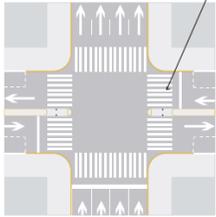
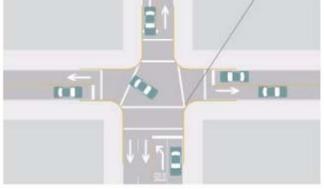
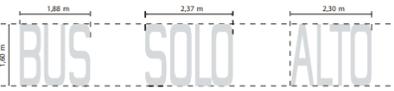
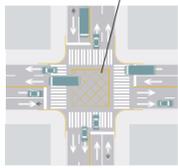
| | | | |
|--|--|---|--|
| <p>Accesibilidad</p>  | <p>Estacionamiento</p>  | <p>Área de carga y descarga</p>  | <p>Área de ascenso y descenso de pasajeros</p>  |
| <p>Parada de Autobús</p>  | <p>Sitio de taxis</p>  | <p>Parada de Autobús escolar</p>  | <p>Vía peatonal</p>  |
| <p>Horario</p>  | <p>Banderas</p>  | <p>Infamativa de orientación</p>  | <p>Diagramático</p>  |
| <p>Confirmativa Urbana</p>  | | | |

Fuente; Elaboración propia con base a SEDATU y BID (2018).

Señales horizontales

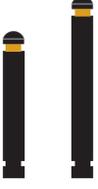
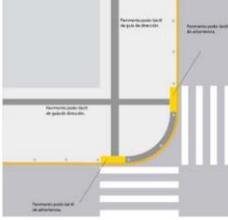
Son rayas, flechas, símbolos y leyendas que se aplican sobre la superficie de rodadura, guarniciones y obstáculos o estructuras de las vías, para regular y canalizar el tránsito de peatones y vehículos como se muestra en la tabla 16. De acuerdo a los resultados se recomienda el correcto mantenimiento ya que todas las señales horizontales están deterioradas y casi invisibles por la falta de mantenimiento.

Tabla 16.- Señales horizontales

| | | |
|---|---|--|
| <p>Raya de Alto</p>  | <p>Rayas para cruce de peatones en vías primarias y avenidas secundarias.</p>  | <p>Rayas para cruce de peatones en calles locales.</p>  |
| <p>Leyenda</p>  | <p>Identificación de vía con prioridad de uso</p>  | <p>Prohibido parar en intersección</p>  |

Fuente; Elaboración propia con base a SEDATU y BID (2018).

Tabla 17.-Otros

| | | |
|---|--|---|
| <p>Obras en vía</p>  | <p>Área peatonal</p>  | <p>Barrera de protección peatonal</p>  |
| <p>Bolardo</p>  | <p>Pavimento podo-táctil</p>  | |

Fuente; Elaboración propia con base a SEDATU y BID (2018).

SemafORIZACIÓN peatonal

Los semáforos tienen como función separar y ordenar periodos de tiempo para regular la circulación de vehículos y de peatones en cruce de intersección, debe estar colocado adosado al poste, a una altura de entre 0,80 y 1.10 m de forma paralela al sentido del cruce. (CdMx, 2016b).

Semáforo peatonal con Altavoz

Este tipo de semáforo es el recomendado ya que emite señales audibles para guiar también a los peatones con discapacidad visual durante el cruce de una intersección. El dispositivo debe colocarse sobre la cara del semáforo peatonal y estar alineada a la banqueta opuesta sobre el cruce peatonal. Se propone la ubicación de semáforo peatonal en cada una de las intersecciones del área de estudio.

Imagen 3.- Semáforo Peatonal.



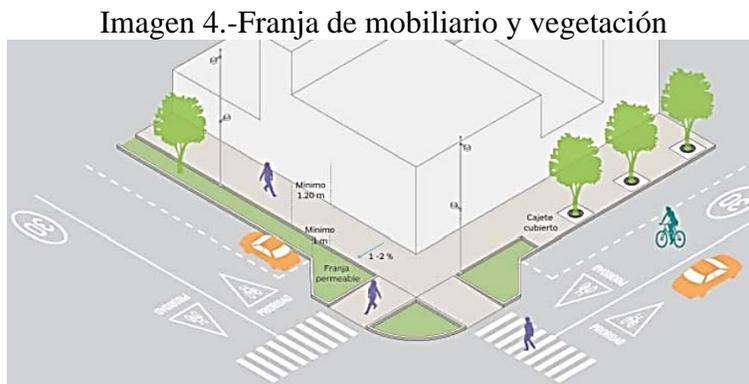
Fuente; Elaboración propia con base a SEDATU y BID (2018).

