



Facultad de Ciencias Técnicas
Departamento de Construcciones

**MÉTODOS PARA EL DIAGNÓSTICO Y PROCESAMIENTO
DE INFORMACIÓN EN ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE
TRÁNSITO EN LA ZONA PRIORIZADA PARA LA
CONSERVACIÓN DEL CENTRO HISTÓRICO DE LA
CIUDAD DE MATANZAS.**

Trabajo de Diploma en Ingeniería Civil

Autor: Edel Martel Delgado.

Tutores: Ing. Orlando Santos Pérez.

Ing. Homero Morciego Esquivel.

Matanzas, 2018

PENSAMIENTO

“El principal deber de la ciudad, su razón de ser en cierta manera, es el ser accesible a su entorno inmediato o lejano con el fin de cumplir con su vocación de lugar de intercambio privilegiado”.

Labasse.

DEDICATORIA

Primeramente, dedico este trabajo de diploma a mi niño Victor Daniel Martel Avila por regalarme cada una de sus sonrisas, a mi esposa Celia Avila Restoy por regalarme su cariño y amor.

A mi madre querida ya que gracias a su apoyo he visto cada uno de mis sueños realizados y cada una de mis metas cumplidas.

A mi papá que de una forma u otra siempre ha estado a mi lado en los momentos buenos y malos.

A mis dos magníficos tíos Nelson y Pedro Luis que además de ser mis amigos los quiero como padres ya que me han enseñado a superarme en la vida y a convertirme en el hombre que soy hoy en día.

Y en especial a mis abuelos que me han cuidado por tantos años y que, aunque dos de ellos no estén físicamente a mi lado, los llevo siempre en mi corazón y sé que donde quiera que estén siempre estarán orgullosos de mí.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios por bendecirme en cada momento de mi vida.

A mis dos magníficos tutores, el Ing. Orlando Santos Pérez y el Ing. Homero Morciego Esquivel por guiarme durante la realización de este trabajo de diploma.

A toda mi familia en general ya que de una forma u otra me han apoyado durante cada momento de mi vida como estudiante.

A cada uno de mis amigos que han estado a mi lado en la buenas y malas durante estos cinco años de vida universitaria.

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, Edel Martel Delgado, declaro que soy el único autor del presente Trabajo de Diploma y, en tal calidad, autorizo a la Universidad de Matanzas a emplearlo como material de consulta.

NOTA DE ACEPTACIÓN

Miembros del Tribunal:

Presidente

Secretario

Vocal

RESUMEN

La presente investigación titulada: “Métodos para el diagnóstico y procesamiento de información en estudios de Ingeniería de Tránsito” tiene como propósito principal desarrollar un compendio de métodos de diagnóstico y procesamiento de datos que doten a los Organismos de la Administración Central del Estado (OACEs) de una herramienta científica de apoyo a la toma de decisiones en estudios de Ingeniería de Tránsito vinculados a la Zona Priorizada para la Conservación del Centro Histórico de la ciudad de Matanzas. Se definen conceptos claves como accesibilidad y movilidad en centros urbanos. La investigación está basada en una recopilación de métodos para estudios de Ingeniería de Tránsito dirigidos a la caracterización de los elementos del sistema vial que inciden de forma directa en la accesibilidad y movilidad urbana, tales como flujos vehiculares, flujos peatonales, infraestructura vial, infraestructura peatonal, dispositivos de control y estacionamientos. El resultado principal de la investigación es la selección de los métodos que más se adecuan a las condiciones actuales del país en cuanto a disponibilidad tecnológica, y de recursos humanos capacitados a los efectos.

Palabras claves: accesibilidad, movilidad, estudios de ingeniería de tránsito, diagnóstico, procesamiento de información.

ABSTRACT

The present research entitled: "Methods for the diagnosis and processing of information in Traffic Engineering studies" has as its main purpose to develop a compendium of diagnostic methods and data processing that endow the Organisms of the Central State Administration (OACEs) of a scientific tool to support decision making in Traffic Engineering studies linked to the Priority Zone for the Conservation of the Historical Center of Matanzas City. Key concepts are defined as accessibility and mobility in urban centers. The research is based on a collection of methods for Traffic Engineering studies aimed at the characterization of road system elements that directly affect accessibility and urban mobility, such as vehicular flows, pedestrian flows, road infrastructure, pedestrian infrastructure, control devices and parking. The main result of the research is the selection of the methods that best suit the current conditions of the country in terms of technological availability, and of human resources trained for this purpose.

Keywords: accessibility, mobility, traffic engineering studies, diagnosis, information processing.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Capítulo 1. Estado del arte y la práctica de los estudios de Ingeniería de TRÁNSITO A nivel nacional e internacional.	6
1.1- Ingeniería de Tránsito. Términos y definiciones.....	6
1.2- Estudios de Ingeniería de Tránsito.	7
1.2.1- Clasificación de acuerdo a los factores del tránsito.	8
1.2.2- Normativas cubanas y extranjeras a los efectos.....	10
1.3- Accesibilidad y movilidad. Términos y definiciones.	13
1.3.1- Elementos que inciden en la accesibilidad y movilidad.	18
1.3.2- El tratamiento a la accesibilidad y movilidad en centros históricos. Experiencias nacionales e internacionales.	19
Capítulo 2 Materiales y métodos	21
2.1- Métodos para el diagnóstico u obtención de la información.....	22
2.1.1- Diagnóstico de flujos vehiculares.	22
2.1.2- Diagnóstico de flujos peatonales.	26
Estudios de origen destino.	28
2.1.3- Diagnóstico de infraestructura vial.	29
2.1.4- Diagnóstico de infraestructura peatonal.....	33
2.1.5- Diagnóstico de dispositivos de control.	36
2.1.6- Diagnóstico de estacionamientos.	38
2.2- Análisis estadístico para el procesamiento de datos provenientes del diagnóstico.	47
2.3- Métodos para el procesamiento de datos provenientes del diagnóstico.....	53
2.3.1- Procesamiento de datos de flujos vehiculares.....	53
2.3.2- Procesamiento de datos de flujos peatonales.	58
2.3.3- Procesamiento de datos de infraestructura vial.....	61
2.3.4- Procesamiento de datos de infraestructura peatonal.	64
2.3.5- Procesamiento de datos de dispositivos de control.....	70
2.3.6- Procesamiento de datos de estacionamientos.	74
2.4- Resultado de la investigación.....	75
2.5- Contribución de los estudios de Ingeniería de Tránsito a la construcción del Cuadro de Mando Integral para el control de gestión de accesibilidad y movilidad en el centro histórico de la ciudad de Matanzas.	76
2.5.1- El Cuadro de Mando Integral (CMI) como herramienta para el control de la gestión de accesibilidad y movilidad.	76
Conclusiones	78
Recomendaciones	79
Referencias Bibliográficas	80
Anexos	84

INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios el hombre sintió la necesidad de vivir en conjunto para poder subsistir por lo que se fueron formando comunidades urbanas. La dinámica de crecimiento de las aglomeraciones urbanas dio vida a las ciudades y con ello a la evolución de las calles y caminos, y, por lo tanto, a la evolución del transporte. El desarrollo regional y urbano, armónico y equilibrado, constituye una pieza esencial para la modernización del país y para elevar el nivel de vida de la población.

Con el crecimiento de las ciudades en Europa y en EUA a mediados del siglo xix el tránsito de vehículos de tracción animal era intenso y con la participación del ferrocarril a través de los tranvías surge la “congestión del tránsito” mitigada por la incipiente regulación del mismo. En el siglo xx aparece el “vehículo automotor” que se le veía como un artefacto extraño deportivo de lujo, pero evolucionó hasta convertirse en un medio útil y práctico(Sosa 2011, M. 2015).

En los últimos años, especialmente desde principios de los años noventa, el aumento de la demanda de transporte y del tránsito vial ha causado, particularmente en las ciudades grandes, más congestión, demoras, accidentes y problemas ambientales, complejizándose así los movimientos de personas y mercancías. Por lo que se hizo necesaria una buena gestión de la demanda, que no es más que el uso inteligente del espacio destinado al automóvil y mejora de las alternativas del transporte autónomo. Para así lograr una relación positiva entre accesibilidad y movilidad sostenible, como expresiones del funcionamiento vial. El intenso proceso de urbanización de las sociedades en las últimas décadas deja en evidencia la necesidad de cuidar las ciudades para que sus espacios ofrezcan una buena calidad de vida, lo cual incluye condiciones adecuadas de movilidad de personas y mercancías, así como la accesibilidad para las mismas(Ian Thomson 2002).

La ciudad se conoce y se reconoce por sus centros. Toda la ciudad es histórica, es el espacio que contiene el tiempo. Cada una de las partes o zonas de la ciudad tiene un patrimonio, de tramas y edificios, de vacíos y recorridos, de monumentos y de signos, que son referentes con identidad propia que deben en parte ser conservados y reconvertidos, para contribuir tanto a guardar la memoria como a impulsar la evolución

de la ciudad. Solamente así la ciudad será a la vez atractiva e integradora. Pero donde la ciudad se juega especialmente su presente y su futuro es en los centros.(Borja 2000)

Por la existencia de lo antes expuesto es que surge la necesidad de desarrollar metodologías para describir el comportamiento o funcionamiento de la vialidad urbana como componente del sistema que constituye la ZPCCH. Lo expuesto anteriormente refleja como **Situación Problemática** la necesidad de crear un compendio que aborde los métodos para el diagnóstico de los elementos incidentes en la accesibilidad y movilidad de la ZPCCH de la ciudad de Matanzas, que sirva de herramienta a los Organismos de la Administración Central del Estado para la toma de decisiones. Se define como **Problema Científico**: ¿Cómo contribuir a la mejora de la gestión de accesibilidad y movilidad en la ZPCCH de la ciudad de Matanzas a partir del empleo de métodos efectivos para el diagnóstico de los elementos que componen la vialidad? El **objeto de estudio** está definido como la accesibilidad y movilidad en Centros Históricos; y como **campo de acción** los métodos de diagnóstico de elementos que componen la vialidad de la ZPCCH de la ciudad de Matanzas. El **Objetivo general** de la investigación es identificar los métodos de diagnóstico de los elementos componentes de la vialidad que inciden en la accesibilidad y movilidad de la ZPCCH de la ciudad de Matanzas, teniendo en cuenta las condiciones reales de disponibilidad tecnológica existentes en el país. Se plantea además como **hipótesis** que, si se crea un compendio de métodos para mejorar la accesibilidad y movilidad de la ZPCCH de la ciudad de Matanzas, se dotará a los OACEs de una valiosa herramienta para la toma de decisiones. Se define como **variable independiente** los métodos de diagnóstico de los elementos componentes de la vialidad que inciden en la accesibilidad y movilidad de la ZPCCH de la ciudad de Matanzas; y como **variable dependiente** la mejora en la gestión de accesibilidad y movilidad como resultado de la correcta toma de decisión de los OACEs a partir del empleo de los métodos de diagnóstico identificados.

Se trazan como objetivos específicos:

1. Analizar el estado del arte y la práctica del diagnóstico de la vialidad a nivel nacional e internacional

2. Identificar los métodos para el diagnóstico de los elementos componentes de la vialidad que inciden en la accesibilidad y movilidad de la ZPCCH de la ciudad de Matanzas
3. Implementar y seleccionar los métodos para el diagnóstico de los elementos componentes de la vialidad que inciden en la accesibilidad y movilidad aplicables en la ZPCCH de la ciudad de Matanzas bajo las condiciones reales de disponibilidad tecnológica existentes en el país

En la presente investigación se emplearán diferentes métodos teóricos como:

Análisis-síntesis: una vez definido el objetivo general, se comenzará la recopilación de información referente al tema, estableciendo puntos de concatenación entre la presente indagación y materiales anteriores en cuanto a enfoque, visión y perspectiva. Al localizar la información en las diferentes fuentes bibliográficas, se realizará el fichaje para su posterior procesamiento, el cual consistirá en una lectura exhaustiva con el fin de describir los elementos relacionados en la búsqueda y establecer conexiones entre los mismos que posibilitarán el logro de los objetivos y el cumplimiento de las tareas de investigación.

Histórico-lógico: como parte de la caracterización del objeto de estudio, y como resultado de la revisión bibliográfica, se elaborará una reseña con la descripción de los antecedentes de los estudios de accesibilidad y movilidad, tanto en el ámbito nacional como en el internacional.

Inducción-deducción: tomando como referente los resultados de investigaciones basadas en los métodos para el diagnóstico en estudios de ingeniería de tránsito, se inducirá cuál de estos métodos es el más eficiente.

Inferencia de datos: A partir de informes publicados por las autoridades gestoras de la ciudad de Matanzas y su Centro Histórico en particular, se construirán escenarios bajo las pautas previstas para el desarrollo de la actividad social y económica en los principales sitios de la ZPCCH, teniendo en cuenta la accesibilidad y movilidad en el entorno urbano y el incremento del turismo de ciudad como sector de alto impacto económico.

Además, se emplearán **métodos empíricos**, entre los que se encuentran:

Observación: La observación será directa debido a que se hace referencia a distintos métodos de diagnóstico que se basan en observaciones directas, ya sean mecanizadas o manuales, de los distintos escenarios en la vía.

Medición: Los distintos métodos de observación arrojan como resultado datos más exactos y confiables dentro de los cuales se encuentra implícito la medición.

Los **valores** que destacan de la investigación son:

Económico: Al llegar a una conclusión en cuanto a los distintos métodos, se dotará a las OACEs de información suficiente para mejorar la accesibilidad y movilidad en la ZPCCH de la ciudad de Matanzas optimizando el tiempo de ejecución y los recursos destinados en las distintas obras de restauración.

Práctico: Los organismos implicados en la renovación y restauración de la ZPCCH de la Ciudad de Matanzas contarán con un modelo de gestión que le permitirá tomar medidas en pos de la realización de tareas encausadas al logro de un mejoramiento del tráfico en general

Social: la población residente en el área se beneficiará en gran medida puesto que los desplazamientos dentro de la misma tendrán evidentes ventajas sobre las condiciones actuales

El Trabajo de Diploma se estructura de la siguiente forma:

- Resumen / Abstract.
- Índice.
- Introducción.
- Capítulo I: Estado del arte y la práctica de los estudios de Ingeniería de Tránsito a nivel nacional e internacional.
- Capítulo II: Métodos para el diagnóstico y procesamiento de información en estudios de Ingeniería de Tránsito.
- Conclusiones.
- Recomendaciones.
- Bibliografía.
- Anexos.

CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA DE LOS ESTUDIOS DE INGENIERÍA DE TRÁNSITO A NIVEL NACIONAL E INTERNACIONAL.

En este capítulo se hará una breve conceptualización de Ingeniería de Tránsito, así mismo se abordarán términos y definiciones que nos ayudarán a entender mejor el gran campo de estudio que presenta hoy en día la amplia gama de estudios viales. Además, se tratarán temas como la accesibilidad y la movilidad para mejorar el desarrollo, en cuanto a una educación vial, de los usuarios que transitan por las distintas vías.

1.1- Ingeniería de Tránsito. Términos y definiciones.

La ingeniería de tránsito contempla conocimientos útiles en la solución de problemas de circulación en vías en entornos urbanos y rurales.

Según Radelat (2003) la ingeniería de tránsito es la rama de la ingeniería civil cuyo objetivo es el movimiento seguro y eficiente de peatones y vehículos por vías terrestres. Es una profesión de carácter tecnológico que aplica principios científicos, técnicas, arte y sentido común, considerando los “factores económicos” (peatones, ocupantes, afectados, propietarios de empresas de transporte), “factores personales” (esfuerzo en la conducción, comodidad, costos, entre otros.) y “factores ambientales” (contaminación).

Según el Instituto de Ingenieros de Transporte (ITE), la ingeniería de tránsito es aquella fase de la ingeniería de transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte.

La Ingeniería de transporte según ITE no es más que la aplicación de los principios tecnológicos y científicos a la planeación, al proyecto funcional, a la operación y a la administración de las diversas partes de cualquier modo de transporte, con el fin de proveer la movilización de personas y mercancías de una manera segura, rápida, confortable, conveniente, económica y compatible con el medio ambiente.

La ingeniería de tránsito estudia los cinco elementos fundamentales del tránsito: el conductor, el peatón, el vehículo, la vía, y el medio ambiente y sus relaciones. Presenta como instrumento básico los estudios de tránsito (Volumen, velocidad, interacción, estacionamiento, accidentes, entre otros.). Se aplican leyes matemáticas, probabilidades, física y medios científicos para racionalizar la

información y modelar la circulación. Las herramientas como los modelos computacionales son de gran ayuda en el cálculo de la capacidad y los niveles de servicio. El conocimiento racional de la circulación permite que la ingeniería de tránsito mejore la circulación aplicando medios restrictivos racionales (Dispositivos legales y la forma de hacerlos conocer para lograr una mayor eficiencia en los dispositivos para regular el tránsito que actúa sobre conductores, peatones y vehículos) logrando la eficiencia que no se lograba con las medidas arbitrarias implementadas antes de la ingeniería de tránsito(Alaix 2007).

Los elementos del tránsito se componen por: Vía, tránsito y circulación. En la Vía solo se consideran las terrestres compuestas generalmente por calzadas y carriles. Según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua española, “tránsito” es la acción de ir o pasar de un punto a otro por vías o parajes públicos, “Tráfico” es el tránsito de personas y circulación de vehículos por calles, carreteras o caminos, Unidades de tránsito: son los peatones, vehículos y las bestias y Circulación es el movimiento de peatones o vehículos por una vía en particular (Se refiere al paso de uno solo de ellos en vez de grupos como se refiere la palabra tránsito)(García 1991, Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndolas 1994).

1.2- Estudios de Ingeniería de Tránsito.

La ingeniería del tránsito en cuestión tiene como instrumento básico los estudios de tránsito. en ella se aplican Leyes matemáticas, Probabilidades, Física y Medios científicos para racionalizar la información propiciada por dichos estudios además de determinados modelos computacionales que sirven como herramientas para facilitar el cálculo de la capacidad y los niveles de servicio. Entre los estudios del tránsito que se realizan se encuentran: (Estudios de Volumen, velocidad, interacción, estacionamiento, accidentes, entre otros)(Territorio(Mexico)) y (García 1991, Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndolas 1994).

Los estudios de tránsito sirven tanto para los análisis de ingeniería como para soportar los estudios económicos y estudios de factibilidad. Los estudios se dividen en dos categorías, según el Manual para Revisión de Estudios de Tránsito, a) Levantamiento o investigaciones de campo y b) Estudios de gabinete o de análisis de investigaciones.

Dentro de los estudios de tránsito de campo se encuentran:

- Volúmenes de tránsito y conteos volumétricos

- Estudios de velocidades y demoras
- Estudios de tiempos de viaje
- Estudios de origen y destino
- Estudios en intersecciones (conteos volumétricos por flujo y demoras en intersecciones)
- Inventario y características de la vía, sus facilidades y dispositivos, como también los peatones

En la segunda categoría de estudios, están aquellos que son aspectos complementarios de los levantamientos de campo y que por lo general son análisis que se hacen en la oficina de los estudios de campos anteriores. Estos se refieren primeramente al procesamiento de los estudios o levantamientos de campo incluyendo además la información documental obtenida como parte de los estudios mismos.

Dentro de los estudios de gabinete más conocidos tenemos:

- Conteos volumétricos
- Estudios de velocidades y demoras
- Estudios de tiempo de viaje
- Estudios de origen y destino
- Estudios en intersecciones

1.2.1- Clasificación de acuerdo a los factores del tránsito.

Estudios de volúmenes de tránsito:

La determinación del volumen de tránsito es básica para la evaluación del movimiento del mismo, debido a que proporciona una escala de comparación mostrando la importancia relativa a las distintas obras en la planificación, diseños de carreteras y en la estimación de la recuperación de inversión para una determinada obra; para la construcción de nuevas vías, así como en la conservación y reconstrucción de la ya existente.

El volumen de tránsito es utilizado en investigación para poder establecer relaciones significativas entre distintos parámetros, tales como: densidad, velocidad. También es utilizado en las fases de control de tránsito y labor preventiva por las autoridades correspondientes (Territorio(México)) y (García 1991, Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndolas 1994).

Estudios de la velocidad:

El estudio de las velocidades de los vehículos de motor puede ser tratado en dos categorías generales: estudio de velocidad de punto y estudio de tiempos de recorrido. Los estudios de velocidad de punto, tienen por objeto medir la distribución de velocidades de los vehículos en un tramo de caminos de longitud relativamente corta. Los resultados se expresan normalmente como velocidades promedio (Territorio(Mexico)) y (García 1991, Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndolas 1994).

Estudios de origen y destino:

El estudio de origen y destino está diseñado para recopilar datos sobre el número y tipo de viajes, incluyendo movimiento de vehículos y pasajeros desde varias zonas de origen hacia varias zonas de destino. El estudio es utilizado principalmente con propósitos de planeación, particularmente en la localización, diseño y programación de caminos nuevos o mejorados, transporte público y estacionamientos(Territorio(México)) y (García 1991, Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndolas 1994).

Estudios peatonales:

Se considera como peatón potencial a la población en general, el peatón es uno de los elementos que forman parte del movimiento que se suscita en las arterias viales. La presencia de ellos se acentúa en el centro comercial de cualquier ciudad. El objetivo del estudio es el de maximizar la seguridad del peatón, separar los movimientos peatonales y vehiculares y disminuir las demoras de los vehículos por la presencia del peatón(Territorio(México)) y (García 1991, Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndolas 1994).

Los conceptos básicos que se usan para el análisis vehicular en la ingeniería de tránsito también son usados para el análisis peatonal considerando el volumen, velocidad, densidad, intervalo, capacidad y niveles de servicio, así como la anchura efectiva de la vía pública, la superficie peatonal y la intensidad por unidad de anchura.

Estudios de velocidades instantáneas:

Velocidad instantánea en la vía es la tasa de movimiento del tránsito o de un número específico de vehículos, por lo general expresado en km/h. Existen dos tipos de medidas de velocidades medias para expresar la tasa de movimiento. El primer tipo es la velocidad media instantánea, que es la media de las velocidades instantáneas de un grupo de vehículos en un lugar determinado de la vía. El segundo tipo es la velocidad de viaje, que está sujeta a los tiempos de viaje y demoras.

Los estudios de velocidades instantáneas son diseñados para medir las características de la velocidad en ubicaciones específicas bajo las condiciones prevalecientes de tráfico y ambientales durante el estudio. Es necesario también obtener una muestra lo suficientemente grande de manera que los resultados sean estadísticamente significantes(Territorio(México)) y (García 1991, Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndolas 1994).

Estudios de tiempos de viaje y demoras:

Los propósitos de los estudios de tiempos de viaje y estudios de demora son para evaluar la calidad del movimiento de tránsito a lo largo de una ruta y para determinar la ubicación, tipo y alcance de las demoras de tránsito. La eficiencia del flujo de tránsito se mide en función de las velocidades de viaje y recorrido(Territorio(México)) y (García 1991, Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndolas 1994).

Estudios de estacionamiento:

Los estudios de estacionamientos tienen dos objetivos fundamentales:

- Establecer requerimientos de estacionamientos (para zonas o desarrollos específicos).
- Para revisar las necesidades físicas para evaluar o incrementar la oferta de estacionamiento.

El estacionamiento sobre la vía pública es el causante de problemas en muchas áreas urbanas, como por ejemplo accidentes, congestión, reducción de la capacidad vial, entre otros(Territorio(México)) y (García 1991, Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndolas 1994).

1.2.2- Normativas cubanas y extranjeras a los efectos.

Tanto en Cuba como a nivel mundial existen gran variedad de normativas que responden a distintos aspectos de la Ingeniería de Tránsito. Estas normativas nos brindan una amplia gama de conocimientos y recursos bibliográficos por los cuales se deben regir a la hora de intervenir en

algunos de los estudios como, por ejemplo: en estudios de infraestructura, tanto peatonal como vial; flujos vehiculares, flujos peatonales, en estudios de estacionamientos, dispositivos de control, así como en estudios de accidentalidad y planeamiento. A continuación, el autor nombra algunas de estas normativas, tanto cubanas como internacionales, que son de gran ayuda a la hora de realizar trabajos en obras viales.

Ley 109-Código de seguridad vial.

La presente Ley 109-Código de Seguridad Vial tiene como objetivo regular integralmente la actividad vial y del tránsito, establecer sus principios básicos y definir en relación con esta materia las funciones de los ministerios del Transporte y del Interior como sus organismos rectores, las responsabilidades de los organismos e instituciones en ella referidos, y la estructura y funciones de las comisiones de seguridad vial que al efecto se constituyen para realizar estudios, coordinar los esfuerzos de las entidades que en ella intervienen y promover iniciativas(Justicia 2010).

NC 53-148 1985. Vías con flujo interrumpido.

Esta norma establece los métodos de cálculo de la capacidad, volumen y nivel de servicio en los accesos de las intersecciones semaforizadas. Es aplicable tanto en la proyección como en la revisión(Normalización 1985).

NC 460.2006 Estacionamientos de vehículos automotores.

Esta Norma Cubana establece los requisitos para el diseño y construcción de estacionamientos de vehículos automotores para los casos de; al aire libre y en estacionamientos techados de vehículos automotores ligeros. En ella se explican términos y definiciones como valla de estacionamiento, vehículos automotores ligeros entre otros(Normalización 2006).

NC 753.2010 Carreteras. Vías rurales. Clasificación funcional.

Esta Norma Cubana establece la clasificación funcional de las vías rurales, con vistas a mejorar su diseño de acuerdo con la función que realizan, y se utilizan en trabajos de planeamiento, inversiones, codificaciones y proyectos viales. Ha sido sometida a un proceso de revisión, con el objetivo de actualizar términos y definiciones que con el decursar de los años han variado en parte o perdido vigencia. Puede ser utilizada por el inversionista para delimitar y priorizar las obras en los programas viales. Constituyendo en los estudios de propuesta, tareas de inversión y tarea de proyecto, una fuente de consulta obligatoria. Permite a la población en general conocer el grado de

importancia de los viales, siendo una de las formas, el uso que puede tener en los atlas, automapas, y códigos de las carreteras. Es aplicable a las carreteras que forman parte de la red vial nacional. No es aplicable a carreteras interiores de planes agrícolas o empresas industriales(Normalización 2010).

NC 754.2010 Carreteras. Requisitos para el diseño geométrico de las vías expresas rurales.

Esta Norma Cubana establece los requisitos para el diseño geométrico de las vías expresas rurales de tránsito intenso, los gálibos para cruces, desvío de calzadas y la disposición de áreas para diferentes servicios. Se aplica en todo proyecto de obra nueva, así como en la reconstrucción o realineación de vías expresas rurales existentes(Normalización 2010).

Normativa de justificación de semáforos.

Esta normativa aborda las justificaciones para la instalación de semáforos de ciclos ajustados como son: volumen mínimo de vehículos, interrupción del tránsito continuo, volumen mínimo de peatones, movimiento progresivo, experiencias en accidentes y combinaciones de justificaciones. Así como el alcance de las mismas para satisfacer la necesidad de instalación de un semáforo(Normalización).

NC 853.2012 Carreteras rurales. Trazado directo.

Esta Norma Cubana establece la categorización técnica de las carreteras rurales de la red nacional, así como las características geométricas del trazado directo de las mismas. Se aplica a los proyectos de nuevas carreteras, así como a la reconstrucción general de las existentes, comprendidas dentro de las categorías I, II, III, IV que se establecen en esta norma. No se aplica a los proyectos de autopistas, autovías y caminos(Normalización 2012).

Norma AASHTO-1994: Diseño geométrico de carreteras y calles.

El propósito de esta norma es guiar al proyectista mediante la referencia de un rango recomendado de valores para dimensiones críticas. Se permite suficiente flexibilidad para alentar diseños independientes, adecuados a las situaciones particulares. Los valores mínimos están dados, o implícitos por el menor valor en un dado rango de valores. Las guías dadas por este texto están basadas en prácticas habituales, y suplementadas por investigaciones recientes. Esta publicación reemplaza la publicación AASHTO 1990 del mismo nombre(AASHTO 1994).

Highway Capacity Manual 2000.

El Manual de Capacidad de Carretera (HCM) proporciona a los practicantes de transporte e investigadores con un sistema consistente de técnicas para la evaluación de la calidad de reparación en la carretera y medios de la calle. El HCM no pone las políticas con respecto a una calidad deseable o apropiada de servicio para los varios medios, sistemas, las regiones, o las circunstancias. Sus objetivos incluyen métodos para evaluar los medios de transporte, asegurando que los practicantes tengan el acceso a la última investigación (HCM 2000).

Manual Normativo de Estudios de Ingeniería de Tránsito, de origen mexicano.

Este documento forma parte de un conjunto de manuales desarrollados con el fin de orientar y auxiliar a las instituciones responsables a nivel central, estatal y municipal en las tareas inherentes a los procesos de solución de los problemas de transporte en las ciudades medias mexicanas. Partiendo del concepto de que es necesario investigar y analizar los problemas de transporte urbano de manera integral, se ha desarrollado una metodología de trabajo que considera cinco áreas de acción: desarrollo institucional, vialidad y tránsito, mantenimiento vial, transporte público e impacto ambiental. El estudio de estas áreas abarca diferentes aspectos, mismos que son contemplados en los manuales desarrollados, los que se recomienda utilizar como guía primero y como herramienta después, en los procesos de análisis de los problemas del transporte urbano (Territorio (Mexico)).

1.3- Accesibilidad y movilidad. Términos y definiciones.

“La accesibilidad es... una noción escurridiza... uno de esos términos que todo el mundo utiliza hasta que se encuentra con el problema de su definición y medida” (Gould, 1969)

La accesibilidad es un concepto elemental en planificación urbana, muy relacionado con el de centralidad (Claval, 1985). Sin embargo, los planes urbanísticos han tendido al final del siglo XX a eludir sus implicaciones, mostrando una capacidad casi nula de anticipación de los efectos en el transporte de la ordenación que proponían, confiando en unas pocas infraestructuras viarias estructurantes. El transporte y la movilidad urbana se han interpretado como asuntos sectoriales. Pero, como han señalado algunos autores (v.g. López Lucio, 1993), en las grandes ciudades ha sido la construcción de infraestructuras la que ha ‘dirigido’ el crecimiento urbano porque son ellas las que dotan de accesibilidad al territorio.

Es, por otro lado, muy claro el concepto de ‘accesibilidad a los medios de transporte’, desde la idea de que los viajes realizados en cada medio vienen condicionados por su adecuación y nivel de servicio. En consecuencia, el total de viajes desde un área urbana depende de la facilidad objetiva para viajar (congestión, frecuencia de los transportes públicos...). Sin duda este concepto parte de un sentido sectorial y clásico de ‘accesibilidad’ (Lane, Powell y Prestwood Smith, 1975):

Accesibilidad: Término frecuentemente empleado para designar el grado, la facilidad de acceso a un punto, en términos de distancia, tiempo o costo. Específicamente, el término también se refiere al número de posibles elecciones de recorridos para una suma determinada de costos de viaje (SANZ 2008).

El elemento que tradicionalmente se ha considerado como articulador entre el transporte y la estructura urbana es la accesibilidad. Pero este término tiene varias acepciones, que han ido cambiando a lo largo del tiempo, tanto a nivel conceptual como metodológico (Pozueta 2000, Pazos Otón and Lois Gonzalez 2013).

La función de la accesibilidad puede definirse como el conjunto de actividades que se influyen entre sí regularmente por medio de relaciones que hacen posible que el sistema social continúe operando (Loyola Gómez and Albornoz Del Valle 2009).

En la línea conceptual, Miralles y Cebollada (2003) entienden que la accesibilidad contempla una dimensión asociada a la fricción espacial producto de la separación entre actividades e individuos (acceso), pero también considera el número de opciones reales que tienen los ciudadanos para desarrollar las actividades.

La visión económica (Martínez, 1994) expresa entre otras cosas que se entiende por accesibilidad a la utilidad o beneficio económico que reporta al hogar o firma el visitar actividades propias de su quehacer, notar que accesibilidad es un beneficio directamente percibido por los que hacen viajes, mientras que atractividad es un beneficio a las actividades localizadas en los destinos de los viajes.

La visión social de la accesibilidad se encuentra actualmente bajo el concepto de motilidad (Kaufmann, 2004), que se define como la capacidad de entidades de moverse en el espacio geográfico y en el espacio social, es decir, la forma en que los individuos acceden y se apropian de capacidades para moverse en el espacio físico y en su estatus social.

La accesibilidad, concepto más amplio que el de movilidad, se vincula con la posibilidad de obtención del bien, del servicio o del contacto buscado, desde un determinado espacio, e incorpora

elementos espaciales, temporales y tecnológicos (Laarman, 1973). El grado de accesibilidad se mide considerando los costes de desplazamiento efectuados para satisfacer las necesidades, así como la capacidad y la estructura del sistema de transportes local. (Corvalán 2008)

Así mismo, en un seminario sobre accesibilidad metropolitana se señalaba lo siguiente:

Entendemos por accesibilidad urbana, el conjunto de atributos y de capacidades que hacen a la posibilidad de que la población toda acceda a los beneficios de la vida urbana. Por accesibilidad entendemos no sólo la capacidad de desplazamiento de las personas sino al conjunto de los dispositivos que promueven, permiten, estimulan y alientan al uso social del espacio urbano, de las infraestructuras y de los equipamientos. En la vida contemporánea, la accesibilidad de todas y cada una de las personas, en condiciones lo más igualitarias posibles, es un desafío y una aspiración. En este sentido, la noción de accesibilidad guarda directa relación con el uso y la apropiación democráticos de la ciudad. Acceder a espacios y a lugares; acceder a oportunidades, acceder a recursos y acceder a servicios. Acceder a expectativas y acceder a realidades (SANZ 2008).

Al reflexionar sobre el crecimiento y los cambios acelerados que se han producido en nuestras ciudades en las últimas décadas, se plantea la movilidad como una condición necesaria en la vida cotidiana de los individuos y como una posibilidad que permite poder gozar de las oportunidades que ofrece la ciudad. La movilidad implica entonces una nueva forma de libertad, donde el automóvil es quien mejor parece ajustarse a estas nuevas y crecientes necesidades. Sin embargo y a pesar del aumento de la movilidad y, por lo tanto, a un acceso a los distintos campos sociales, económicos, culturales etc., aun nos encontramos con individuos que ven limitada esta posibilidad, sobre todos en los países en vías de desarrollo. (Corvalán 2008)

Por largo tiempo la movilidad estuvo asociada solo al transporte a partir de un enfoque más bien socio-económico, pero hoy día y gracias a las investigaciones de sociólogos, psicólogos, geógrafos etc. se ha comenzado a tomar en cuenta la dimensión social de la movilidad. De alguna manera las ciencias sociales han comenzado a interesarse por las condiciones sociales y psicológicas de los desplazamientos y así mismo, a su dimensión cultural. Desplazarse no solo se ha vuelto una manera de acceder a la mayoría de los bienes y servicios que ofrece hoy la ciudad, sino que también a gran parte de las relaciones sociales. El desplazamiento condiciona el acceso a la vivienda, al trabajo, la educación, a la cultura, a la salud etc. Se hace cada vez más necesario integrar esta nueva dimensión de la movilidad dentro de los estudios urbanos. Reconociendo que el transporte hace la ciudad,

espacial y socialmente, que el transporte ocupa un tiempo importante dentro de las actividades de los individuos y que el transporte influye en el medio social, cultural y ambiental.(Corvalán 2008)

Tal como lo expone Jaramillo (1993), actualmente en muchas de las investigaciones urbanas y de planificación de transporte, se está considerando a los individuos no solo como personas que se desplazan, sino como personas que manifiestan necesidades de desplazamiento, sean estas individuales o colectivas. Así mismo resulta interesante pensar la movilidad como algo que tiene diferentes significados y sentidos según las realidades de cada individuo y según las posibilidades de relación y de integración con la ciudad.(Corvalán 2008)

Hoy el interés está puesto no solo en las prácticas de movilidad, sino que también en las vivencias de las prácticas, es decir, hay un interés por la dimensión objetiva de la movilidad, pero también por sus dimensiones subjetivas. Para Le Breton (2006) la relación de los individuos con sus territorios no solo se comprende a partir de sus moviidades efectivas, los desplazamientos que hacen, sino que también a partir de sus moviidades negativas, es decir, los desplazamientos que no hacen. De esta forma se plantea la movilidad como una forma elemental de la vida cotidiana, es decir, la movilidad como una dimensión que atraviesa todas las prácticas sociales sin excepción. La movilidad está estructurada por el funcionamiento familiar, por las pertenencias colectivas, los ritmos de vida, las percepciones etc. De mismo modo, las prácticas que impone la movilidad hoy día afectan y condicionan estos funcionamientos (Le Breton 2006) (Corvalán 2008).

La idea de movilidad como cualidad de un medio rodado la encontramos en la manualística militar. En el libro «Términos operativos militares» de Carlos Ruiz Ballesteros (Edit. Miñón, Valladolid 1983), se entiende por movilidad de un vehículo “la capacidad de trasladarse de un punto a otro con mayor o menor velocidad y su capacidad de viraje.