Luminarias

La implementación de iluminación en el espacio público es crucial porque también permite reforzar la sensación de seguridad, inhibir conductas delictivas y aumentar la estética y el prestigio de un sitio. La iluminación juega un papel fundamental, sobre todo en zonas de conflicto peatonal como cruces y banqueta por lo que de acuerdo a los resultados se propone cubrir en su totalidad a nivel intersección y sobre la franja de mobiliario de la banqueta con luminarias, que se encuentren en buen estado y darle mantenimiento periódicamente.

Infraestructura verde

Entre las tareas que una vía urbana tiene, se encuentra el soportar las redes técnicas, pero también dotar de sombra y masa vegetal a las ciudades y sus habitantes. Se recomienda que al diseñar o rediseñar las calles, se considere la plantación de árboles y plantas de follaje alto para la retención de aguas de lluvia (jardineras) y alcorques para la infiltración directa de las aguas de lluvia, esto en la franja de mobiliario y vegetación (ver imagen 4).



Fuente: SEDATU y BID (2018).

Posteriormente se hace una propuesta de peatonalización de dos calles de la zona de estudio, tomando como referencias los fundamentos teóricos de Fundación RACC (2008), con la finalidad de priorizar y ordenar las acciones a implementar.

- 1.-Jerarquizar el espacio público en unidades de actuación. Estas unidades se delimitan por vías de alto flujo peatonal y dispondrán de un esquema de circulación interior conjunto.
- 2.-Priorizar la ejecución de cada una de las unidades de actuación en función de criterios de seguridad peatonal, flujo peatonal, ubicación de paradas oficiales y no oficiales del transporte público, densidad de actividad terciaria y condiciones de infraestructura.
- 3.-Proceder a la realización de las actuaciones complementarias previas a la ejecución de la unidad de actuación definida, para tal caso la peatonalización de la calle Miguel Hidalgo; iniciando de José Vicente Villada hasta Ignacio López Rayón y Benito Juárez desde Independencia hasta Valentín Gómez Farías, habilitar nuevos espacios de estacionamiento, desvío de transporte público y reasignación de límites de velocidad.

4.-Realizar una campaña informativa en la que se indique, los beneficios de la implantación, el alcance de la actuación, las medidas complementarias propuestas, como afectarán a los hábitos de residentes y comerciantes, así como la duración estimada de las obras.

5.-Trabajar de manera conjunta con las estancias de educación, gubernamentales y no gubernamentales para la inclusión de asignaturas sobre educación desde niveles básicos que fomenten un comportamiento significado, uso y comportamiento de la población ante funcionamiento de elementos del sistema urbano en cuestión de movilidad peatonal.

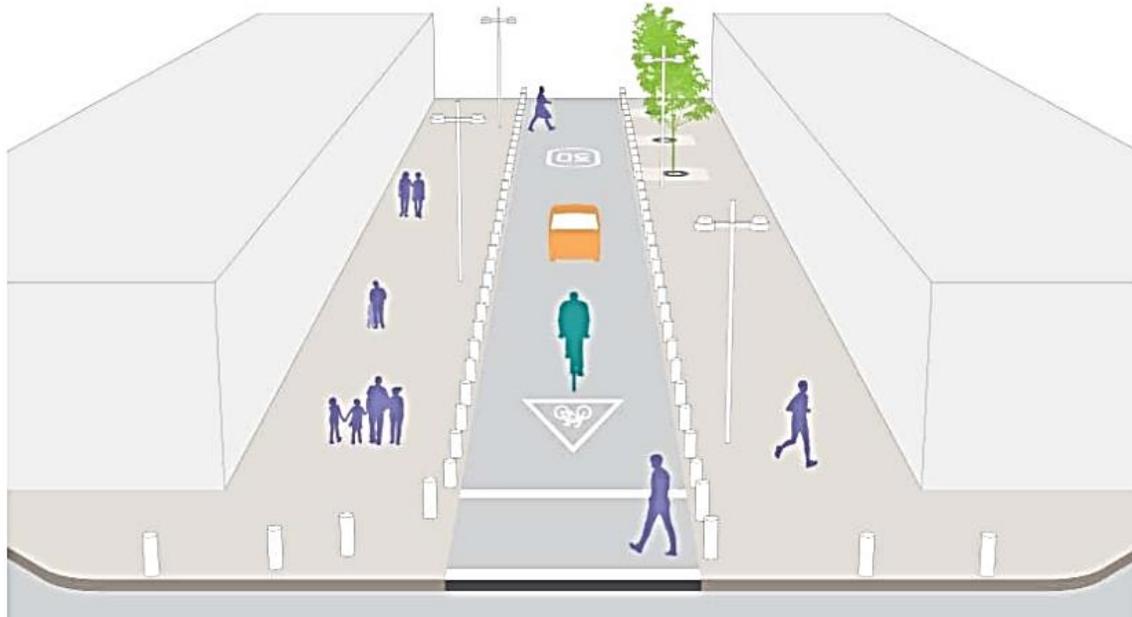
6.-Realizar campañas de difusión del proceso de aceptación e implementación de reglas y normatividad oficial con respecto a seguridad peatonal y que proporciones a la población, las herramientas de seguridad vial y consecuencias ante ciertas situaciones de movilidad urbana.