Según el DRAE, ‘accesibilidad’ significa “cualidad de accesible”. Y el sentido de ‘accesible’ (del latín *accessibilis*) es “que tiene acceso”. Del mismo modo, según el DRAE, ‘movilidad’ (del latín *mobilitas, -ātis*) significa “cualidad de movable”. Y movable (del latín *movibilis*) quiere decir “que por sí puede moverse, o es capaz de recibir movimiento por ajeno impulso”. Aunque aparentemente hueras, en realidad son acotaciones atinadas, pues puede desprenderse del Diccionario la idea de que la accesibilidad es un atributo espacial, propio de los lugares, las ciudades y los territorios, mientras que la idea de movilidad es un atributo individual o colectivo, propio de las personas, aunque trasladable también a los vehículos o medios de desplazamiento(SANZ 2008).

Según el documento "Planificación de la accesibilidad al medio físico" el acotamiento terminológico sería el siguiente: Accesibilidad: Se entiende por accesibilidad la característica del urbanismo, las edificaciones, del transporte y de los sistemas y medios de comunicación sensorial, que permite a cualquier persona su libre utilización y disfrute, con independencia de su condición física, psíquica o sensorial. Movilidad: es la cualidad de los seres vivos que les permite utilizar o relacionarse con el medio. Las limitaciones de esta característica en las personas nos permiten diferenciar: personas con limitaciones y personas con movilidad reducida. Se considera a las personas en situación de limitación cuando temporal o permanentemente tienen limitada su capacidad de relacionarse con el medio o de utilizarlo (Duarte 2010).

La 'accesibilidad' se entiende aquí como "tener acceso, paso o entrada a un lugar o actividad sin limitación alguna por razón de deficiencia, discapacidad, o minusvalía". Y la 'movilidad' parece concebirse como la capacidad de movimiento, que "supone un requisito indispensable para llevar a cabo las actividades de la vida diaria. Por tanto, la imposibilidad de realizarlas conduce a la discapacidad". Se trata de un glosario que tiende a compeler los sentidos de los términos hacia un determinado fin, muy loable por otro lado. Sus sentidos, por lo tanto, no pueden extenderse más allá de sus específicos reductos (Duarte 2010).

También algunas definiciones provenientes del campo de la igualdad de oportunidades y los derechos cívicos, aunque convenientemente adaptadas al urbanismo o generalizadas (Equipo ACCEPLAN, 2005). Expresan que la 'movilidad' sería la "capacidad de desplazarse dentro de un entorno", 'accesibilidad' sería la "capacidad para poder llegar a ciertos lugares en un tiempo y un esfuerzo razonable".

A su vez se encuentran en el glosario de la Ley catalana de la movilidad que:

"Accesibilidad: es la capacidad de llegar en condiciones adecuadas a los lugares de residencia, trabajo, formación, asistencia sanitaria, interés social, prestación de servicios u ocio, desde el punto de vista de la calidad y disponibilidad de las infraestructuras, redes de movilidad y servicios de transporte.

Movilidad: es el conjunto de desplazamientos que las personas y los bienes deben hacer por motivo laboral, formativo, sanitario, social, cultural o de ocio, o por cualquier otro."

Por otra parte, las acotaciones presentadas por la Ley catalana de la movilidad son muy similares a las presentadas por la Fundación RACC que entiende por Accesibilidad: al grado de facilidad con el

que se puede llegar a un lugar concreto. Y por Movilidad: al conjunto de desplazamientos que tienen que realizar las personas de un ámbito territorial determinado por motivos laborales, formativos, culturales, de ocio o por cualquier otra causa(SANZ 2008, Duarte2 2010).

1.3.1- Elementos que inciden en la accesibilidad y movilidad.

En este escurridizo tema de “la ciudad accesible”, eminentemente político, se recoge con claro sentido humanista la idea de la ciudad como espacio para la convivencia, con unos equipamientos y servicios al alcance de todos. Así, ‘accesibilidad’, como ‘habitabilidad’, pueden convertirse en paradigmas del urbanismo: la ciudad fundamentalmente debe ser habitable, es decir, ha de contar con un ambiente favorable para una vida humana justa, en la consecución de la equidad social y el desarrollo sostenible, de forma que el acceso a los espacios y los servicios no sea discriminatorio. Algunos incluso han introducido bajo el farragoso concepto del “derecho a la movilidad” la dimensión transnacional, aplicada al campo de la migración y sus problemas, incrementando aún más el barullo(Vasconcellos 2010).

Insistiremos en que ha existido por largo tiempo una marcada relación entre movilidad y actividades, siendo muchas veces estas últimas las que condicionan a la primera. Este enfoque es más bien de tipo funcionalista, ya que la movilidad es considerada como aquello que permite realizar un programa de actividades. Sin embargo, es evidente que existen otros factores; los valores, el gusto por las salidas, las actitudes, la constitución de la ciudad misma, la oferta y la calidad del transporte, que van a ir necesariamente modificando y determinando la movilidad de los individuos. Otros factores como la edad, sexo así mismo el lugar de residencia, el nivel socio económico, la posición dentro del núcleo familiar, van también a influir en el tipo, cantidad y calidad de los desplazamientos y por qué no, en la percepción que los individuos tendrán de estos.

Finalmente creemos que es posible comprender la movilidad como una problemática amplia, al entenderla como manifestación de la identidad social de los individuos, como condición de los modos de vida diversos. El acceso o la dificultad de experimentar los distintos territorios de la ciudad, nos permite comprender la movilidad atendiendo no solo a los factores que la condicionan, sino que a los espacios sociales y a los actores que la componen.(Corvalán 2008)

La Movilidad y la accesibilidad no dependen únicamente de sistemas de transportes adecuados a las demandas heterogéneas. También dependen de la diversidad y de la distribución de centralidades, de la calidad urbana y de las ofertas de servicios de las zonas menos atractivas, de la existencia en ellas de algunos elementos que les proporcionan personalidad e interés.(Borja 2000)

En efecto, la movilidad no es sino la suma de los desplazamientos... Pero en el concepto de

movilidad, los transportes son el objeto, no el sujeto, que es la ciudadanía. De ahí la importancia de las características de las personas que se mueven: edad, género, nivel de renta, calidad de vida... así como de sus motivos, recorridos y modos. Los desplazamientos, como aspecto del funcionamiento urbano y de la calidad de vida, responden a sujetos con caracteres propios, que se mueven por distintos motivos, mediante recorridos diversos, con unos costes desiguales. Todo ello sin obviar que las condiciones de uso de los medios de transporte caracterizan los espacios urbanos.

El Libro Verde «Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana» expresa que: el reto supuesto por el desarrollo sostenible en las zonas urbanas es inmenso: reconciliar el desarrollo económico de las ciudades y su accesibilidad, por una parte, con la mejora de la calidad de vida y la protección del medio ambiente, por otra. Ante estas cuestiones con repercusiones numerosas y variadas, un esfuerzo común permitirá fomentar la búsqueda de soluciones innovadoras y ambiciosas en materia de transporte urbano con vistas a unas ciudades menos contaminantes y más accesibles y en las que la circulación sea más fluida. Debemos estudiar juntos cómo conseguir una mejor movilidad urbana y suburbana, una movilidad sostenible y en beneficio de todos los ciudadanos, facilitando al mismo tiempo que los agentes económicos desempeñen su papel en nuestras ciudades (SANZ 2008).

1.3.2- El tratamiento a la accesibilidad y movilidad en centros históricos. Experiencias nacionales e internacionales.

El centro histórico constituye una de las piezas más representativas en el paisaje de nuestras ciudades y su significado desborda ampliamente el papel que le correspondería en función de su superficie, entidad demográfica o actividad económica. Siendo una pequeña parte del tejido urbano, constituye un espacio simbólico que sirve para identificar, diferenciar y dar personalidad a las ciudades (Troitiño, 1995).

No cabe duda de que los centros históricos son productos culturales únicos, espacios cargados de historia, que confieren una personalidad específica a las ciudades debido a su carácter simbólico y emblemático. La gestión de la movilidad y la accesibilidad en los cascos históricos debe abordarse siempre con enorme cuidado. Cualquier política que se arbitre en esta materia debe enmarcarse dentro del objetivo global de preservar y a la vez mantener vivos los centros históricos.

Las calles estrechas y plazas pequeñas, en muchos de los cascos históricos en Europa, son difíciles de adaptar al automóvil y el aumento progresivo de la circulación ha causado muchos problemas. El tráfico hace que andar por las calles sea menos agradable e incluso inseguro, además muchos coches estacionados en las calles ofrecen una imagen poco coherente con el carácter histórico de las

ciudades. Las políticas de transporte en los cascos históricos deben garantizar las condiciones necesarias para la movilidad de los residentes y el acceso a la actividad económica, siendo respetuosas con el patrimonio y mejorando al mismo tiempo la calidad de vida en el centro. Para ello debe reducirse en lo posible el uso y la presencia del automóvil privado, potenciando al mismo tiempo otras formas de movilidad, sobre todo la peatonal, más acordes con el carácter histórico de estos espacios.

Así pues, en muchas de estas ciudades europeas, y también en diversas ciudades en el resto del mundo (incluyendo las de nuestro país), parece aconsejable acometer de forma coordinada actuaciones para mejorar la movilidad y accesibilidad, y al mismo tiempo la calidad de vida y la conservación del patrimonio. Logrando consigo aumentar la potencialidad turística de los cascos históricos. Entre esas actuaciones se pueden citar las siguientes:

- Peatonalización de los principales itinerarios turísticos y comerciales de los cascos históricos, así como de ciertas plazas con edificaciones monumentales para convertirlas en áreas estanciales
- En aquellos casos en los que no sea posible la peatonalización se pueden buscar fórmulas menos rígidas, como los cortes temporales del tráfico o la creación de calles de coexistencia
- Reducción de la velocidad de circulación en el interior de los cascos históricos
- Reordenación del viario, impidiendo los movimientos de paso, pero permitiendo el acceso de los residentes y a la actividad económica
- Prohibición del aparcamiento de vehículos en el entorno de los edificios monumentales y a lo largo de los principales itinerarios peatonales
- Construcción de aparcamientos de borde y creación, en su caso, de sistemas hectométricos para facilitar el acceso al centro
- Mejora de los servicios de transporte público convencionales para facilitar el acceso al casco histórico

En cualquier caso, no cabe duda de que las actuaciones en materia de transporte antes mencionadas no pueden ser planteadas de forma aislada. Es necesario desarrollar políticas globales para el tratamiento de las ciudades históricas(UNESCO 2001, Marcello Balbo 2003, Ciudad 2009).

CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente capítulo se realiza una recopilación de distintos métodos, tanto de diagnóstico como de procesamiento de información, para los distintos casos de estudios que serán desarrollados a medida que vaya avanzando el capítulo, para ello se tomó como base bibliografías referentes a este tema desarrolladas por especialistas en estudios de tránsito y en viales.

VARIABLES.	MÉTODOS PARA EL DIAGNÓSTICO U OBTENCIÓN DE LA INFORMACIÓN.	MÉTODOS PARA EL PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN PROVENIENTE DEL DIAGNÓSTICO.
Flujos vehiculares	Aforos manuales y mecánicos, Aforos de Cordón, Vehículo de prueba, Dispositivo quinta rueda, Software AVP.	Métodos para la medición de las demoras en las intersecciones, Microsimulador de Trafico Paramics, Software de microsimulación VISSIM, Modelo TSIS, Modelo CORBUS.
Flujos peatonales	Visión artificial, Aforo mecánico, Aforos manuales, Estudios de origen destino.	Método para caracterizar la calidad peatonal de entornos de movilidad (CPEM).
Infraestructura vial	Sistemas HDM-III y HDM-IV, Método indirecto para la determinación de las cargas del tránsito.	Método de cálculo para el diseño de pavimentos flexibles y semirrígidos de carreteras y calles.
Infraestructura peatonal	Trazado de sendas, Estudios de inventario, Estudios de densidad peatonal, Velocidad de caminata, Relación oferta demanda.	Método para el análisis de capacidad peatonal.
Dispositivos de control	Semáforos Inteligentes, Estudios de inventario.	Método de Webster, Método de Poisson, Synchro 8.0.
Estacionamientos	Inventarios de estacionamientos, Revisión o Registro de Placas, Encuestas de Origen y Destino en Estacionamientos, Tarjeta de entrevista de estacionamientos.	Determinación del Factor de Espacios de Estacionamiento.

Fuente: elaboración propia.

2.1- Métodos para el diagnóstico u obtención de la información.

2.1.1- Diagnóstico de flujos vehiculares.

Aforos manuales y mecánicos:

El número de horas de aforo varía con el método usado y el propósito. Los contadores mecánicos pueden estar contando las 24 horas del día. Es conveniente que los aforos manuales en intersecciones, se lleven a cabo por un mínimo de 12 horas, incluyendo en este espacio de tiempo las horas de mayor demanda. Aforos por periodos de tiempo de 16 horas, proveen más información. Por lo general, para la mayoría de los propósitos de ingeniería de tránsito, los aforos deben ser efectuados durante días representativos de un día de la semana típico (martes, miércoles y jueves) a menos que el objetivo del estudio requiera días de fin de semana. Por lo general aforos realizados con incrementos de tiempo de 15 minutos son suficientes. Sin embargo, algunas veces es necesario efectuar aforos en intervalos menores para el diseño de carriles de giro y para cálculo de tiempos de semáforos(Territorio(Mexico)).

Aforos manuales:

El aforo manual es un método para obtener datos de volúmenes del tránsito a través del uso de personal de campo conocido como aforadores de tránsito. Los aforadores manuales son usados cuando la información deseada no puede ser obtenida mediante el uso de dispositivos mecánicos. La duración del aforo varía con el propósito del mismo. Algunos aforos clasificados pueden durar hasta 24 horas. El equipo usado es variado; desde hojas de papel marcando cada vehículo hasta contadores electrónicos con teclados. Ambos métodos son manuales. Durante periodos de tránsito alto, es necesario más de una persona para efectuar los aforos. La exactitud y confiabilidad de los aforos depende del tipo y cantidad del personal, instrucciones, supervisión y la cantidad de información a ser obtenida por cada persona. Este método es el más común, se puede obtener información detallada de:

- Clasificación vehicular (camiones por tamaño, peso, número de ejes; autobuses, automóviles, motocicletas, bicicletas)
- Movimientos direccionales en una intersección o en una entrada
- Dirección del recorrido
- Procedencia de los vehículos por medio de las placas
- Uso por carril y/o longitud de colas
- Número de pasajeros por vehículo (ocupancia)
- Obediencia a los dispositivos para el control del tránsito

Los métodos manuales son usados frecuentemente para comprobar la exactitud de los contadores mecánicos. Así mismo, este método es usado cuando las condiciones físicas y climatológicas interfieren con el uso de los contadores automáticos del tránsito(Territorio(Mexico)).

Aforos mecánicos:

En las estaciones de aforo mecánico, el registro de los volúmenes de tránsito, según el detector empleado, puede ser: neumático o electrónico. El equipo neumático se instala de preferencia en carreteras de baja velocidad y de poco tránsito; esto es debido a las limitaciones que se presentan en el registro de vehículos y en la duración de la manguera de hule de que van provistos los aparatos. El aparato electrónico se instala de preferencia en carreteras de alta velocidad y gran volumen de tránsito. Un dispositivo mecánico cumple dos funciones: primero detectar o percibir el tránsito; segundo realizar un registro de datos de dicho tránsito(Territorio(Mexico)).

Los contadores mecánicos son contadores permanentes que se usan para aforar el tránsito continuamente. Son usados a menudo para estudios de tendencias. Pueden ser actuados por células fotoeléctricas, detectores magnéticos y detectores de lazo(Territorio(Mexico)).

Los contadores portátiles toman nota de los volúmenes cada hora y 15 minutos, dependiendo del modelo. Entre sus ventajas se encuentran: una sola persona puede mantener varios contadores y, además, proveen aforos permanentes de todas las variaciones del tránsito durante el periodo del aforo. Entre sus desventajas tenemos que: no permiten clasificar los volúmenes por tipo de vehículo y movimientos de giro y muchas veces se necesitan aforos manuales ya que muchos contadores cuentan más de un vehículo cuando son accionados por vehículos de más de un eje o por vehículos que viajen a velocidades bajas(Territorio(Mexico)).

Aforos de Cordón:

Se entiende por este tipo de aforos a la contabilización de todos los vehículos y las personas que entran o salen de una zona (área acordonada) durante un día típico. Este tipo de estudio se usa para:

- Apoyar el desarrollo de estacionamientos adecuados
- Proveer las bases para la evaluación y la introducción de técnicas operacionales de tránsito (dispositivos de control, reglamentos, etc.).
- Como apoyo a las compañías de transporte público, para que estas ajusten sus servicios a las necesidades del área.
- Como apoyo a la policía de tránsito, en planificar actividades selectivas de vigilancia.
- Obtención de datos para estudios de tendencias.

Una línea de cordón define el área. Sin embargo, el número de estaciones a aforar se puede minimizar usando barreras naturales (ríos). Todas las calles que crucen la línea de cordón son

estaciones de aforos con la excepción de calles con volúmenes tan bajos que sean despreciables. Por lo general, los aforos se llevan a cabo en periodos de media hora entre la 7:00 AM y las 7:00 PM. Para resumir los resultados de los aforos de cordón, se usan curvas de acumulación. Este tipo de curvas indican la acumulación de vehículos y/o pasajeros dentro de un área acordonada. También indican los movimientos hacia adentro y hacia afuera del área y el modo de viaje en diversos periodos de tiempo(Territorio(Mexico)).

Método del vehículo de prueba según el Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito(Territorio(Mexico)).

Este método ofrece gran flexibilidad para evaluar la calidad del flujo del tránsito. En este método, un vehículo se maneja a lo largo de una ruta en estudio de acuerdo con una de las siguientes condiciones de operación:

1. Técnica del vehículo flotante: El vehículo de prueba flota en el flujo de tránsito, pasando tantos vehículos como los que lo pasan
2. Técnica del vehículo medio: En esta técnica el vehículo viaja de acuerdo a la apreciación que tenga el conductor de la velocidad predominante en el flujo de tránsito
3. Técnica del vehículo máximo: En esta técnica el vehículo viaja al límite de la velocidad para la vía en particular, a menos que el tránsito no lo permita

Antes de comenzar los recorridos, se deben identificar los puntos iniciales y finales de manera que el vehículo de prueba sea manejado por estos lugares de acuerdo con las condiciones operacionales seleccionadas. Intersecciones importantes y otros puntos de control son seleccionados a lo largo de la ruta en estudio como puntos de referencia. En estas estaciones se anota el tiempo, de manera que se pueda calcular la velocidad en estos segmentos a lo largo de la ruta. La información durante el estudio se anota en una hoja de campo. Se recomienda que se usen dos cronómetros para anotar el tiempo, uno para los puntos de control y tiempo de viaje y otro para las paradas y demoras.(Territorio(Mexico))

Dispositivo quinta rueda:

Este método no sólo permite hallar el ciclo de conducción representativo para una ciudad, sino también para cada vía de la ciudad en cada sentido, lo cual resulta ventajoso dado que permite estudiar el comportamiento del flujo vehicular de una vía en particular.

El dispositivo fue creado y desarrollado por Centro de Investigación en Mecatrónica Automotriz del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (CIMA-ITESM) sede en Toluca (México). La quinta rueda consta de una carcasa de aluminio, un circuito integrado y una base que permite fijar a la rueda del vehículo.

El dispositivo se instala en una rueda trasera del vehículo y se sujeta a los pernos de la misma, asegurándose que el cable de adquisición de datos se encuentre sin obstáculos permitiendo que la quinta rueda gire libremente.

Este dispositivo cuenta con un sensor de velocidad angular o encoder incremental de 512 agujeros con 2 optoacopladores localizados a 90°. Este permite obtener 512 pulsos mientras la rueda gira una vuelta y mide el tiempo en microsegundos que transcurren mientras la placa ranurada gira de un agujero a otro.

El conjunto de elementos que conforman la adquisición de datos está compuesto por la denominada quinta rueda, que con un cable se conecta a la computadora (para poder estudiar los datos obtenidos) y a la batería de alimentación. La batería alimenta los instrumentos de la configuración electrónica de la quinta rueda, y garantiza que siempre esté en funcionamiento (Alvaro H. Restrepo V 2007). Ver figura 1 en los anexos.

Software AVP:

La aplicación de Software, llamada AVP, realiza el aforo vehicular, este consiste en el conteo, clasificación y cálculo de velocidad promedio vehicular, mediante los datos generados por la aplicación AVP el Ingeniero de Transito puede realizar un análisis acertado para la planeación, proyección y mantenimiento de vías y otras áreas afines.

La aplicación obtiene el video de la calle que se requiera analizar a través de una cámara USB, cámara IP conectada al computador (video en tiempo real) o un video que ha sido previamente guardado en un archivo AVI. Este video se carga en la aplicación para ser procesado y realizar el conteo, clasificación por tamaños, por tipo de servicio ya sea público o privado y la velocidad promedio de los vehículos. Generando datos que se guardan en un archivo de texto de valores separados por coma, con el fin de ser empleados según las necesidades de quien realice el análisis.

Como se puede ver la utilidad de la aplicación AVP es amplia y de alta importancia debido a que contribuye directamente con datos de información de manera veraz que apoya la planeación y construcción de vías; además muestra ventajas sobre el proceso manual ya que se tiene la

posibilidad de extender la duración de los aforos vehiculares a más de una hora y confiabilidad en el mismo(Esparza 2014).

Visión artificial:

Dicho sistema se encarga de detectar y clasificar vehículos y peatones para determinar el flujo vehicular y peatonal en las intersecciones de calles y avenidas mediante secuencias de imágenes a color tomadas por una cámara de video estática. Estas secuencias de imágenes a colores son filtradas para evitar que los cambios de iluminación producto de movimiento de los objetos causen falsos resultados, empleando para ello un filtrado homomórfico. Para detectar los objetos en movimiento se compara la suma de la diferencia absoluta (SAD) entre dos secuencias de imágenes, mediante la umbralización y segmentación, técnicas que generarán una máscara binaria que contiene los objetos en movimiento y aísla los objetos ajenos a la escena de estudio. Posteriormente, se extraen las características individuales trazando las fronteras de los objetos y utilizando descriptores de Fourier, para luego realizar la distinción entre peatones y vehículos a través de una red neuronal feed-forward.

El principal problema de clasificación son los objetos obstruidos, porque no se detectan completamente sino por separados. Otro problema para la clasificación es que el cuerpo humano no es un cuerpo rígido como lo es un vehículo, por lo que su forma varía constantemente y se deben modelar como cuerpos deformables, lo cual dificulta el proceso de clasificación. Además, los humanos se mueven en ciertas ocasiones muy lentamente causando que la binarización no sea suficientemente exacta. Como se esperaba en los resultados, la clasificación es independiente del tamaño del objeto y su orientación(Zárate 2006).

2.1.2- Diagnóstico de flujos peatonales.

Históricamente las ciudades han contados con registros detallados de los niveles de tráfico vehicular en sus calles. Estos datos son utilizados para justificar inversiones y proyectos que agilizan el transporte motorizado. Hoy en día, las ciudades innovadoras y sustentables, complementan sus bases de datos con conteos de peatones y ciclistas, ofreciendo una mirada más completa y sensible a la diversidad de usos que se alojan en las calles. Los conteos de peatones y ciclistas ofrecen una imagen detallada del nivel de uso de las calles o los espacios públicos, revelando los patrones de uso a diferentes horas del día, y la distribución por edad y género de las personas que circulan.(Jeff 2017)

Los registros de vida pública se subdividen en dos tipos de mediciones: Conteos de personas en movimiento, lo cual incluye a peatones y ciclistas, y conteos de personas que permanecen en los espacios.(Jeff 2017)

Los registros de peatones son particularmente útiles para calles comerciales, en donde con frecuencia se encuentran conflictos entre los peatones y la circulación vehicular.(Jeff 2017)

Existen dos métodos básicos de aforo: el mecánico (registro automático) y el manual.(Ochoa 2001)

El **aforo mecánico** consiste en un tapete de interruptores energizados por medio de batería, adherido a la acera y conectado a un contador de tránsito.(Ochoa 2001)

Con las condiciones tecnológicas actuales, los aforos peatonales son realizados mediante sensores que el peatón generalmente no detecta como lo son las cámaras de video, sin embargo, su utilización en los aforos implica contar con software especializado para conteo. Sin embargo, en muchos sistemas con altos flujos peatonales, los conteos son realizados en forma mecánica o mediante sensores electromagnéticos u ópticos.

En los **aforos manuales** se puede recopilar información como: la dirección de los peatones, las edades y los tiempos de cruce. (Ochoa 2001)

En los estudios de ingeniería de tránsito aún se utiliza mucho el conteo manual, puesto que en ocasiones se requiere identificar algunas características del peatón, por ejemplo, su edad; realizar esta identificación mediante el uso de sensores puede resultar muy costoso e involucrar grandes errores de medición. Otro aspecto que ha inducido la continuidad en el uso de conteos manuales es el costo de la mano de obra dado que no se requiere preparación especial para realizar este tipo de estudio.

La información sobre volúmenes peatonales, al igual que los vehiculares es de igual manera de gran utilidad para la planeación del transporte, diseño vial y operación del tránsito (Moreno Maldonado 2015).

Conteo simple de peatones (procedimiento):

1. Ocupar la posición.

Ir al lugar designado en el mapa y pararse al borde de la calle o espacio, de espaldas a una pared u otro elemento fijo. Visualizar una línea imaginaria desde tu posición hasta el lado opuesto de la

calle. Esta línea debe ser perpendicular al flujo de peatones que se vaya a contar. Asegurarse de que la vista cubra esta línea completa y esté libre de obstrucciones.(Jeff 2017)

2. Contar las personas que crucen la línea por 10 minutos.

Con la ayuda de un contador manual cuenta a cada persona que cruce la línea imaginaria por 10 minutos exactos. Cuenta a todos los peatones, en ambas direcciones y en ambos lados de la calle.(Jeff 2017)

3. Anotar el total y cualquier evento inusual.

Al finalizar los 10 minutos, escribe el total en la planilla. Este número será multiplicado por 6 para estimar el número de peatones por hora. Toma nota de eventos inusuales que estén alterando el resultado del conteo, como por ejemplo una manifestación.(Jeff 2017)

4. Repetir este proceso cada hora.

El conteo de peatones se repite por 10 minutos cada hora, durante el tiempo de la encuesta.(Jeff 2017)

Estudios de origen destino.

Son estudios de campo que se utilizan para conocer información actualizada del movimiento peatonal (Díaz 2006). Hay diferentes tipos de estudios Origen-Destino (González Hernández 2017), según la precisión y objetivos que quieran alcanzarse; pero todos se basan en el registro de las características de una muestra de viajes peatonales, cuyos resultados se expanden apropiadamente. Entre las características a recopilar están: origen y destino del viaje, hora del día en que se realiza, duración del mismo, ruta realizada, propósito, etc. (Cal y Mayor Reyes Spíndola and Cárdenas Grisales 2010).

Con este tipo de estudios se puede conocer los lugares de donde vienen las personas y hacia donde se dirigen y es posible determinar las trayectorias ideales que desean seguir. Ello tiene por objeto determinar específicamente la orientación de los viajes de la actividad humana y se llega por medio de los mismos a saber dónde se deben mejorar las vías y colocar una infraestructura peatonal. Además, tienen gran importancia en la determinación de ciertas condiciones y características de los peatones, así como para estudios de planeamiento general y de carácter económico. Generalmente este tipo de estudios permite obtener las líneas de deseo que definen las trayectorias más deseables y las causas que originan los viajes. Existen otros estudios que son más específicos y no menos importantes, entre ellos

se pueden mencionar los estudios de gabinete, estudios demográficos, estudios de previsión de la ciudad, estudios de asignación de rutas, estudios de distribución, entre otros (Cal y Mayor Reyes Spíndola and Cárdenas Grisales 2010).

2.1.3- Diagnóstico de infraestructura vial.

Sistemas HDM-III y HDM-IV:

El modelo del Banco Mundial, Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM) ha sido ampliamente utilizado por consultores y organismos administradores de pavimentos para investigar las consecuencias económicas que tienen las inversiones de infraestructura vial. La versión HDM-III (que fue liberada en 1987) sólo podía ser empleada para la evaluación de pavimentos flexibles, esto obligó al desarrollo de la versión HDM-IV que cubre esta y otras deficiencias tales como los aspectos de congestión, efectos ambientales, seguridad en el tránsito, efectos que puede tener la textura del pavimento(Pérez).

El Highway Design and Maintenance Standards Model (HDM-III), desarrollado por el Banco Mundial, se ha utilizado para combinar la apreciación técnica y económica de proyectos de inversión de caminos, norma y estrategias.

HDM-III contiene relaciones para predecir el comportamiento de los pavimentos en el tiempo sometido a cargas de tránsito y para los efectos de las actividades de mantenimiento en las características del camino, particularmente en su condición. También contiene relaciones para predecir el efecto que tiene la condición del camino en los costos de operación (VOC, Vehicle Operating Cost). Tomando en cuenta el costo del transporte, definido como aquel costo debido a la construcción, mantenimiento y VOC, se pueden establecer las implicancias económicas de diferentes alternativas de inversión y establecer así la estrategia de inversión que minimiza el costo de transporte total.

Las relaciones contenidas en HDM-III están basadas en investigaciones llevadas a cabo en diferentes países. El modelo conceptual del HDM-III, cuenta con tres conjuntos de costos que interactúan, que son sumados en el tiempo y llevados a valor presente, ellos son; construcción, mantenimiento y costos de los usuarios(Pérez).

El Modelo HDM-IV es una importante herramienta de análisis para la evaluación técnica y económica de Inversiones en construcción y conservación de redes de carreteras. Sucesor reciente

del HDM -III presenta importantes novedades y mejoras respecto a la versión anterior que le hacen aplicable a redes de carreteras de cualquier nivel de tráfico(López 2004).

El funcionamiento de la herramienta se basa en un modelo de cálculo de las relaciones físicas y económicas derivadas de un extenso estudio sobre el deterioro de las carreteras, el efecto de la conservación de las mismas, y los costes de operación de los vehículos.

Las principales funciones del HDM-IV son el análisis de los deterioros y los efectos de la conservación de carreteras, para una serie de alternativas de conservación especificadas por el usuario de la aplicación. Para ello, calcula los costes de operación de los vehículos en función del estado de cada carretera, determina los costes anuales de la administración de carreteras y de los usuarios para cada una de las alternativas de conservación definidas. Por último, se evalúan las alternativas de conservación, produciendo la comparación económica de las mismas. De esta manera el ingeniero dispone de una amplia información para determinar cuáles son las medidas de conservación más beneficiosas para la red estudiada.

El sistema HDM-IV se basa fundamentalmente en los siguientes modelos para el cálculo de las mejores alternativas de conservación y mejora de los distintos tramos de carretera evaluados en un determinado análisis.

Deterioro de la carretera (RD - Road Deterioration): Este modelo prevé cuál va a ser el deterioro del firme, en función del tráfico y del estado actual.

Efectos de las obras (WE – Work Effects): Este modelo simula los efectos de las obras en el estado del firme y determina los costes correspondientes.

Efectos para los usuarios (RUE - Road User Effects): Mediante este modelo se determinan los costes de operación de los vehículos, accidentes y tiempo de viaje.

Efectos sociales y medioambientales (SEE - Social and Environment Effects): Determina los efectos de las emisiones de los vehículos y el consumo de energía.

Mediante el uso de estos modelos la herramienta calcula, para cada año del período de evaluación, para cada tramo de carretera y para cada alternativa o estrategia de conservación, las condiciones de la carretera y los recursos utilizados para conservación con cada estrategia, así como las velocidades de los vehículos y los recursos físicos consumidos por la operación de vehículos.

La utilización de un sistema como el HDM-IV como herramienta de ayuda para la definición de estrategias, programas y proyectos de conservación, conlleva una serie de trabajos previos de incorporación de datos al sistema.

Fundamentalmente se debe disponer de información sobre:

- Los tramos de carretera que forman la red, será necesario disponer de datos sobre sus características geométricas, su estado de deterioro, y su nivel de tráfico y las previsiones de crecimiento del mismo, así como su distribución horaria.
- La composición del parque de vehículos, definiéndose para los distintos tipos, las características físicas y de utilización, así como la valoración económica de los distintos componentes del vehículo y el valor del tiempo de los usuarios de los mismos.
- Los estándares de conservación y mejora de las carreteras, definiéndose para los mismo cuáles son los efectos sobre el estado de la carretera, y una valoración económica de su coste unitario.
- Por último debe disponerse de información sobre las características climáticas de la zona en estudio.

En la Gestión de pavimentos el HDM-IV realiza las siguientes funciones:

Planificación: consiste en el análisis de un sistema de carreteras en su conjunto, definiéndose presupuestos a medio y largo plazo, y estimándose gastos de desarrollo y conservación de carreteras bajo distintos escenarios presupuestarios.

Programación: consiste en el desarrollo de programas plurianuales de obras tanto de construcción como de conservación de tramos de la red, que generalmente están condicionados por limitaciones presupuestarias, teniendo que definirse las actuaciones a realizar en función de un análisis costo – beneficio.

Preparación: en este nivel se define en detalle cómo se llevarán a cabo los distintos tipos de obras a ejecutar sobre un tramo de carretera.

Operación: consiste en el desarrollo de las tareas definidas en los pasos definidos anteriormente, y realización de un seguimiento detallado de los trabajos realizados.

Se puede decir que el sistema HDM-IV es un instrumento analítico para la evaluación técnica y económica de inversiones y conservación de carreteras. Este sistema puede servir de ayuda a las administraciones gestoras de redes de carretera para la planificación, programación y desarrollo de proyectos de conservación de las mismas(López 2004).

Método indirecto para la determinación de las cargas del tránsito. (NC 334: 2004):

El método permite determinar el espectro de cargas del tránsito en una calle o carretera, de forma aproximada. El espectro de cargas es la frecuencia de ejes que se registran en una muestra representativa de los camiones del flujo, por cada escalón de cargas, establecido en el estudio. Puede usarse para definir la carga característica y el factor camión eje de la vía en estudio(Normalización 2004).

En este método no se utilizan básculas o sistema de pesaje de los vehículos, en su defecto, es necesario disponer de información sobre el peso máximo de cada silueta de vehículo y los porcentajes de distribución de la carga por eje de cada una.

Procedimiento:

1. Durante 4 horas, se hace un recuento de todos los vehículos pesados o camiones, que pasan por la sección transversal de la vía, clasificándolos por tipo de silueta. Es conveniente repetir este recuento durante varios días de la semana para obtener un espectro promedio de la vía.
2. Durante el recuento de cada camión en la muestra se registra la condición de carga: vacío, medio o lleno.
3. Para cada vehículo de la muestra se calcula su peso total, sumando la Tara de la silueta correspondiente y la carga. La carga se determina como un porcentaje de la carga máxima, según la condición de carga registrada durante el conteo, de modo que se dan tres condiciones:

VACIO: $CARGA = TARA$

MEDIO: $CARGA = TARA + 0,5 C_{m\acute{a}x}$

LLENO: $CARGA = TARA + C_{m\acute{a}x}$

4. El peso total calculado en cada camión de la muestra, se descompone en cargas por eje, considerando los porcentajes por eje del peso total y los tipos de ejes.

5. Se definen los intervalos o escalones de cargas que serán usados. En cada intervalo se cuenta la cantidad de ejes que existen, conformándose un espectro de cargas.

Espectro de cargas.

No.	INTERVALO DE CARGA (KN)		SIMPLES CON RUEDAS SIMPLES	SIMPLES CON RUEDAS DOBLES	TANDEM
	1	2	3	4	5
1	0	20			
2	20	40			
3	40	60			
4	60	80			
5	80	100			
6	100	120			
7	120	140			
8	140	160			
9	160	180			
10	180	200			
11	200	220			
12	220	240			

Fuente:(Normalización 2004)

Nota: En caso de que haya vehículos con ejes tridem se debe incorporar a la tabla una columna para dicho eje.

Ver tabla 1. Banco de datos. Porcentajes de carga por eje de los vehículos.

Ver tabla 2. Banco de datos. Pesos promedios por siluetas.

2.1.4- Diagnóstico de infraestructura peatonal.

Trazado de sendas:

El trazado de sendas puede ser utilizado para revelar problemas en el diseño de intersecciones, en las cuales las personas tiendan a cruzar fuera del área designada.(Jeff 2017)

Procedimiento:

Con el paso del tiempo, las personas dejan huellas en el espacio que muestran cuáles son sus rutas preferidas (ver figura 1.4.4 al final del método). Estas huellas pueden encontrarse en la forma de sendas informales en el pasto, huellas en la nieve, mobiliario relocalizado, o cercas que han sido

removidas. Presta atención a estas adaptaciones que los ciudadanos hayan realizado pues son evidencia de sus preferencias.(Jeff 2017)

1. Escoger un punto cómodo que ofrezca una vista sin obstrucciones del espacio a analizar

En espacios despejados, puede ser un banco o columna al borde del espacio. Si se tiene acceso a un balcón o ventana cercana, la observación puede realizarse desde allí.(Jeff 2017)

2. Dibujar líneas en un plano, que sigan el trazado de las personas que recorren el espacio

Es útil contar con un mapa simple que contenga los bordes del espacio o calle y que localice los principales elementos de mobiliario. El trazado no tiene que ser exacto, pero sí debe mostrar los principales puntos de acceso y sendas recorridas por las personas que circulan en el espacio. El tiempo de observación debe extenderse hasta que las tendencias de movimiento predominantes puedan ser identificadas.(Jeff 2017) Ver figura 2.

Estudios de inventario.