Esquema de peatonalización de calles propuesto:

Las calles Miguel Hidalgo y Benito Juárez son calles en la que de acuerdo al estudio y los resultados obtenidos es donde se ubica la mayor incidencia de accidentes peatonales, el mayor flujo peatonal, se ubican paradas oficiales como no oficiales, son zonas de mayor concentración de actividades económicas terciarias y las condiciones de infraestructura peatonal se encuentran en un nivel medio.

Son calles de un solo sentido de circulación vehicular, se componen por tres carriles y no se permite estacionar sobre la calle, se propone una plataforma única para priorizar a los peatones y ciclistas, con respecto al vehículo, este solo se permite cuando sea un uso muy necesario o incluso como invitado ya que se recomienda la reducción de carriles a solo uno y la reducción de velocidad. El diseño propuesto se muestra en la siguiente Imagen 5.

Imagen 5.- Propuesta de peatonalización



Fuente; SEDATU y BID 2018.

4.2.-Conclusiones

Con base a los resultados obtenidos y los fundamentos teóricos abordados, se concluye que la Geografía del Transporte como parte del análisis espacial se convierte parte fundamental de la investigación, ya que permite evaluar interrelaciones entre los factores que explican el funcionamiento del transporte dentro del sistema urbano, en este caso entre las condiciones de infraestructura peatonal y cultura vial con la incidencia de accidentes peatonales en la Ciudad de Toluca.

De esta manera y con el apoyo de variables (Flujo peatonal, paradas de transporte público y distribución de actividades económicas terciarias) que permiten entender de mejor manera el fenómeno de accidentalidad peatonal con respecto a las condiciones de infraestructura peatonal se logró comprobar que los sistemas de transporte constituyen un elemento fundamental para el desarrollo social y económico ya que representan la principal forma de desplazamiento de personas y bienes, ya sea en actividades cotidianas, necesarias o de recreación y que solo puede considerarse de calidad en la medida en que se efectúe de manera rápida, confiable y segura para todo tipo de usuario.

Con respecto a la percepción, en esta investigación resulta necesario incluirla ya que se refiere a la manera en como la población entiende el entorno de movilidad urbana donde desarrolla sus actividades y se relaciona directamente con el comportamiento de la población y la cultura vial tanto de peatones como de conductores, resultados que a través de la encuesta se lograron analizar.

De acuerdo con los resultados metodológicos obtenidos se concluye que se cumplió con los objetivos planteados ya que a partir del análisis espacial de las condiciones en que se encuentra actualmente la infraestructura peatonal de la Ciudad de Toluca y la propuesta de indicadores que permiten entender la importancia del peatón como parte de la dinámica urbana tomando como base de datos inicial las zonas de mayor incidencia de accidente peatonales se determinó que las condiciones de infraestructura peatonal son de baja calidad y en su mayoría requieren mantenimiento inmediato, ante dichas condiciones territoriales y físicas se hace la propuesta de un diseño de movilidad peatonal con la finalidad de brindar a los usuarios condiciones y calidad y seguridad peatonal.

Desde el enfoque de análisis espacial el estudio resulta de gran relevancia al permitir trabajar con distintas variables cualitativas y cuantitativas, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica que facilitan los procesos de análisis, la representación y el mejor entendimiento de los resultados con respecto a cada variable, la relación a su entorno y los resultados obtenidos.