Su objetivo es determinar las características geométricas de la infraestructura peatonal y otras condiciones físicas como su estado, la localización de obstáculos, riesgos y condiciones que puedan afectar el movimiento de las personas. Los estudios de inventario también consideran la señalización vial para peatones, esto involucra: señales verticales, demarcación horizontal, dispositivos de control del tránsito, elementos de apoyo como barandas, rampas, zonas sensoriales, entre otras. Como resultado de estos estudios, el ingeniero de tránsito determina las características de la oferta y puede detectar falencias de la misma.

El nivel de detalle del estudio de inventarios es relativo al nivel del proyecto que se esté desarrollando, de esta forma, un proyecto con fines de planificación de transporte requerirá un nivel de detalle bajo, mientras que un estudio de nivel operativo necesitará mayor precisión, especialmente si se van a calibrar modelos de flujo o modelos de simulación microscópica.

Estudios de densidad peatonal.

La medición de densidad peatonal se realiza con el fin de encontrar condiciones operativas, especialmente cuando se trata de evaluar atributos como la comodidad. Existen dos condiciones que deben considerarse en los estudios de densidad: peatones en movimiento y peatones en áreas de espera.

Los estudios para determinar densidad peatonal se basan en observación directa en campo. Debe tenerse en cuenta que la densidad es una variable estática, por esta razón, su observación manual suele ser dispendiosa.

El método de medición manual de la densidad se basa en definir previamente un área o áreas de observación, estas áreas deben tener un tamaño lo suficientemente grande como para tener buena probabilidad de que en un instante dado se observe un número significativo de peatones. Pero el tamaño debe ser lo suficientemente pequeño para que la observación sea instantánea, de manera que no entren ni salgan peatones al área considerada durante la observación.

El método más utilizado para determinar densidad es la utilización de cámara de video o cámara fotográfica, puesto que sobre una imagen puede contarse el número de peatones por unidad de área con precisión. Usualmente suele determinarse indirectamente la densidad, sin recurrir a su medición, a partir de la ecuación fundamental del flujo vehicular, con base en conteos de flujo y determinación de velocidad media espacial.

Velocidad de caminata.

Los estudios de velocidad peatonal tienen muchas aplicaciones en ingeniería de tránsito, pues esta es la variable de flujo más importante.

El objetivo de realizar un estudio de velocidades de caminata es llegar a determinar los parámetros adecuados para realizar diseño de infraestructura peatonal. Cada diseño está asociado a parámetros distintos, por ejemplo, en un cruce peatonal podría ser necesario utilizar el percentil 15 de las velocidades de caminata, mientras que para calcular el tiempo de viaje se utilizaría la velocidad media de caminata.

La velocidad de caminata se mide principalmente utilizando técnicas de observación directa en campo, esta observación suele realizarse en una base con longitud predeterminada, y la medición del tiempo de caminata en la misma. La longitud de la base debe conservar dos criterios fundamentales, primero, si la medición es manual, el observador debe tener tiempo suficiente para realizar las operaciones respectivas en el cronómetro, de manera que los posibles errores en el registro de los datos sean bajos respecto a la observación, así, si se tiene una velocidad media de caminata de 1.2 m/s, se requerirá una base de al menos 3 m para que el observador tenga al menos un par de segundos para realizar la medición del tiempo. En segundo lugar, debe tenerse en cuenta que, si se trata de observar una velocidad puntual, debe procurarse

utilizar la menor longitud de base posible. De esta forma, en el estudio de velocidades la longitud de la base estará en función del objetivo del estudio y de la tecnología disponible para la medición del tiempo.

Cuando se utilizan sensores es común trabajar con longitudes de base menores, dependiendo de las condiciones presentes en campo. Dentro de los sensores más utilizados se encuentran los de tipo óptico (foto celdas), los electromagnéticos y las cámaras de video. En todos los casos debe definirse previamente la longitud de la base, y ubicar el sensor o los observadores de manera que no alteren las condiciones normales de operación en la infraestructura.

Relación oferta demanda.

Tanto para el diseño como para la revisión de la infraestructura peatonal es necesario realizar estudios de oferta y demanda ya que nos ayuda a determinar el posible progreso que puede tener o no la misma. Si se va diseñar la infraestructura se tiene en cuenta la oferta que se debe brindar para cubrir la demanda que se conoce a partir de estudios e inventarios que se realicen en toda la zona, previendo que los datos presentes pueden incrementarse a medida que pasen los años debido al desarrollo de las ciudades por lo que es imprescindible prever una demanda futura a largo plazo para que no colapse y no cumpla su función. Si ya la infraestructura está en explotación se estudia la demanda que tiene a ver si es posible incrementar la oferta en caso de ser necesario.

Según los estudios sobre flujos peatonales determinan la relación entre la oferta y la demanda del espacio asignado y de esa forma poder proponer recomendaciones para maximizar la utilización de los espacios disponibles y/o planificar nuevas áreas que podrían utilizarse para la creación de infraestructuras peatonales para que la misma no llegue al máximo nivel de capacidad y servicio.

La intensidad de flujo es un factor muy importante al realizar estudios de oferta y demanda ya que es la variable que nos permite medir la capacidad de servicio de una vía (HCM 2000).

2.1.5- Diagnóstico de dispositivos de control.

En la actualidad, los sistemas de semaforización en las vías se han vuelto imprescindibles debido a los grandes congestionamientos producidos en las intersecciones, ya que estos se encargan de regular el tránsito vehicular y evitar accidentes que afecten la vida de peatones y conductores.

Para un adecuado uso de los sistemas de semaforización, es importante que estos estén funcionando de acuerdo al volumen de tránsito vehicular, debido a que estos también pueden generar

congestionamiento si no se encuentran correctamente regulados. Estos en los tiempos de espera pueden producir prolongadas colas de vehículos que alteren el tránsito, generando así embotellamientos y a su vez fatiga y estrés en los conductores(Arpi 2017).

Semáforos Inteligentes:

Estos dispositivos son accionados por el tránsito; es un sistema cuyo funcionamiento varía de acuerdo con las demandas del tránsito que registren los detectores de vehículos o peatones, los cuales suministran la información a un control local(Ninacansaya 2016).

Los semáforos accionados por el tránsito se clasifican en tres categorías generales:

Semáforos totalmente accionados: Disponen de medios para ser accionados por el tránsito en todos los accesos de la intersección.

Semáforos parcialmente accionados: Disponen de medios para ser accionados por el tránsito en uno o más accesos de la intersección, pero no en todos.

Semáforos ajustados al tránsito: Es un tipo de semáforo en el cual las características del despliegue de señales en los controladores locales para un área o para una calle, varían continuamente de acuerdo con la información sobre el flujo del tránsito suministrado a un computador maestro por detectores ubicados en puntos de flujo típico en el área. Para cada categoría hay diferentes sistemas de controles con distintas aplicaciones. Si, de acuerdo con los requisitos correspondientes, se justifica instalar semáforos no accionados, también se debe analizar la conveniencia de emplear semáforos; no es aconsejable fijar valores mínimos para su instalación. Algunos factores que se deben tomar en cuenta son los siguientes: volumen vehicular, circulación transversal o tránsito cruzado, volúmenes en horas de máxima demanda, circulación de peatones, antecedentes sobre accidentes, fluctuaciones del tránsito, intersecciones complicadas, sistemas progresivos de semáforos, zonas de circulación en un solo sentido y cruce de peatones fuera de la intersección.

Los Semáforos inteligentes o señales de tráfico inteligentes son por la definición dada por los desarrolladores de un proyecto piloto en Pittsburgh "Un nuevo sistema que combina la tecnología existente con la inteligencia artificial para crear luces que realmente piensan por sí mismos". También conocido como semáforos inteligentes y semáforos avanzadas. Este sistema difiere del sistema de semáforos tradicionales que son avanzados dispositivos de señalización situadas en los pasos de peatones, intersecciones de carreteras y otros lugares para controlar el flujo de tráfico. Son, en esencia, las señales que utilizan una bobina de inducción enterrado para detectar la presencia de

señales que se adaptan a la información que se recibe de un ordenador central acerca de la posición, velocidad y dirección de los vehículos(Ninacansaya 2016).

2.1.6- Diagnóstico de estacionamientos.

Inventarios de estacionamientos:

Un inventario de estacionamientos es una recopilación de información de la ubicación, capacidad y otras características relacionadas a los espacios de estacionamiento sobre y fuera de la vía pública. Por lo general, la información necesaria es la siguiente:

- Capacidad (número de espacios)
- Límite de tiempo y horas de operación
- Propiedad (público, privado, solo para empleados o clientes de algún negocio determinado)
- Tasas (si existen) y sistema de cobranza.
- Tipo de regulación de los espacios sobre la vía pública (zona de carga y descarga, zona de pasajeros, zona de taxis, o autobuses)
- Tipo de estacionamiento (elevado o terreno destinado a estacionamiento)

Si el área del inventario es un casco central, el estudio debe incluir el área donde la mayoría de los empleados que trabajan en el centro (de todas las actividades: comercial, financiera u otro tipo de actividad.) y personas que vayan al centro por algún servicio, vayan a estacionarse. Si el estudio es en área de negocios de algún vecindario en particular, entonces se puede esperar que el estacionamiento se extienda aproximadamente 150 m. fuera de los límites de la zona comercial. Sin embargo, esto puede variar y es necesaria una inspección del campo para determinar el área a estudiar.(Territorio(Mexico))

Metodología del inventario:

Un sistema para codificar los datos es necesario. A cada cuadra se le da un número de identificación. Una vez que los números para las cuadras hayan sido seleccionados, entonces usar los números del 1 al 4 para cada uno de los lados (aceras) de la cuadra. En caso de cuadras de más lados, usar más números; cada acera debe ser identificada. Números mayores a los utilizados en la

identificación de aceras, se pueden usar para identificar estacionamientos individuales o fuera de la vía en cada cuadra.(Territorio(Mexico))

En el inventario, debe aforarse toda la cantidad de estacionamiento sobre y fuera de la vía (para cada estacionamiento). Toda la información debe ser vaciada sobre un plano a una escala conveniente. El inventario de cada una de las aceras debe identificar el estacionamiento en batería o cordón, la existencia de parquímetros u otro tipo de cobro, horas de estacionamiento permitidas, prohibición de estacionamiento, entre otros. La ubicación de entradas particulares debe ser también aforada. Si el estacionamiento sobre la vía no está demarcado, es necesario medir la longitud de la acera destinada a estacionamiento (sin incluir entradas particulares, hidrantes y prohibiciones de estacionamiento). Estimaciones del número de estacionamientos para cada acera se pueden hacer utilizando los siguientes valores:

Estacionamiento paralelo 7.0 m.

Estacionamiento en batería 4.0 m.

Estacionamiento perpendicular 3.0 m.

Estas dimensiones son conservadoras y la capacidad de estacionamiento sobre la vía quizás sea mayor que la calculada con estos valores. La capacidad de estacionamiento fuera de la vía y garajes es variable y depende de la operación del estacionamiento.(Territorio(Mexico))

Los resúmenes de los estacionamientos, cuadra por cuadra, son tabulados en cédulas de inventario como la que se presenta. A menudo se usan también planos. En estas cédulas se incluyen estacionamientos públicos y públicos por pago (éstos pueden ser privados y ser rentados al público), sobre la vía y fuera de la vía. No se incluyen estacionamientos sólo para empleados, ya que éstos no pueden ser usados por el público en general. El inventario debe tener información de la existencia de áreas donde se puedan ubicar estacionamientos adicionales.(Territorio(Mexico))

Revisión o Registro de Placas:

Este tipo de registro se usa para observaciones detalladas de estacionamiento sobre la vía. El objetivo principal de este tipo de estudios es la determinación de la rotación de estacionamiento. La rotación se define como el promedio de automóviles que se estaciona en cada espacio de estacionamiento durante el periodo de estudios o durante un periodo dado. La ecuación para rotación, para un periodo dado es:(Territorio(Mexico))

$$T = (\# \text{ de vehículos diversos estacionados}) / (\# \text{ de espacios de estacionamientos})$$

La revisión de placas provee información con respecto al tiempo de permanencia en estacionamientos, acumulación, estacionamiento ilegal, entre otros.

El registro de placas es llevado a cabo por individuos a pie, por lo tanto, su costo es alto. Debido a esto último, se utilizan por lo general técnicas de muestreo. Se seleccionan varias cuadras que sean representativas del área de estudio y el tipo de estacionamiento que se encuentre en el área. Las horas de estudio deseables son de 7:00 AM a 7:00 PM. Los requerimientos de mano de obra para estos estudios dependen del "headway" o frecuencia necesaria para iniciar cada ronda de chequeo. Las rondas de registro pueden ser desde cada 15 minutos hasta una hora, dependiendo de la rotación.(Territorio(Mexico))

Una cédula típica usada en este tipo de estudios se presenta en la cédula 1. Se debe utilizar una línea para cada espacio de estacionamiento. Se deben observar todos los vehículos, privados o no, estacionados legalmente o no, siempre identificando si el estacionamiento es ilegal o no. El sumario y el análisis de los registros de las placas pueden dar información acerca de la acumulación de estacionamiento. La acumulación de estacionamiento para cada lado de una cuadra se determina contando los automóviles estacionados en un determinado instante. La cédula 2 muestra una cédula típica de sumario de permanencia. De esta cédula se puede obtener el tiempo que cada vehículo dura estacionado en un determinado espacio: por ejemplo, si se usan headways o frecuencias de 15 minutos, para un vehículo que se observa solo en una de las rondas de chequeos, se asume que estuvo estacionado solo 15 minutos. Si el vehículo se observa en dos registros sucesivos, entonces se asume un tiempo de estacionamiento de 30 minutos.(Territorio(Mexico))

Las horas-vehículo totales son calculadas como la sumatoria de los tiempos que cada vehículo dura estacionado. Por lo tanto, si se observaron 10 vehículos tres veces en intervalos de chequeo

Encuestas de Origen y Destino en Estacionamientos:

Para determinar los orígenes, destinos, propósitos y distancia a pie, es necesario hacer contacto personal con los choferes que se estacionan. Estas entrevistas pueden ser realizadas llevando a cabo cuestionarios personales. El propósito de las encuestas es investigar el patrón, los destinos y las distancias a pie después de estacionar de manera que se pueda medir la demanda por espacios de estacionamiento bajo la hipótesis que a todo conductor le gustaría estacionar en el lugar de destino del viaje. (Territorio(Mexico))

Encuestas Personales:

Los sitios donde se pueden hacer este tipo de entrevistas son variados. Se pueden llevar a cabo en estacionamientos sobre la vía, en estacionamientos públicos y privados o a la salida de generadores de viajes tales como centros comerciales, edificios de oficinas, hospitales, entre otros. Las preguntas a serle hechas a los choferes varían de acuerdo a la actividad que realicen (estén entrando o saliendo del estacionamiento, o al origen o destino del viaje). A continuación, se ilustra una cédula típica que se utiliza para este tipo de entrevistas. Las preguntas incluyen el propósito del viaje, y el destino del chofer. Si el cuestionario se lleva a cabo en un edificio de viviendas, se le debe añadir la pregunta, ¿Reside usted aquí? Se puede preguntar también el tiempo estimado de duración de estacionamiento en el sitio. Es importante notar que las entrevistas pueden resultar costosas y que el personal usado debe estar capacitado en estudios de censo o similares.(Territorio(Mexico))

Los vehículos que ya están estacionados cuando en el momento que el entrevistador llega, se anotan como si hubieran estado estacionados por un periodo de 5 minutos antes de iniciar la encuesta. Los choferes de estos vehículos son entrevistados cuando regresan a sus vehículos y el estimado del tiempo de permanencia es obtenido, substituyendo el valor usado anteriormente.(Territorio(Mexico))

Tarjeta de entrevista de estacionamientos.

Esta cédula es usada para determinar sólo las características durante la Hora de máxima demanda. Se deja en los automóviles estacionados para que los conductores las envíen.(Territorio(Mexico))

ENTREVISTA DE ESTACIONAMIENTOS

Estimado Conductor:

Por favor ayúdenos a mejorar el servicio de estacionamientos en la ciudad respondiendo las siguientes preguntas.

· La razón de estacionarme en esta zona es:

1. Estoy empleado o tengo mi negocio en el centro
2. Estoy de compras (razón principal)
3. Estoy en un viaje de negocios (banco, medico, etc.)
3. Otras razones (por favor especifique)

· Después de estacionar mi auto, yo caminé hasta (indique la dirección del edificio visitado) _____

· Yo manejé hasta este cajón desde (indique donde comenzó el viaje, la intersección más cercana, ciudad) _____

· Me estacioné en este cajón por un tiempo aproximado de: _____

Horas y _____ minutos

·Comentarios _____

Fuente: (Territorio(México))

2.2- Análisis estadístico para el procesamiento de datos provenientes del diagnóstico.