Dentro de las principales aportaciones del trabajo de investigación fue que se integró un marco normativo a partir de la recopilación de documentos oficiales en materia de seguridad peatonal o que tiene alguna mención al respecto, sin embargo, se identificaron pocos documentos en comparación de los dirigidos a conductores. Aunque lo verdaderamente significativo es este punto es que se lleve el cumplimiento de las reglas y normar establecidas en documentos oficiales que contribuya a la movilidad peatonal de segura.

La propuesta metodológica se define a partir de la recopilación bibliográfica referente a seguridad peatonal y diseño de infraestructura peatonal para realizar el diagnóstico de las condiciones en las que se encuentran los elementos que la componen tomando como base los puntos de mayor incidencia de accidentes peatonales, a partir de criterios de movilidad peatonal (accesibilidad, visibilidad, diseño, señalamiento y semaforización) y principios de

movilidad peatonal o movilidad universal (uso equitativo, flexibilidad de uso, uso sencillo e intuitivo, información perceptible, tolerancia al error, esfuerzo físico reducido tamaño y espacio para acercarse y usar).

En dicha propuesta metodológica se incluyen variables que permiten identificar las intersecciones y calles de mayor necesidad de infraestructura peatonal de calidad, tales como flujo peatonal, paradas de transporte público, distribución de comercios y servicios, y cultura vial dentro del área de estudio, variables que además de brindar un panorama más amplio del entorno donde se tiene registro del mayor número de accidentes peatonales, también permite identificar zonas críticas donde el peatón es el usuario más vulnerable al no contar con espacios adecuados para su desplazamiento y estar en constante riesgo de sufrir un accidente. De esta manera el método que se utiliza para seleccionar las áreas prioritarias de infraestructura peatonal de calidad resulta relevante, ya que se trabaja con datos cualitativos resultantes de cada una de las variables propuestas y facilita además de la comprensión de las condiciones en las que se encuentran actualmente la infraestructura peatonal, también identificar perfectamente las zonas donde se requiere el rediseño de equipamiento peatonal que brinde a la población una movilidad de manera segura por el área de estudio.

Por otra parte, también se incluye de manera general la cultura vial como variable de análisis, la cual evidencia que, en el municipio, el tema es muy limitado tanto para peatones como para conductores, que si bien es cierto que de acuerdo a los resultados hace falta equipamiento peatonal, en algunos casos no cumple con las dimensiones establecida en los manuales oficiales y vigentes, no existe un programa de mantenimiento periódicamente o en algún caso que se requiera de forma inmediata y áreas de movilidad peatonal se encuentran obstruidas por obstáculos fijos y móviles que en consecuencia limitan el desplazamiento peatonal, de esta manera las malas condiciones de infraestructura peatonal en el municipio limitan las formas de desplazamiento, además de que son un motivo por el cual la población adopta comportamientos incorrectos al momento de tener la necesidad de desplazarse para obtener algún servicio o adquirir un producto dentro del área de estudio, tales como cruzar a media calle y sin precaución, tener que bajarse de la banqueta porque se encuentre con un obstáculo o por que la banqueta no tiene las dimensiones apropiadas para su correcto uso o porque le falta mantenimiento, no siempre respetar los semáforos vehiculares ni la ciclo vía,

no respetar paradas oficiales de transporte público (ni usuarios ni conductores) entre otros, son actitudes que demuestran que la población en general no cuenta con los conocimientos básicos de movilidad ni como peatones, ni como conductores, y que lamentablemente no se está haciendo nada para fomentar la concientización y difundir las normas de tránsito a los peatones, ni priorizando el tema desde ningún sector de la población.

Con base a los resultados de esta investigación se concluye que el cumplimiento de los criterios y principios de movilidad es totalmente limitado ya que no se cumple en funcionamiento, diseño ni mantenimiento los elementos que conforman la infraestructura peatonal de la ciudad de Toluca, que con respecto a diagrama de jerarquía donde se puntualiza que la prioridad que el usuarios más importante es el peatón sin embargo en la realidad de la ciudad de Toluca no es así, la ciudad está planificada de tal manera que los conductores sean los más beneficiados, por lo que resulta necesario dar la prioridad que se merece al peatón y los otros usuarios del espacio público urbano que en cuestiones de movilidad e refiere, en este caso específico es necesario enfatizar sobre un programa de peatonalización que permita el desplazamiento peatonal seguro y de calidad, con base a las zonas de mayor concentración de comercios y servicios que ya han sido identificados anteriormente, que coinciden son los puntos de mayor flujo peatonal y por ende son zonas de atracción y generadoras de viajes que demandan un mayor número de servicio de transporte público de calidad que tengan claramente establecidas rutas y paradas fuera del área peatonal.

La zona peatonal propuesta además de proporcionar beneficios a la movilidad peatonal también permite la reducción de gases contaminantes emitidos por automotores lo que a su vez trae consigo beneficios en la salud de la población al motivar que el desplazamiento por la zona sea caminando ya que son tramos cortos, con un menor flujo de contaminantes y de ruido, que si bien es cierto no era parte de los objetivos de la investigación, pero resulta importante mencionarlo.

Por lo tanto, la peatonalización como propuesta de mejora en zonas prioritarias de acuerdo a las variables empleadas tiene como finalidad ser un buen inicio para priorizar al peatón siendo el sector más vulnerable dentro de la dinámica de movilidad, a partir del diseño de espacios para solo uso peatonal que cuente con los elementos de infraestructura peatonal

correspondientes, que permitan una movilidad de calidad, segura e incluyente para todo usuario, con correcto diseño, ubicación y constante mantenimiento.

Por otra parte, resulta importante mencionar que entre las limitantes que se presentaron para realizar esta investigación fue la falta de información inicial sobre la incidencia de accidentes peatonales, que si bien es cierto solo se requieren los datos estadísticos para no perjudicar la confidencialidad de los mismos, es muy limitada e incompleta. Por lo que se recomienda a instancias correspondientes permitan el acceso a datos estadísticos y que se proporcione de manera completa con los límites de restricción necesarios.

Con respecto a los resultados del diagnóstico de las condiciones en la que se encuentra la infraestructura peatonal en la ciudad de Toluca y las referencias sobre estudios de la misma temática, reflejan la necesidad de seguir haciendo estudios que sirvan como base practica para el correcto diseño y planeación de infraestructura vial en general, donde a cada uno de los usuarios se les reconozca su prioridad y además se lleve a cabo bajo documentos oficiales que indiquen exactamente la ubicación, formas, dimensiones y periodos de mantenimiento de infraestructura peatonal, con el objetivo de proporcionar espacios seguros y de calidad al peatón.

Bibliografía

- Aché Aché, D. (2010). La síntesis en geografía. Terra Nueva Etapa, XXVI (40), 71-98.
- Aguilar-Barojas, Saraí (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud en Tabasco, vol. 11, núm. 1-2. Secretaría de Salud del Estado de Tabasco Villahermosa, México
- Ayuntamiento de Sevilla. (2007). Plan Especial de indicadores de sostenibilidad ambiental de la actividad urbanística de Sevilla. España: España.
- Banco Mundial (2016). Plan de movilidad y espacio público de Cusco. Cusco: Banco Mundial, Gobierno Municipal de Cusco, Unesco. Disponible en: <http://pubdocs.worldbank.org/en/470011522169269018/pdf/Revista-Ed-3-Cusco-2025.pdf>
- Batty, Michael and Longley, Paul (1994) Fractal Cities, London: Academic Press.
- Bando Municipal Toluca 2018, H. Municipal (2016-2108). Gaceta Municipal.
- Beantancourt Higadera Felipe C. Una perspectiva estructural funcionalista del estado de derecho y la seguridad publica en México, Universidad Nacional de México – Instituto de Investigaciones Juridicas, 2017.
- Brandao R, Diez E., Taddia A., De la Peña Mendoza S., Banco Interamericano de Desarrollo (BID). De la Peña E. Asociación Española de la Carretera (AEC). Diagnóstico de Seguridad Vial en América Latina y El Caribe: 2005 – 2009.
- Benejam, P. (coord.) (1998): Psicopedagogia de las ciencias sociales, Barcelona: OUC.
- Buzai, G.D. 2010. Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica: sus cinco conceptos fundamentales. (Capítulo 7). Buzai, G.D. (Ed.) Geografía y Sistemas de Información Geográfica. Aspectos conceptuales y aplicaciones. Universidad Nacional de Luján – GESIG. Luján. pp. 163-195.
- Cafiso, S., García, A., Cavarra, R., y Rojas, M. (2010). Pedestrian crossing safety improvements: Before and after study using traffic conflict techniques. En 4th

International Symposium on Highway Geometric Design Polytechnic University of Valencia Transportation Research Board, 2-5.