Procesamiento de los datos

Cuando los datos son agrupados sistemáticamente de acuerdo con la frecuencia con que ocurren (como por ejemplo la agrupación de velocidades en un estudio de velocidades instantáneas), la tabulación resultante es una distribución de frecuencias. Si la recolección de información está basada en el tiempo de ocurrencia de los eventos (como el paso de vehículos en un estudio de volúmenes de tránsito), entonces el arreglo de los valores resultantes se define como una serie de tiempo o una distribución basada en tiempo de ocurrencia del evento. Cuando los datos son organizados de acuerdo a la ubicación geográfica (como la ubicación de accidentes en un plano de vialidades), la distribución es llamada distribución espacial. Todas estas distribuciones se usan comúnmente en ingeniería de tránsito.(Territorio(Mexico))

Distribución de Frecuencias

Desarrollar un cuadro de frecuencias es una manera conveniente de agrupar los datos para los efectos de la ingeniería de tránsito. Para desarrollar el cuadro es necesario seleccionar los grupos o clases. Si se seleccionan demasiados o muy pocos grupos, se pueden perder muchos detalles en la reducción de datos. En general, el número apropiado de clases o grupos varía entre 8 y 20.(Territorio(Mexico))

Después de que los datos de campo han sido recolectados, la variación total entre las medidas se determina substrayendo el valor más bajo del valor más alto. Esta variación se divide entre 8 y 20 para estimar los tamaños máximos y mínimos de los grupos respectivamente, de manera que sean razonables para los datos observados.(Territorio(Mexico))

Después de haber seleccionado el tamaño de los grupos dentro de los límites de los valores mínimos y máximos, los límites de los grupos son seleccionados, de manera que se defina el número de datos muestreados que están contenidos en cada grupo. Los límites de los grupos se escriben con la misma precisión de los datos aforados

originalmente. El valor medio es el punto medio del grupo en cuestión.(Territorio(Mexico))

Después que los límites de las clases o grupos han sido definidos, cada observación del campo se coloca en su grupo apropiado. Sumando el número de entradas de cada clase o grupo, se obtiene la frecuencia de los eventos para cada clasificación en el estudio de tránsito. El cuadro resultante de eventos en los diversos grupos es la distribución de frecuencias.(Territorio(Mexico))

La distribución de frecuencias relativa se obtiene dividiendo los eventos de cada grupo entre el tamaño de la muestra. La sumatoria de las frecuencias relativas debe totalizar 1.0. El uso de frecuencias relativas, expresadas como proporciones o porcentajes, permite la comparación directa de los resultados obtenidos por diversos estudios con diferentes tamaños de muestra. La distribución de frecuencias acumuladas provee una lista de la frecuencia total de las observaciones que son mayores o menores que un valor específico. Por lo tanto, la distribución de frecuencias acumuladas se puede obtener indiferentemente comenzando al principio o al final del cuadro de frecuencias. La distribución de frecuencias acumuladas se obtiene directamente de la distribución de frecuencias.(Territorio(Mexico))

Inferencia Estadística

Para la interpretación de los resultados de los estudios de ingeniería de tránsito, pueden usarse varias técnicas de inferencia estadística. La inferencia estadística permite la generalización de resultados de un muestreo para describir la población o universo de donde proviene el muestreo. Para el desarrollo de inferencias estadísticas se usan probabilidades. A continuación, se presentan algunos métodos usados para inferencias estadísticas. Más información de la materia se presenta en cualquier texto de estadística.(Territorio(Mexico))

Valores estadísticos son usados para describir una población entera. Sin embargo, la validez de esta descripción depende de la confiabilidad de los datos y de lo representativos de la población que tratan de describir. Los requerimientos para un muestreo representativo son(Territorio(Mexico)):

1. La muestra debe ser seleccionada sin sesgo
2. Los componentes del muestreo deben ser completamente independientes los unos a los otros
3. No debe haber diferencias entre las áreas de donde se recopilan los datos
4. Las condiciones deben ser las mismas para todos los elementos que constituyen el muestreo

Confiabilidad del Muestreo según el Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito (Territorio(Mexico))

Asumiendo que el muestreo ha sido recopilado sin sesgo alguno, es posible calcular el error debido al azar por medio del cálculo de intervalos. El cálculo del intervalo de la media de una población en particular tiene mucha utilidad para ciertos estudios de ingeniería de tránsito. Los intervalos de la media de una población están dados por la siguiente inecuación:

$$\bar{x} - \frac{t_{\alpha}S}{\sqrt{N}} < \mu < \bar{x} + \frac{t_{\alpha}S}{\sqrt{N}}$$

donde,

μ = media de la población

\bar{X} = media del muestreo

S = desviación estándar del muestreo

t = estadística de la distribución "t" para (N-1) grados de libertad y la probabilidad definida por α

N = número de observaciones

La expresión $\left(\frac{S}{\sqrt{N}}\right)$ es el error estándar de la media estimada. Diferentes valores para la distribución t pueden ser obtenidos de tablas estadísticas para determinados grados de libertad y para los niveles de α seleccionados. Los términos a los lados de μ en la

ecuación anterior, definen los límites del intervalo de confianza. Un coeficiente de confianza del 95 por ciento provee un intervalo de confianza estimado de utilidad para la mayoría de los objetivos de los estudios de tránsito.(Territorio(Mexico))

Cuando en un estudio los resultados son expresados como una proporción o porcentaje, la precisión de los estimados de estas proporciones se calcula de la siguiente forma:

$$p - t_{\alpha} \sqrt{\frac{pq}{N}} < P < p + t_{\alpha} \sqrt{\frac{pq}{N}}$$

donde,

P = proporción de la población

p = proporción del muestreo

q = 1,0 – p

t = estadística de la distribución t para (N-1) grados de libertad y la probabilidad definida por α

N = número de observaciones

El término $\sqrt{\frac{pq}{N}}$ es el error estándar del estimado de la proporción.

Prueba de Significancia según el Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito (Territorio(Mexico))

Es importante saber, en estudios de antes y después, si los datos son significativamente diferentes o las diferencias encontradas son debidas a variaciones aleatorias del muestreo. De allí se deriva la importancia de las pruebas de significancia.(Territorio(Mexico))

Si se toman dos muestreos de la misma población, es muy probable que sus medias aritméticas sean diferentes. Si son de la misma población, las diferencias entre las medias de los muestreos se deben sólo al azar y está sujeta a las leyes de probabilidades.

Dependiendo del número de observaciones de los muestreos, las diferencias de las medias de muestreos de la misma población varían. En la medida en que el tamaño de los muestreos sea mayor, las diferencias entre las medias serán menor.

Debido a que las diferencias entre medias de una población dada ocurren debido al error aleatorio, estas diferencias están sujetas a las leyes de probabilidades y siguen una curva normal. Cualquier diferencia de una magnitud tal que caiga en un punto extremo de la curva normal, no se debe sólo al error aleatorio y, representa una diferencia de magnitud significativa.

La prueba de significancia para comparar medias de dos poblaciones con varianzas diferentes se basa en muestreos con un número de observaciones mayor o igual a 30. El test estadístico para la comparación está dado por la ecuación siguiente:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}}}$$

donde,

t = estadística de la distribución t.

X_1 = media del primer muestreo

X_2 = media del segundo muestreo

S_1 = desviación estándar del primer muestreo

S_2 = desviación estándar del segundo muestreo

N_1 = número de observaciones en el primer muestreo

N_2 = número de observaciones en el segundo muestreo

El valor calculado de t se compara con el valor crítico t_c (en las tablas de valores para la distribución t , para un determinado nivel de confianza e infinitos grados de libertad) para determinar la significancia de la diferencia entre las medias de dos muestreos. El valor de t_c se selecciona de acuerdo a un nivel específico de significancia (α). Un valor de 0.05 se escoge a menudo para el nivel de significancia. Sin embargo, valores de α entre 0.01 y 0.10 están dentro del rango apropiado para la mayoría de las evaluaciones de datos de tránsito.(Territorio(Mexico))

Si el valor absoluto del valor calculado de t es mayor que t_c , entonces la diferencia entre las dos medias es considerada significativa. La prueba de significancia para la diferencia entre dos proporciones o porcentajes está dada por la siguiente ecuación:

$$t = \frac{p_1 - p_2}{\sqrt{p_0 q_0 \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)}}$$

donde,

t = estadística de la distribución t .

$$p_0 = \frac{p_1 N_1 + p_2 N_2}{N_1 + N_2}$$

p_1 = proporción observada en el primer muestreo

p_2 = proporción observada en el segundo muestreo

N_1 = número de observaciones en el primer muestreo

N_2 = número de observaciones en el segundo muestreo

$q_0 = 1.0 - p_0$

2.3- Métodos para el procesamiento de datos provenientes del diagnóstico.

2.3.1- Procesamiento de datos de flujos vehiculares.

Métodos para la medición de las demoras en las intersecciones según el Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito (Territorio(Mexico)) :

Métodos de Tiempos de Viaje: Miden el tiempo de viaje desde un punto antes de la intersección hasta un punto después de ésta. Entre estos métodos figuran los discutidos en secciones anteriores, como el método del vehículo flotante.

Métodos de Tiempo durante el cual el vehículo permanece parado: Estos métodos miden sólo las demoras durante las cuales el vehículo permanece parado. Reducciones de velocidad no son consideradas en este método. El procedimiento se describe a continuación:

- Contar el número de vehículos que se paran en un afluente de la intersección en intervalos sucesivos
- Contar el volumen del afluente, incluyendo los vehículos que paran y los que no paran

Los fundamentos de los métodos preceden de las siguientes formulas:

Demora total de tiempo parado (veh-seg)

$$DTP = (VTP) * (IM)$$

donde:

DTP = demora total de tiempo que los vehículos permanecen parados

VTP = volumen total de los vehículos que se paran en el afluente durante el muestreo

IM = Intervalo del muestreo

Demora media de los vehículos que se paran (seg.)

$$DMP = \frac{DTP}{VTP}$$

Demora media de parada para todos los vehículos en el afluente (seg)

$$DMPT = \frac{DTP}{VT}$$

donde:

DMPT = demora media de parada para todos los vehículos en el afluente.

VT = volumen total aforado en el afluente durante el muestreo.

Porcentaje de vehículos que paran (%)

$$\%VP = \left(\frac{VTP}{VT} \right) * 100$$

donde, %VP = porcentaje total de los vehículos que se paran durante el muestreo.

Microsimulador de Trafico Paramics (PARAllelMICroscopicSimulation):

En el diseño y evaluación de medidas de gestión de tráfico, los paquetes de simulación microscópica de tráfico son una herramienta poderosa para cuantificar impactos sobre el funcionamiento de la red vial en casos donde no es posible encontrar resultados analíticos, y además permiten apreciar visualmente sus efectos. En general, los microsimuladores de tráfico basan el movimiento vehicular en tres modelos: Seguimiento vehicular, Cambio de pista, y Aceptación de brechas.

PARAMICS presenta ventajas comparativas importantes: Tiene un mejor acercamiento al transporte público en cuanto los vehículos que lo conforman tienen tiempos de detención asociados a los “usuarios” que suben y bajan de éstos; y dispone

de interfaz de programación que permite incorporar nuevas rutinas que enriquezcan y/o reemplacen parte de las funciones de las que dispone.

El simulador PARAMICS tiene tres fuentes de información a ocupar como entrada: Oferta vial; Oferta de transporte público; y Demanda, en la que se diferencia al transporte público del transporte privado (Burgos 2006).

Software de microsimulación VISSIM (VerkehrInStadten – SIMulation):

Es un medio computacional de microsimulación utilizado para realizar estudios del funcionamiento del tráfico multimodal (Arrieta, 2013)

También permite representar a todos los usuarios de la vía pública y estudia sus interacciones. Entre ellos se encuentran los vehículos, peatones, entre otros. Para lograr esto, se harán asignaciones individuales de cada uno de ellos para hacer una réplica de la realidad.

Vissim está basado en los parámetros psicofísicos del seguimiento vehicular propuesto por el profesor Wiedemann. Entre sus aplicaciones más destacadas están el de proyectar el tránsito urbano y operaciones del transporte público, así como el análisis de la configuración de carriles, composición del tráfico, semaforización, etc. Es así que se convierte en una herramienta útil para la evaluación de las alternativas basadas en el diseño y el planeamiento del tránsito y transporte (Gao, 2008).

Su principal tarea es conseguir la adecuada representación del comportamiento de la conducción vehicular en el tránsito. Para lograrlo, se debe tomar en cuenta la dinámica seguida por los distintos tipos de vehículos en interacción.

Está internamente compuesto por dos funciones: el simulador del tráfico y el generador de estados de señales. El primero de estos permite la animación de la circulación de los vehículos; mientras que el segundo genera internamente archivos de salida con acumulación de datos estadísticos como tiempos de viaje y longitudes de cola (Bloomberg, 2000).

La microsimulación en los proyectos es representada por las redes viales, los peatones, los vehículos y otros elementos que se registran como datos de entrada en este software. Se espera que este software lidere el mercado en cuanto a programas de microsimulaciones para estudios del tránsito.

Modelo TSIS:

El modelo TSIS (Traffic Software Integrated System) es un conjunto de programas que utiliza el microsimulador de tráfico CORSIM (CORridor SIMulation) que se ha venido desarrollando desde 1994, el que, a su vez, se compone de los modelos NETSIM (NETwork SIMulation) para redes viales urbanas y FRESIM (FREeway SIMulation), para autopistas. Además, dispone de un editor gráfico para la entrada de datos de la red llamado TRAFFED (TRAFFic EDitor) y un módulo de animación gráfico llamado TRAFVU (TRAFFic Visualization Utility) (Fernández 2010).

Como en todo modelo de tráfico, se hace una abstracción de la red vial mediante un grafo de nodos y arcos. Los nodos representan las intersecciones que pueden tener distintas formas de regulación. Los arcos simbolizan los tramos de vía entre intersecciones, pueden ser bidireccionales o unidireccionales y tener varias pistas, con diferentes usos exclusivos o compartidos (viraje, sólo bus, auto compartido o “carpool”).

Se muestra una instantánea de la simulación animada de la operación de un tramo de vía en TRAFVU. En azul se aprecian los subparaderos de la estación dividida y en gris el área de parada. La segregación se ve artificialmente ancha debido a que en TSIS dos nodos para delimitar arcos paralelos no pueden estar a menos de 15,25 m (50 pies), pero en la realidad la separación no supera los 0,20 m de ancho. Además de la simulación animada, TSIS entrega un archivo de texto con distintos indicadores por arco y para la red en su conjunto, tanto para autos como para buses (Fernández 2010).

Modelo CORBUS:

Este modelo desarrollado por Valencia (2008) representa macroscópicamente la progresión de vehículos de transporte público segregados del resto del tráfico, el cual incorpora todas las potenciales fuentes de demoras como: travesía en arcos, demoras en

intersecciones y demoras en paraderos. En su construcción se definieron los elementos constituyentes que permitieran estudiar los efectos de la prioridad en vías, intersecciones y paraderos, como ubicación de paraderos, posibilidad de adelantamiento en paraderos, programación de semáforos, interacción paradero-semáforo y efectos de tasas de aceleración y frenado de los vehículos de transporte público. Los vehículos representados pueden ser tranvías, buses guiados, articulados o convencionales. Esta especificación da origen a tres modelos constituyentes: modelo de arco, modelo de intersecciones y modelo de paraderos. Estos entregan componentes aditivas del tiempo total de viaje que permiten calcular la velocidad comercial en el corredor como índice de rendimiento global.

El modelo arco describe el comportamiento de los vehículos de transporte público a través del tiempo en movimiento en el arco considerando el largo del tramo del corredor y una velocidad de recorrido en movimiento en los tramos, asumida no afectada por intersecciones o paraderos y constante en todo el corredor. Las intersecciones son modeladas con funciones tradicionales de demora uniforme y excedente de los vehículos considerando además el tiempo perdido por aceleración y frenado y el número promedio de detenciones por vehículo. El modelo de paraderos describe la demora por transferencia de pasajeros, las demoras por congestión en el paradero y las demoras en cola antes de entrar al paradero. Estas son calculadas mediante funciones calibradas con el programa de simulación de paraderos IRENE (Jorquera, 2002). El modelo entrega índices de rendimiento del corredor, principalmente demoras y colas en cada uno de sus elementos, y la velocidad comercial del corredor.

CORBUS también puede calcular el espaciamiento óptimo entre paraderos que se obtiene según el enfoque de Gibson y Fernández (1995) que minimiza los costos sociales de usuarios y operadores. Los datos requeridos son el flujo de buses, la demanda de pasajeros que sube y baja, la tasa de ocupación de los buses y una estimación a priori de la demora promedio en paraderos, la que luego es corregida en base a los resultados del modelo. CORBUS está codificado en C++ y está basado en opciones de menús para acceder a los distintos módulos que lo componen.

El menú de entrada de datos requiere información del largo del corredor, tasas de aceleración y frenado, flujo de saturación de la vía exclusiva, flujo de buses, velocidad en

movimiento, tasas de ocupación de los buses, proporción de buses que se detienen en paraderos e intersecciones, densidad de pasajeros que suben y bajan en el tramo, programación de semáforos, número de sitios de los paraderos, entre otros.

En el menú principal se realizan las operaciones de cálculo del menú arcos, cálculo de capacidad de paraderos, cálculo de demora en paraderos, intersecciones y velocidad comercial. En el primer caso el modelo de arcos determina los tiempos consumidos en el corredor determinando el número de tramos en él. El cálculo de la capacidad está ligado con la modalidad de operación del paradero. Dentro de este menú existe la opción de ingresar el número medio de pasajeros que sube y baja en cada uno de los paraderos o que el programa calcule el número óptimo de estos en el tramo del corredor.

El modelo paraderos calcula las demoras por transferencia de pasajeros, por congestión interna y en cola para cada uno de ellos. Aquí se presenta un menú secuencial donde se calcula internamente la demora por transferencia de pasajeros de cada paradero. Posteriormente, el programa calcula las demoras internas en cada paradero, asignando los parámetros asociados al número de sitios por paradero considerando el proceso de salida, formalidad y la existencia de semáforos.

El cálculo de la demora en intersecciones se realiza a partir del número y programación de semáforos, ingresando el tiempo de ciclo y el verde efectivo en cada una. CORBUS calcula la capacidad, el grado de saturación, demoras y colas en cada intersección. Calculadas todas las fuentes de demoras en el corredor y considerando las variables y parámetros que describen cada escenario, el programa calcula la velocidad comercial. La forma en que se entregan los resultados es a través de un archivo de salida(Fernández 2010).

2.3.2- Procesamiento de datos de flujos peatonales.

Método para caracterizar la calidad peatonal de entornos de movilidad (CPEM):

La metodología propuesta supone una herramienta útil si tenemos en cuenta dos aspectos: permite evaluar los entornos para la promoción de la movilidad peatonal y, como herramienta versátil que permite adaptarse a diferentes casos de estudio. Entrando

en detalle en la metodología CPEM, ésta tiene como finalidad medir aquellas características presentes en los entornos de movilidad y su influencia sobre el desplazamiento peatonal. En dicho sentido, la presencia de características físicas y de calidad en los entornos de movilidad no sólo satisfará los condicionantes peatonales, sino que, favorecerá el desplazamiento de las personas que van a pie por dichos entornos.

La aplicación del método CPEM consta de tres fases: selección de indicadores, estandarización o normalización de resultados y aplicación del caso de estudio.

Fase I. Selección de indicadores

La caracterización peatonal de los entornos de movilidad precisa contar con una serie de indicadores capaces de cuantificar aquellas características físicas, relacionadas con las principales cualidades del diseño urbano, que forman parte de los condicionantes del desplazamiento de las personas que van a pie por la vía pública. Estos indicadores están basados en una serie de criterios de buenas prácticas para la selección de indicadores, entre los cuales se encuentran la representatividad, la facilidad de aplicación y la comprensión (Litman, 2012). Representatividad para reducir el número de indicadores lo máximo posible, sin que con ello pierda validez el análisis de las cualidades de diseño urbano que repercuten en los aspectos condicionantes. Facilidad de aplicación para que la información que se deba introducir esté disponible en las administraciones o sean sencillas de adquirir, así como facilidad de manejo del indicador que permita ser aplicada por los diferentes actores. Por último, los indicadores deben ser comprensibles por parte de cualquier actor que participe en el proceso, sin que sean necesarios conocimientos técnicos o complejos en la materia.

Fase II. Estandarización de resultados

La estandarización de los resultados de cada uno de los indicadores propuestos permite obtener una información sobre la calidad de cada factor que puede ser fácilmente comparable y entendible por parte de los diferentes actores. Bajo este contexto, se lleva a

cabo una estandarización de los valores en función de la diversa bibliografía científica existente al respecto, manuales de diseño urbano y buenas prácticas. Esta estandarización se compone de cinco categorías o niveles de calidad, que son resultado de las características presentes en las calles del entorno de movilidad analizado.