- Carlos Domínguez. (2012). Accidentes viales: un problema para el presente y el futuro de México. 2012, de Instituto Mora Revista BiCentenario #17 Sitio web: <http://revistabicentenario.com.mx/index.php/archivos/accidentes-viales-un-problema-para-el-presente-y-el-futuro-de-mexico/>
- Carta Mexicana de los Derechos del Peatón Emanada del 1° Congreso Nacional de Peatones de la Liga Peatonal México, 11 de agosto de 2014.
- Carter, D., Hunter, W., Zegeer, C., Stewart, J., y Huang, H. (2006). Pedestrian and bicyclist intersection safety indices (No. FHWA-HRT-06-125)
- Centro de Transporte Sustentable México, ha realizado el “*Manual de Desarrollo Orientado al Traspotes Sustentable 2002 - 2009*” (DOTS), 2010.
- Cerquera Escobar F.A.2013, Análisis espacial de los accidentes de tráfico en Bogotá D.C. Fundamentos de investigación.
- Comisión Estatal de Seguridad Ciudadana del Estado de México, 2014.
- CONASET Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, (2011). Análisis de la distribución espacial de los accidentes de tránsito y sus víctimas en el Gran Santiago. Diagnóstico 2002-2010. Chile: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, Gobierno de Chile. Disponible en: http://paritario.utralca.cl/docs/MESA_B_PONENCIAS/B_19_Accidentes_Transito_Santiago_o_Romanette_Soto.pdf, consultado el 13 de abril de 2017.
- CTSEMBARQ, 2000.
- CST 2008, Oficina de Educación Vial de la Secretaria de Comunicaciones y transporte.
- Decenio de acción para la seguridad vial 2011–2020 salvemos millones de vidas. Segundo encuentro iberoamericano y del caribe para la seguridad vial. Dr. Philippe lamy, ops/oms)
- Davis GA. Relating severity of pedestrian injury to impact speed in vehicle pedestrian crashes. Transportation Research Record, 2001, 1773: 108–113

- Del Caz Rosario, Rodrigo Mario, Saravia Manuel (2005). Por una movilidad igualitaria y sostenible, Informe de Valladolid, Valladolid, España. Universidad de Valladolid.
- Departamento de seguridad pública y transporte del Estado de México, 2005.
- Dirección General de Tráfico (DGT), 2014. El Peatón. Madrid: Ministerio del Interior. Disponible en: http://www.dgt.es/PEVI/documentos/catalogo_recursos/didacticos/did_adultas/peatones.pdf
- Flores López, María Elena Zochilt (2013) “Dinámica de las actividades terciarias en el Centro Tradicional de Negocios del Área Metropolitana de Toluca: ¿Auge, decadencia o equilibrio?” Colegio Mexiquense.
- Garrocho, Calos y Flores Zochitl, (2009), “Delimitación del Centro del Área Metropolitana de Toluca” en Papeles de Población. Vol. 15, No. 61, Julio – septiembre 2009, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Geotecnología en Infraestructura Transporte y Sustentabilidad, Instituto de Geografía de la UNAM, (GITS, 2018).
- H. Ayuntamiento de Metepec, 2008.
- Harvey, D.: Explanation in Geography. London, E. Arnold, 1969, 521 pp. Existe traducción castellana, con el título de Teorías, leyes y modelos en geografía. Madrid, Alianza Editorial, 1983, 499 pp.
- Hering, A. S., Bell, C. L., & Genton, M. G. (2008). Modeling spatio-temporal wildfire ignition point patterns. Environmental and Ecological Statistics, 16(2), 225-250. doi: 10.1007/s10651-007-0080-6
- Hernández Diego, Celia, Reseña de "La naturaleza del espacio" de Milton Santos. Economía, Sociedad y Territorio [en línea] 2001, III (Julio-Diciembre): [Fecha de consulta: 22 de febrero de 2019] Disponible en: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11101008>> ISSN 1405-8421
- Hernández- Vásquez, Akram; Diego Azañedo; Guido Bendezú-Quispe; Josmel Pacheco-Mendoza y Martín Chaparro, (2016). “Sistemas de información geográfica: aplicación práctica para el estudio de atropellos en el Cercado de Lima, Perú”. Revista

- Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública. 33, 4. (725- 731). Lima, Perú: Universidad pública de provincia de Perú. ISSN: 1726-4642.
- Hidalgo Solorzazno, Elisa, 2010. Motivos de Uno y No uso de puentes peatonales en la Ciudad de México, la Perspectiva de los Peatones. Salud Pública México. Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca Morelos, México.
 - INEGI 2005.
 - INEGI 2016, Síntesis metodológica de la estadística de accidentes de tránsito terrestre en zonas urbanas y suburbanas
 - Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013. Apoyo al decenio de acción. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2013.
 - Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial. Es hora de pasar a la acción. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2009.
 - Instituto Mexicano de Transporte, Secretaria de Comunicaciones y Transportes, “Los Sistemas de Información Geográfica y el Transporte”, Publicación Técnica No. 32, Querétaro, Qro. 1992.
 - Instituto Tecnológico de Monterrey, 1992.
 - Ingas. María Alejandra Ferreyra y Liliana Marta Zeoli de la Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, de la Universidad Nacional de Rosario. Mayo 2015.
 - Jiménez Romero Diana, 2010. Comportamiento Peatona, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Civil.
 - Luchemos por la Vida 2016 - Asociación Civil, Bogotá 2348 P.B. "A" C1406GBR Buenos Aires, Argentina.
 - Lynch, Kevin. (1960). La imagen de la ciudad. 4^oed. Barcelona. Barcelona: Gustavo Gili.
 - Lynch, Kevin, Tridib Banerjee, Michael Southworth. *City sense and city design: writings and projects of Kevin Lynch*. Boston, Mass. EE.UU: MIT Press, 1996
 - María del Pilar Camacho. (2010). Caracterización espacio-temporal Caracterización espacio-temporal Caracterización espacio-temporal y determinación de los patrones territoriales y determinación de los patrones territoriales de alta concentración de la

accidentalidad de alta concentración de la accidentalidad en la vía Tunja-Moniquirá en la vía Tunja-Moniquirá. 2010, de Perspectiva Geográfica.

- Medina Ramírez, Salvador y Veloz Rosas Jimena, Planes Integrales de Movilidad Lineamientos para una movilidad urbana sustentable, Más allá del Auto, ITDP, Embajada británica en México, Centro Eure, 2012.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Manual de Vialidad Urbana (MINVU, 2009, Gobierno de Chile.
- Martínez Márquez Alejandro, “Control de Transito Urbano” Ed. LIMUSA, México 1979.
- Miller S. Jonh, “Geographic Information Systems; Unique Analytic Capabilities for the traffic Safety Community”, Transportation Research Record 1734, 2000.
- Molinero Ángel - Ignacio Sánchez Arellano (2019). Transporte Público: Planeación, Diseño, Operación y Administración. Fundación ICA.
- Murphy, Raymon E. y Vance J. E. Jr (1954). “Delimiting the CBD”, Economic Geography, Vol. 30
- Nikos A. Salingaros (1995) “The laws of Architecure from a Physiccis´ s Perspetive”, Physicis. Essays (Vol. 8).
- OMS, FIA (2013). Seguridad peatonal: manual de seguridad vial para instancias decisorias y profesionales.
- OMS (2015), Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2015, Manejo de Enfermedades No Transmisibles, Discapacidad, Violencia y Prevención de Lesiones (NVI), Glinebra, Siuza.
- OMS (2013). Seguridad peatonal: manual de seguridad vial para instancias decisorias y profesionales
- Oviedo Sotelo, Daniel (20 de febrero de 2019). «Educación vial: concepto e importancia global». Universitaria 2 (11): 20-21. ISSN 2594-004X. Consultado el 7 de marzo de 2019.
- Peden M (2004), Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito. Ginebra, Organización Mundial de la Salud

http://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/world_report/summary_es.pdf