Tabla de estandarización de los resultados en niveles de calidad peatonal

Nivel de calidad peatonal	Sección peatonal (m)	Fricción modal Velocidad (km/h) y carriles	Ruido Lden (dBA)	Densidad de arbolado (arb./km ²)	Ratio entre la anchura y la altura Anch/Alt	Complejidad comercial (comercios/ha)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
I	> 3	Peatonal	< 60	> 10.000	1:2-1:3	≥ 64
II	3-1,8	20-30	60-65	10.000-2.500	3:2-1:2	40-64
III	1,8-1,2	50 y 1 carril	65-70	2.500-1.000	3:2-3:1 / 1:3-1:4	25-40
IV	1,2-0,9	50 y 2 carriles	70-75	1.000-650	> 3:1*	9-25
V	< 0,9	50 y ≥ 3 carriles	>75	< 650	< 1:4	< 9

Los valores indicados en la tabla se establecen a partir de la interpretación de la información contenida en las siguientes referencias.

1. Manchón et al. (1995); Prinz (1986); Sanz (2008)
2. Sanz (2008)
3. EEA (2010)
4. Manchón et al. (1995)
5. Alitoudert y Mayer (2006); Bentley (1999); Jacobs (1993); Pozueta Echavarri et al. (2009)
6. Intervalos obtenidos mediante cuantiles

Fase III. Aplicación al caso de estudio.

El método de caracterización peatonal de entornos de movilidad (CPEM) se caracteriza por ser flexible, lo que facilita su adaptación y su aplicación a diferentes casos de estudio según las necesidades específicas. De esta forma, el método puede ser aplicado en diversas escalas y con diferentes enfoques (más técnicos o más orientados a la decisión).

Una vez caracterizados los entornos de movilidad, la aplicación del método CPEM permite obtener, de manera detallada, las implicaciones de cada uno de los entornos descritos respecto a la calidad peatonal, a través de la evaluación de los aspectos que condicionan la movilidad de las personas que se desplazan a pie (Ruben Talavera-García 2012).

2.3.3- Procesamiento de datos de infraestructura vial.

Método de cálculo para el diseño de pavimentos flexibles y semirrígidos de carreteras y calles, desarrollado por la NC 334: 2004:

El método consiste en calcular el espesor total equivalente a una base granular de 500MPa, con una carga de 100kN, utilizando el tráfico de diseño y la resistencia de la subrasante. Con ayuda de los coeficientes de equivalencia de espesores, se conforma la estructura definitiva, sustituyendo cada parte del espesor total con materiales de otras características resistentes, para la superficie, base y subbase. La ecuación de comportamiento, los coeficientes de equivalencia y espesores mínimos que se usan en la norma, han sido validados mediante procedimientos de cálculo analítico (Normalización 2004).

Procedimiento:

1. Análisis del tráfico para el diseño.

La Intensidad Diaria de Vehículos Pesados (IDC0) en el carril de diseño, durante el primer año de servicio, se obtiene mediante:

$$ICD_0 = PAIDT_0 * \frac{Pvp}{100} * \frac{Pcd}{100} * k$$

El tránsito inicial, PAIDT0, se estima a partir de los estudios para construir la vía o sobre la base del uso potencial de la tierra u otros factores. La composición y distribución del flujo en la sección transversal está dada por los siguientes parámetros:

k: Distribución por sentido de circulación.

PVP: Porcentaje de vehículos pesados respecto al total (%).

PCD: Porcentaje de vehículos pesados en el carril de diseño (%).

El coeficiente k tiene en cuenta la distribución del tráfico total por sentido de circulación, generalmente el valor puede ser asumido como 0,5 (tráfico balanceado). El proyectista debe tener en cuenta otras circunstancias, donde pueden presentarse más vehículos en un sentido que en otro y utilizar un valor de k en consecuencia.

Los parámetros PVP y PCD se obtienen mediante recuentos, en una vía existente de características similares a la del proyecto. En ausencia de datos más precisos, pueden utilizarse los valores que se muestran en la tabla. Los factores, propuestos para cada categoría de vía, son el resultado de recuentos clasificados, realizados durante varios años, en arterias urbanas, autopistas, y en varias vías rurales, mediante el Método indirecto de determinación de las cargas del tráfico.

Composición típica del tránsito para diferentes tipos de vías

TIPO DE VIA		PORCENTAJE DE VEHICULOS PESADOS	
		EN LA CORRIENTE VEHICULAR (P _{VP})	EN EL CARRIL DE DISEÑO (P _{CD})
CALLES Y AVENIDAS COLECTORAS	Con limitación de camiones, sin excluir ómnibus.	30 – 40	55 – 65
	Sin limitación a la circulación de camiones	45 – 50	
ARTERIAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS	Dentro del casco urbano	40 – 50	Principales (80 – 85) Secundarias (70-80)
	En accesos a la ciudad.	50 – 60	
ARTERIAS Y OTRAS CARRETERAS EN ÁREAS SUBURBANAS.		60 – 65	2 carriles 100 4 carriles (70 – 85) 6 ó más (50 – 70)
CARRETERAS RURALES DE CATEGORÍAS I, II Y AUTOPISTAS.		60 - 70	
NOTA: En las vías urbanas, en todos los casos, se refiere a vías de cuatro carriles de circulación.			

Fuente: (Normalización 2004).

El número de ejes equivalentes de cálculo (ΣN), que circularan durante el periodo de diseño se obtiene mediante:

$$\Sigma N = 365 * ICD_0 * K_r * F_{ce}$$

$$K_r = \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)}$$

K_r : Factor que toma en cuenta la acumulación de ejes de tránsito hasta el año n

r : Razón de crecimiento del tránsito

F_{ce} : Factor camión-eje

Factor camión-eje de acuerdo al tipo de estructura (F_{ce})

TIPO DE VIA		FACTOR CAMION-EJE	
		FLEXIBLES	SEMIRIGIDAS
CALLES Y AVENIDAS COLECTORAS	Con limitación de camiones, sin excluir ómnibus.	0,30 - 0,35	0,15 - 0,23
	Sin limitación a la circulación de camiones	0,35 - 0,40	0,23 - 0,30
ARTERIAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS	Dentro del casco urbano	0,25 - 0,30	0,11 - 0,19
	En accesos a la ciudad.	0,30 - 0,35	0,15 - 0,23
ARTERIAS Y OTRAS CARRETERAS EN ÁREAS SUBURBANAS.		0,35 - 0,40	0,23 - 0,30
CARRETERAS RURALES DE CATEGORÍAS I, II Y AUTOPISTAS	Autopistas y carreteras de categoría I	0,70 - 1,00	0,55 - 0,80
	Otras vías rurales	0,55 - 0,70	0,40 - 0,55

Fuente: (Normalización 2004).

Nota: Los pasos siguientes no son objeto de estudio de la tesis. Para un análisis más exhaustivo se recomienda como referencia bibliográfica la NC 334:2004.

2. Resistencia de cálculo para la subrasante.
3. Estructura del pavimento.

2.3.4- Procesamiento de datos de infraestructura peatonal.

Método para el análisis de capacidad peatonal (Ochoa 2001):

Procedimiento de aplicación.

1. Vías peatonales

a) Se determinan los siguientes datos:

- Intensidad peatonal de los 15 min. pico I_{p15} en pt/15 min. resultado de aforar durante distintos períodos de tiempo a lo largo del día.
- Anchura total de la vía peatonal, A_p en m.
- Identificación de los obstáculos en la vía.

Nota: Para el caso de proyectos futuros, se deberá realizar análisis sobre la demanda prevista, en relación con el diseño de la vía.

b) Obtención de la anchura efectiva de la vía A_e , mediante datos de campo y la fórmula siguiente:

$$A_e = A_t - A_l$$

Donde:

A_e = Anchura efectiva en m

A_t = Anchura total en m

A_l = Anchura del mobiliario urbano no utilizables como postes de la luz, macetas, entre otros, en m

c) La intensidad unitaria I , en pt/min/m

$$I = I_{p15} / 15A_e$$

Donde:

I_p = Intensidad peatonal de ambos sentidos de la vía peatonal en los 15 min. Pico.

d) La intensidad de los pelotones se puede estimar como:

$$I_{pe} = I + 13.12$$

e) El nivel de servicio se obtiene comparando la intensidad unitaria, o la intensidad de pelotón, según sea el caso, con los criterios de la tabla 1.

2. Esquinas de acera.

a) Obtención del tiempo-espacio total disponible en la esquina.

$$T_e = \frac{S \cdot C}{60}$$

Donde:

T_e = Tiempo espacio total en m^2 - min.

C = Duración del ciclo del semáforo en segundos.

S = Área neta de la esquina.

$$S = A_b A_s - S_m$$

Donde:

$A_b A_s$ = Anchura de las aceras de la esquina en m.

R = Radio del bordillo de la esquina, en m.

S_m = Superficie no utilizada por el peatón debido a la existencia de mobiliario urbano en m^2 .

b) Cálculo de los tiempos de espera en las zonas de espera.

Tiempo de espera debido al cruce peatonal de la calle secundaria, realizado durante la fase verde de la calle principal.

$$T_{es} = [I_s (T_{frs}/C) T_{frs}/2] / 60$$

Donde:

T_{es} = Tiempo de espera debido al cruce de la calle secundaria en min-pt.

I_s = Número de peatones por ciclo de semáforo que cruzan la calle secundaria en *pt/ciclo* en segundos.

T_{frs} = Tiempo de la fase roja del ciclo para los vehículos y peatones que circulan a lo largo de la calle secundaria, en segundos.

C = Duración del ciclo de semáforos, en segundos.

c) Determinación de la demanda del tiempo-espacio de la zona de espera.

$$D_{tte} = A_{pe} (T_{es} + T_{ep})$$

Donde:

D_{tte} = Demanda del tiempo-espacio de la zona de espera en m^2 -min

$A_{pe} = 0.45 m^2/pt$ = Área promedio de un peatón en espera.

T_{es} = Tiempo de espera debido al cruce peatonal de la calle secundaria.

T_{ep} = Tiempo de espera debido al cruce peatonal de la calle principal.

d) Determinación del tiempo-espacio neto de la esquina, disponible para la circulación. Es el espacio total disponible, menos el ocupado por los peatones

$$T_{end} = T_e - D_{tte}$$

Donde:

T_{end} = Tiempo-Espacio Neto Disponible para la circulación, en m^2 - min.

T_e = Tiempo-Espacio Total, en m^2 -min

Dtte = Demanda Tiempo-Espacio ocupado por los peatones, en m^2 -min

- e) Cálculo de la intensidad total de peatones en circulación, en cada ciclo semafórico. Es la suma de todos los flujos peatonales que acceden a la esquina.

$$I_t = I_{ce} + I_{cs} + I_{ds} + I_{ab}$$

- f) Cálculo del Tiempo Total de Circulación, utilizado por los peatones al circular.

Es el tiempo que los peatones emplean en atravesar la zona de la esquina. Considerando como tiempo medio de circulación por peatón 4 seg., el cálculo del tiempo total de circulación se obtiene utilizando la fórmula:

$$T_{tc} = I_t \times 4/60$$

Donde:

T_{tc} = Tiempo total de circulación en pt-min

I_t = Intensidad Peatonal Total de circulación en pt.

- g) Obtención de la superficie de circulación por peatón.

$$M = T_{end}/T_{tc}$$

Donde:

M = Superficie de circulación por peatón en m^2 /pt.

T_{end} = Tiempo-espacio neto disponible, en m^2 - pt.

T_{tc} = Tiempo total de circulación, en pt - min.

- h) Determinación del nivel de servicio en la esquina.

El nivel de servicio existente en la esquina se obtiene comparando la superficie de circulación por peatón con los criterios de la tabla 1.

3. Análisis de pasos peatonales

a) Obtención del tiempo-espacio total disponible.

$$T_{et} = Sx (T_{fv} - 3)/60$$

Donde:

T_{et} = Tiempo-espacio total disponible, en m^2 - min.

S = Superficie del paso peatonal en m^2

T_{fv} = Tiempo de la fase en luz verde para el paso de peatones.

La superficie S del paso peatonal resulta de multiplicar el largo por el ancho del paso.

b) Cálculo de los tiempos medios de cruce.

Considerando una velocidad promedio de marcha peatonal de 1.37 m/seg.

$$T_c = L/1.37$$

Donde:

T_c = Tiempo medio de cruce, en seg.

L = Longitud del paso peatonal en m.

c) Determinación del tiempo total de ocupación del cruce

$$T_{to} = (I_e + I_s) T_c / 60$$

Donde:

T_{to} = Tiempo total de ocupación del cruce, en min - pt

I_e = Intensidad peatonal de entrada al cruce, en pt/ciclo

I_s = Intensidad peatonal de salida de cruce, en pt/ciclo

T_c = Tiempo medio de cruce en seg

d) Determinación de la superficie media por peatón y del nivel de servicio medio.

$$M = Tet/Tto$$

Donde:

M = Superficie media de circulación, en m²/pt

Tet = Tiempo-espacio total disponible, en m² - min

Tto = Tiempo total de ocupación, en min – pt

El nivel de servicio se obtiene comparando la superficie media con los criterios de la tabla 1.

e) Determinación de la oleada máxima

$$OM = [(Ie+Is) (Tfr+3+Tc)]/60$$

Donde:

OM = Oleada máxima en el cruce, en pt

Ie = Intensidad peatonal de llegada al cruce, en pt - min.

Is = Intensidad peatonal de salida del cruce, en pt/min.

Tfr = Tiempo del intervalo rojo peatonal, en segundos.

Tc = Tiempo medio de cruce, en seg.

f) Determinación de la superficie de oleada máxima y nivel de servicio de oleada máxima.

$$MO = S/OM$$

Donde:

MO = Superficie por oleada máxima en m² - pt.

S = Superficie peatonal en m².

OM = Oleada máxima, en pt.

El nivel de servicio se obtiene comparando la superficie de oleada máxima con los criterios de la tabla 1.

Tabla 1. Niveles de servicio peatonal en vías peatonales

Nivel de servicio	Superficie (m ² /pt)	Intensidades y velocidades esperadas		
		Velocidad media V (m/min)	Intensidad (pt min/m)	Relación Vol/cap l/c
A	11.70	78	7	0.08
B	3.60	75	23	0.28
C	2.16	72	33	0.40
D	1.35	68	49	0.60
E	0.54	45	82	1.00
F	0.54	45	Variable	

Fuente:(Manual de Capacidad Norteamericano) (Ochoa 2001)

2.3.5- Procesamiento de datos de dispositivos de control.

Método de Webster:

Para el cálculo de los tiempos del ciclo y las fases del semáforo muchos países utilizan en la actualidad el método desarrollado por Webster en Inglaterra en los años 60 del pasado siglo, basado en observaciones empíricas y que aún mantiene su actualidad. Con este se calcula un tiempo de ciclo óptimo que resulte en demoras mínimas y mejores niveles de servicio(Menéndez 2013).

El método de Webster es universalmente aceptado precisamente por suministrar ciclos óptimos del que resultan demoras mínimas y por tanto buenos niveles de servicio, siendo

el método que adoptan la mayoría de los softwares de diseño, pero al resultar ciclos de corta duración, en muchas ocasiones se obtiene una relación volumen/capacidad (v/c) superior a los eficientes por encima de 0,85, lo que pudiera ocasionar colas por llegadas aleatorias.

Este método se basa en observaciones de campo y simulación de un amplio rango de condiciones de tránsito, demostrándose que la demora mínima de todos los vehículos en la intersección se puede obtener para una longitud de ciclo óptimo que se calcula como:

$$C_o = \frac{1,5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\varphi} S_i} \qquad S_i = \frac{\text{volúmen del carril crítico}}{\text{flujo de saturación (1800)}}$$

donde:

C_o : Tiempo óptimo de ciclo (s).

L : Tiempo total perdido por ciclo (s) que se corresponde con la suma de los tiempos de cambio y todo rojo.

s : Índice de saturación. Máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase i .

φ : Número de fases.

El intervalo de valores aceptables para la longitud de un ciclo determinado está entre el 75 % y el 150 % del ciclo óptimo, para el cual las demoras nunca serán mayores en más del 10 % al 20 % de la demora mínima (Menéndez 2013).

Método de Poisson:

El método de Poisson está basado en la determinación del tiempo de luz verde por fase a partir de la probabilidad de llegadas aleatorias de los vehículos a la intersección lo que se ajusta a esa distribución de probabilidades, prefijando un tiempo de ciclo inicial y mediante un proceso iterativo se comprueba si la suposición es correcta. Este cálculo es complicado por cuanto es un proceso de prueba y error y generalmente resultan ciclos

mayores del óptimo y valores elevados de demora con un nivel de servicio de baja calidad.

En Cuba se utiliza el método de Poisson basado en la probabilidad de llegadas aleatorias de vehículos a los accesos, desarrollado en los Estados Unidos en 1950, y que parte de proporcionar cierta eficiencia a la descarga de vehículos en los intervalos de verde, de manera que se puedan evacuar al menos el 85 % de los que llegan al acceso, pero sin tener en cuenta los parámetros de eficiencia resultantes tales como demora y capacidad (Menéndez 2013).

La distribución de llegadas de vehículos a una intersección aislada (que no esté bajo la influencia de otras intersecciones semaforizadas) está regida por una distribución de Poisson. La distribución de Poisson tiene una gran cantidad de aplicaciones en ingeniería de tránsito y vialidad. Este tipo de distribución estadística describe la ocurrencia aleatoria de ciertos eventos discretos, como por ejemplo la llegada aleatoria de vehículos a un punto sobre la vía y la ocurrencia de accidentes en ciertas localidades.(Territorio(Mexico))

La función de distribución de frecuencias está dada por la siguiente ecuación:

$$P_{(x)} = \frac{m^x e^{-m}}{x!}$$

donde,

$P(x)$ = probabilidad de x ocurrencias de un evento en particular durante un periodo de tiempo dado.

x = número de ocurrencias durante un período de tiempo dado.

m = número medio de ocurrencias en un período de tiempo dado.

La función de la distribución de frecuencias acumuladas está dada por la ecuación siguiente:

$$P_{(x \leq n)} = \sum_{x=0}^n \frac{m^x e^{-m}}{x!} = \sum_{x=0}^n P(x)$$

Aún y cuando la mayoría de las veces las llegadas de vehículos a un punto de la vía están regidas por una distribución de Poisson, a veces es necesario comprobar lo adecuado de esta suposición. El método estadístico para comprobar lo adecuado de la suposición anterior está basado en la distribución de Chi Cuadrada (χ^2). Para más información sobre esta metodología, referirse a cualquier texto de estadística. (Territorio(Mexico))

Synchro 8.0:

Synchro 8 es un software que se aplica para el estudio y diseño de los sistemas de semaforización principalmente en intersecciones donde la mayor afluencia de tránsito produce congestionamientos exhaustivos y su objetivo es lograr reducir este problema lo más mínimo posible.

El software Synchro 8 es de mucha ayuda a la hora de simular el tráfico existente, con el objetivo de aplicar los tiempos de regulación necesarios a cada semáforo. Este software considera algunas condiciones con respecto al volumen vehicular y al ancho de calzada debido que internamente realiza un análisis completo para aplicar a su funcionamiento.