- Pérez Mendoza, S. y Pujol Mesalles, R. (Eds. 2003). Desafíos de los centros de las ciudades mesoamericanas. Los casos de tres metrópolis. San José: Flasco, Costa Rica.
- Pérez Salvador; Pujol Rosendo y Polese Mario (2003) “¿Son Importantes los centros de las Ciudades?” en Desafíos de los Centros de las Ciudades Mesoamérica: los casos de tres metrópolis, Salvador Pérez Mendoza y Rosendo Pujol Mesalles, Flasco, San José de Costa Rica.
- Potrykowski, Marek, Taylor, Zbigniew. (1984). Geografía del Transporte, Editorial Ariel, Barcelona.
- Prada, Esteban (2005) “Guía práctica de la movilidad peatonal” Instituto de Desarrollo Urbano, alcaldía mayor Santa Fe Bogotá: Bogotá
- Reglamento Estatal de Transito 2015, publicado en la “Gaceta del Gobierno” el 24 de noviembre de 2015.
- Reglamento de Tránsito del Distrito Federal, publicado en la Gaceta Oficial del Distrito Federal, el 17 de agosto de 2015.
- Repositorio Institucional Cartográfico y Estadístico, 2015. Universidad Autónoma del Estado de México. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/58174>
- Reséndiz López, H. D. (2003). Georeferenciación de puentes peatonales en Ciudad de México y su relación con peatones atropellados. Distrito Federal, México: Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: http://www.institutoivia.com/cisevponencias/analisis_accidentes_aa/Hector_Resendiz.pdf, consultado el 21 de agosto de 2016.
- Reséndiz, H., Chías, L. y Martínez, A. (2014). “Avances en el análisis espacial de los accidentes de tránsito en los entornos urbanos. IV Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial, disponible en <http://87.98.229.209/~ivcisev/ponencias/comunicaciones/Jueves/Area1/Avances%20en%20el%20analisis%20espacial%20de%20los%20accidentes%20en%20entornos%20urbanos-Hector%20Daniel%20Resendiz.pdf>
- Robertson, Kent,A,. (1995) Pedestrian strategies for downtown planners; skywalks versus pedestrian mall, Journal of the American planning Association, Vol.59, No.3

- Rojo, Eduardo (2010), Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), España.
- Rojas Salazar, T. (2007). Los aportes de Kant a la geografía. Terra Nueva Etapa, XXIII (34), 11-33
- Ryus P (2011), Highway capacity manual 2010. Washington, DC, Transportation Research Board, 2011.
- Salve VIDAS – Paquete de medidas técnicas sobre seguridad vial [Save LIVES - A road safety policy package]. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2017. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
- Salingaros, Nikos. (2005). Teoría de la Red Urbana, Análisis estratégico de mejoras a la circulación peatonal. Chile: CITRA.
- SEDATU (2018), “Manual de calles: diseño vial para ciudades mexicanas” Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano, y el Banco Interamericano de Desarrollo
- SECTRA: Secretaria de Planificación de Transporte de Chile, 2012.
- Silverman, B.W. (1986): Density estimation for statistics and data analysis, Londres, Chapman and Hall.
- Sobrino Jaime (2008) Insuficiencia y dualidad en la tercerización del Estado de México, 1980 -2003. Ponencia presentada en el Seminario “Una visión comprensiva de la distribución total del sector servicios en México”, El Colegio de México, Ciudad de México. Agosto 21-22, 2008, En www.colmex.mx/eventos/cedua/ponencias/XIII.pdf
- Somarribas Chavarría, L. (1). Hacia una geografía de redes: un nuevo paradigma de análisis espacial alternativo al enfoque regional. Revista Geográfica De América Central
- Speed management, (2008) “a road safety manual for decision-makers and practitioners” Ginebra, Alianza Mundial para la Seguridad Vial.
- Suárez, H, Verano, D. y García, A. (2016). La movilidad urbana sostenible y su incidencia en el desarrollo turístico. Revista Gestión y Ambiente, volumen 19 (1): 48-62 junio de 2016. Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/2670/cf3f31b163c45e78585945e8c39e52b25ca2.pdf>

- Transconsult, 2013, Formulación y Adopción del Plan de Movilidad para el Municipio de Palmira, Informe de Diagnostico Municipio de Palmira Palmira, Octubre De 2013.
- Valenzuela, L. M. y Talavera, R. (2015). Entornos de movilidad peatonal: una revisión de enfoques, factores y condicionantes. Revista EURE [online], vol.41, n.123. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0250-71612015000300001&script=sci_arttext&tlng=en
- Vara Muñoz José Luis (2009) Cinco décadas de Geografía de la percepción, Universidad Autónoma de Madrid.
- Vásquez y Mendoza 2001, Introducción a la Geografía. Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Filosofía y Letras, Departamento de Geografía.
- Venemedia 2014. Definiciones de pedagogía.
- Vilà Valentí, J. (1983) Introducción al estudio teórico de la Geografía. Ed. Ariel, Barcelona, 337pgs
- Yeannes, Mariana (2010), La revalorización del espacio público a partir de las condiciones de accesibilidad peatonal. Un estudio sobre barreras arquitectónicas en la ciudad de Mar del Plata, Facultad de Arquitectura Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de Mar del Plata / Centro de Estudios de Diseño (CED).