En primera instancia Synchro 8 permite considerar donde tomaremos las dimensiones definitivas de la vía, como el ancho y longitud estimando las distancias que existen entre cada semáforo, estas condiciones se activan cuando dibujamos las intersecciones de la vía. En esta parte podemos generar los sentidos que contienen las carreteras y los giros en las intersecciones.

Luego, configuramos la tabla de ajustes de volumen, donde principalmente el programa demanda el volumen de tráfico de vehículos y peatones tomando en cuenta los conflictos que existen en cada intersección y a su vez el tipo de automotores que circulan por la vía.

Además, Synchro 8 contiene más tablas enlazadas para optimizar los ajustes de fases con respecto a los semáforos como “detector settings” y “simulation settings” donde también

obtenemos los datos respectivos por las simulaciones de tránsito en el programa(Arpi 2017).

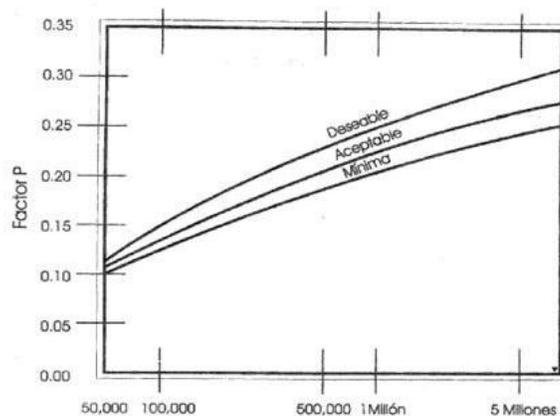
2.3.6- Procesamiento de datos de estacionamientos.

Determinación del Factor de Espacios de Estacionamiento para la Zona Centro según el Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito (Territorio(Mexico)):

Para estimar el número de espacios necesarios en la zona centro de ciudades entre 50,000 y 10 millones de habitantes, se puede aplicar el procedimiento siguiente:

1. Estimar el número de viajes por persona con destino al centro de la ciudad en un día
2. Estimar el porcentaje de estos viajes que se hace en modalidad automóvil particular
3. Calcular el número de destinos de viajes diarios al centro usando vehículos privados (multiplicar 1 por 2)
4. Leer el valor apropiado de “p” en la Figura
5. Calcular el número de espacios requeridos en el centro (multiplicar 3 por 4)
6. Calcular el número adicional de espacios requeridos comparando la demanda por espacios con los espacios disponibles

Factor de Demanda para Espacios de Estacionamientos(Territorio(Mexico))



Fuente: (Territorio(México))

2.4- Resultado de la investigación.

Luego de un análisis exhaustivo en cada uno de los estudios de tránsito, en las distintas variables del sistema vial, el autor decide que los métodos que más se adecuan a la disponibilidad tecnológica del país son:

VARIABLES	MÉTODOS	PARÁMETROS	PRESTACIONES	PERSONAL
Flujos vehiculares.	Aforos manuales.	Volúmenes de tránsito, clasificación vehicular, velocidades de circulación, dirección de los recorridos, procedencia de los vehículos, Número de pasajeros por vehículo, obediencia a los dispositivos de control.	Observación directa.	2 o más aforadores de campo.
Flujos peatonales.	Aforos manuales.	Dirección de los peatones, volumen, edades, tiempos de cruce.	Observación directa.	2 o más aforadores de campo.
Infraestructura vial.	Método indirecto para la determinación de la capacidad de carga.	Espectro de cargas del tránsito, factor camión-eje, capacidad vial, nivel de servicio, categorización vial.	Observación directa, NC334:2004, NC53-148:1985, NC853:2012.	Personal capacitado.
Infraestructura peatonal.	Análisis de capacidad peatonal.	Flujos de personas, comodidad de circulación peatonal, demanda peatonal, capacidad y nivel de servicio.	Observación directa, guías normativas a los efectos (HCM 200).	Personal capacitado.
Dispositivos de control.	Método de Webster.	Tiempos de ciclo y fases del semáforo, niveles de servicio.	Observaciones de campo y simulación de condiciones del tránsito.	Personal capacitado.
Estacionamientos.	Determinación de la demanda para espacios de estacionamientos.	Demanda de estacionamientos, estimación de números de espacios para estacionamiento.	Observaciones de campo, inventarios.	Personal capacitado.

Fuente: elaboración propia.

2.5- Contribución de los estudios de Ingeniería de Tránsito a la construcción del Cuadro de Mando Integral para el control de gestión de accesibilidad y movilidad en el centro histórico de la ciudad de Matanzas.

2.5.1- El Cuadro de Mando Integral (CMI) como herramienta para el control de la gestión de accesibilidad y movilidad.

En el número de Enero-Febrero de 1992 de la revista Harvard Business Review, el profesor de la Universidad de Harvard Robert S. Kaplan y el consultor empresarial de Boston, David P. Norton publicaron un artículo denominado “The Balanced Scorecard” (literalmente “El anotador equilibrado”) que concretaba los anteriores trabajos del profesor Kaplan sobre la medida del rendimiento de las organizaciones y que ha sido traducido a la literatura hispánica por el sonoro apelativo de: Cuadro de Mando Integral.(Fernández Hatre 2013)

Desde su aparición, los autores han escrito cinco libros, y un grupo de artículos, que marcan la evolución de esta herramienta estratégica y evidencian su carácter dinámico.

En los círculos empresariales se está considerando al CMI como una herramienta de gestión de máxima actualidad, ya que tiene la ventaja de su compatibilidad con cualquier otro modelo o paradigma que se haya implantado anteriormente. Todas las organizaciones se guían por su despliegue de objetivos y de los indicadores correspondientes; el CMI sencillamente reorganiza la elección de dichos objetivos, los integra de forma equilibrada para alcanzar la excelencia de la organización y promueve acciones para alcanzarlos de manera eficaz y coherente.(Fernández Hatre 2013) y (Comas Rodríguez 2013)

En su surgimiento, Kaplan y Norton proponen un sistema de medición de la actuación empresarial diferente, balanceado en cuatro perspectivas, que evita la parcialización hacia indicadores financieros, como ocurría en ideas similares que le anteceden, y con capacidad de medir los objetivos estratégicos.

Perspectiva financiera; los indicadores financieros son valiosos para evaluar la situación económica de las acciones realizadas. La situación financiera de una empresa indica si la estrategia puesta en práctica, influye positivamente en el desempeño organizacional.

Perspectiva del cliente; incluye la satisfacción del cliente, la retención de clientes, adquisición de nuevos clientes, rentabilidad del cliente, cuota de mercado y otros indicadores relacionados con la propuesta de valor al cliente.

Perspectiva de procesos internos; identifica los procesos críticos donde la organización debe ser excelente, tienen un mayor impacto en la satisfacción del cliente y en la consecución de los objetivos financieros de la organización.

Perspectiva de aprendizaje y crecimiento; identifica la infraestructura que la empresa debe construir para mejorar y crecer a largo plazo. Es imposible que las empresas sean capaces de alcanzar sus objetivos estratégicos si no buscan cómo incrementar sus capacidades para entregar un mayor valor a sus clientes.

En cuanto a su desarrollo futuro, existen limitaciones todavía que se deben afrontar y buscarle soluciones. Hoy, aunque es un instrumento útil para implementar estrategias ya definidas, presenta dificultades a la hora de validar y detectar la necesidad de un eventual cambio en ella. (Hernández 2018)

Como fase en la construcción del Cuadro de Mando Integral se encuentra el diagnóstico del objeto de estudio. Por lo que el compendio de métodos constituye una herramienta importante en la elaboración del CMI debido a que los métodos se basan en las distintas variables de los estudios de ingeniería de tránsito.

En la tabla 3, encontrada en los anexos, se muestran los indicadores para el control de gestión de accesibilidad y movilidad en centros históricos, a partir de la implementación del plan de acciones para cada objetivo estratégico por perspectivas del Cuadro de Mando Integral.

CONCLUSIONES

- La accesibilidad y movilidad constituyen atributos de las ciudades, indispensables para su correcto funcionamiento, por la complejidad de los procesos que esto conlleva.
- Los estudios de Ingeniería de Tránsito dirigidos a los componentes del subsistema vial, constituyen una herramienta para caracterizar el estado técnico y funcional de la vialidad urbana.
- El marco legal regulatorio nacional e internacional, aunque abarca los principios de diseño básicos para cada elemento incidente en la accesibilidad y movilidad, carece en ocasiones de los procedimientos para el diagnóstico y procesamiento de los datos.
- Existen manuales a nivel internacional que recogen métodos para el diagnóstico y procesamiento de datos, sin embargo, se hace necesaria su adecuación a las condiciones nacionales.
- Según los elementos componentes de la vialidad en los estudios de Ingeniería de Tránsito, los métodos para el diagnóstico y procesamiento de información se componen de manera general en los Aforos Manuales, Aforos Mecánicos, Vehículos de prueba, Inventarios de Estacionamientos, Sistemas HDM-III y HDM-IV, Método de Distribución de Poisson, análisis de Capacidad Peatonal, entre otros.
- Se seleccionaron según las condiciones reales de disponibilidad tecnológica existentes en el país los siguientes métodos: Aforos Manuales, Método Indirecto para la Determinación de la Capacidad de Carga, Análisis de Capacidad Peatonal, Método de Webster, Determinación de la Demanda para Espacios de Estacionamientos; para el diagnóstico y procesamiento de información de los elementos componentes de la vialidad que inciden en la accesibilidad y movilidad aplicables en la ZPCCH de la ciudad de Matanzas.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los Organismos de la Administración Central del Estado encargados de la gestión vial, a encaminar los estudios enmarcados dentro del sistema vial urbano a partir de los conocimientos expuestos en este trabajo de diploma.
2. Implementar los métodos propuestos en el compendio para desarrollar cada uno de los estudios de Ingeniería de Tránsito en las distintas variables del sistema vial a partir de la colaboración de las OACEs responsables de los procesos de gestión ante el especialista en gestión vial de la Oficina del Conservador de la Ciudad de Matanzas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

"Formato para la presentación de comentarios al Proyecto de “Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura”.”

AASHTO (1994). Diseño Geométrico de Carreteras y Calles: 486.

Alaix, V. G. V. (2007). Guía de ingeniería de Tránsito.

Alvaro H. Restrepo V, Y. A. C., Juan E. Tibaquirá G (2007). "Diseño y aplicación de una metodología para determinar ciclos de conducción vehicular en la ciudad de Pereira." Scientia et Technica.

Arpi, P. P. S. (2017). ANÁLISIS DE CONGESTIONAMIENTO VEHICULAR PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LOS SEMÁFOROS DESDE EL REDONDEL EL CAMBIO HASTA EL DISTRIBUIDOR EL BANANERO. Unidad Académica de Ingeniería Civil, Universidad Técnica de Machala: 68.

Borja, J. (2000). La ciudad del siglo XXI. El desafío del espacio público.

Burgos, R. F. C. E. C. V. (2006). "Modelación de pasajeros, buses y paraderos en Microsimuladores de tráfico. Revisión y extensiones." XIV Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte: 17.

Cal y Mayor Reyes Spíndola, R. and J. Cárdenas Grisales (2010). Ingeniería de Tránsito.

Ciudad, O. d. H. d. I. (2009). MANEJO Y GESTIÓN DE CENTROS HISTÓRICOS: Selección de conferencias de los Encuentros Internacionales IV, V, VI y VII. La Habana Vieja, 2005, 2006, 2007 y 2008.

Comas Rodríguez, R. (2013). INTEGRACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CONTROL DE GESTIÓN PARA EL ALINEAMIENTO ESTRATÉGICO EN EL SISTEMA EMPRESARIAL CUBANO. APLICACIÓN EN EMPRESAS DE SANCTI SPIRITUS. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL. FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS E INFORMÁTICA, UNIVERSIDAD DE MATANZAS “CAMILO CIENFUEGOS”. **tesis doctoral**: 171.

Corvalán, A. L. (2008). "Transporte, movilidad y exclusión. El caso de Transantiago de Chile." Revista Electrónica de Geografía y Ciencias **vol. XII**.

Díaz, J. R. (2006). Diseño Geométrico de Carreteras.

Duarte2, J. C. T. y. C. M. (2010). "De la accesibilidad a la funcionalidad del territorio: una nueva dimensión para entender la estructura urbano-residencial de las áreas

metropolitanas de Santiago (Chile) y Barcelona (España)." Revista de Geografía Norte Grande **46**: 23.

Esparza, J. E. M. (2014). Análisis de tráfico vehicular usando visión artificial en la ciudad de San Juan de Pasto. Facultad de ingeniería: 80.

Fernández, A. V. y. R. (2010). Comparación entre un modelo Macroscópico de Corredores de Transporte Público y un Microsimulador de Tráfico, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso y Universidad de los Andes, Chile.

Fernández Hatre, A. (2013). Indicadores de Gestión y Cuadro de Mando Integral. Asturias.

García, I. A. C. (1991). Estudios de Ingeniería de Transito para la Planeación Regional del Transporte Carretero. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo Leon.

González Hernández, L. (2017). Procedimiento para la planificación y control de flujos peatonales en la Zona Priorizada para la Conservación del Centro Histórico de la ciudad de Matanzas. Construcciones, Universidad de Matanzas Sede "Camilo Cienfuegos": 126.

HCM, A. A. o. S. H. a. T. O. (2000). Highway Capacity Manual: 36.

Hernández, L. V. C. (2018). Contribución al control de gestión de accesibilidad y movilidad en centros históricos. Aplicación en la ciudad de Matanzas. Departamento Industrial, Universidad de Matanzas: 112.

Ian Thomson, A. B. (2002). "La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales." REVISTA DE LA CEPAL **76**: 13.

Jeff, D. L. R. B. E. L. U. M. R. (2017). "La dimensión humana en el espacio público. Recomendaciones para el análisis y el diseño." Espacios Públicos Urbanos Serie 1: 84.

Justicia, M. d. (2010). Ley 109 Código de seguridad vial: 49.

López, R. S. M. R. I. H. D. J. A. G. (2004). Análisis de sensibilidad de los Modelos de deterioro del HDM-IV para pavimentos asfálticos. I. M. d. Transporte: 91.

Loyola Gómez, C. and E. Albornoz Del Valle (2009). "FLUJO, MOVILIDAD Y NIVELES DE ACCESIBILIDAD EN EL CENTRO DE CHILLAN AÑO 2007. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO MEDIANTE SIG." URBANO **5(18)**: 17-27.

M., C. V. V. (2015). Espacio público y movilidad urbana, Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM), Brcelona: 101.

Marcello Balbo, R. J. y. D. S. (2003). LA CIUDAD INCLUSIVA. Santiago de Chile, Chile, ONU.

Menéndez, M. L. A. M. O. H. (2013). "Comparación de dos métodos de diseño para ciclos de semáforos " Revista cubana de Ingeniería Vol. IV.

Moreno Maldonado, M. A. (2015). "Impacto de Movilidad “RUEDA DE LA FORTUNA CDMX”." 28.

Ninacansaya, A. R. M. (2016). Análisis y diseño de un sistema de control de tráfico vehicular utilizando semáforos inteligentes con tecnología Arduino. Facultad de ingeniería mecánica eléctrica, electrónica y sistemas, Universidad Nacional del Altiplano Puno: 79.

Normalización, C. E. d. (1985). NC 53-148 Vías con flujo interrumpido. Métodos de cálculo de las capacidades en intersecciones semaforizadas.

Normalización, O. N. d. Justificación para los semáforos de ciclos ajustados: 6.

Normalización, O. N. d. (2004). NC 334: Carrteras-Pavimentos Flexibles-Método de cálculo.

Normalización, O. N. d. (2006). NC 460 Estacionamientos de vehículos automotores. Requisitos para el diseño y construcción: 28.

Normalización, O. N. d. (2010). Carreteras-Vías Rurales. Clasificación funcional: 12.

Normalización, O. N. d. (2010). NC 754: Carreteras-Requisitos para el diseño geométrico de las vías expresas rurales: 26.

Normalización, O. N. d. (2012). NC 853: Carreteras rurales. Categorización técnica y características geométricas del trazado directo: 88.

Ochoa, A. O. (2001). Propuesta de una metodología para justificar pasos peatonales a desnivel utilizando la distribución probabilística de Poisson. Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Autónoma de Nuevo León: 201.

Pazos Otón, M. and R. Lois Gonzalez (2013). "MOBILITY MANAGEMENT IN A HISTORIC AND TOURISTIC CITY: THE CASE OF SANTIAGO DE COMPOSTELA (SPAIN)."

Pérez, E. B. Descripción de Sistemas de Gestión de pavimentos y uso de los programas HDM-III y HDM-IV, Universidad de Piura: 22.

Pozueta, J. (2000). MOVILIDAD Y PLANEAMIENTO SOSTENIBLE: Hacia una consideración inteligente del transporte y la movilidad en el planeamiento y en el diseño urbano. Madrid.

- Rafael Cal y Mayor Reyes Spíndolas, J. C. G. (1994). Ingeniería de Tránsito.
- Ruben Talavera-Garcia, J. A. S.-L. y. L. M. V.-M. (2012). "La calidad peatonal como método para evaluar entornos de movilidad urbana." 28.
- SANZ, L. S. Y. G. y. J. L. D. L. R. (2008). "CIUDADES CON ATRIBUTOS: CONECTIVIDAD, ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD." Ciudades **11**: 20.
- Sosa, A. J. (2011). DESARROLLO URBANO Y MOVILIDAD EN AMÉRICA LATINA.
- Territorio(Mexico), D. G. d. O. d. PROGRAMA DE ASISTENCIA TECNICA EN TRANSPORTE URBANO PARA LAS CIUDADES MEDIAS MEXICANAS. MANUAL NORMATIVO, TOMO XII. S. d. D. S. (SEDESOL): 231.
- UNESCO (2001). Centros Históricos de América Latina y el Caribe. Quito, Ecuador.
- Vasconcellos, E. A. (2010). Análisis de la movilidad urbana. Espacio, medio ambiente y equidad.
- Zárate, A. F. G. (2006). Medición de flujo vehicular basado en visión Artificial.
- Velásquez Martínez, C. Espacio público y movilidad urbana. Sistemas Integrados de Transporte Masivo (SITM) [Doctorado]. Universidad de Barcelona; 2015. 101 p.
- Tangarife Cifuentes, R.; Vásquez Montoya, J.H. Estudio para mejorar y dinamizar la movilidad de peatones y vehículos en la zona urbana del municipio de Guatapé. [Trabajo para optar al título de especialista en gerencia de construcciones]. Universidad de Medellín; 2011. 94 p.
- Gómez Puig, J.E. Estudio de la vialidad y el tránsito en la calle Enramadas.; 2005. p. 17.
- Lora Baltazar, E.; Lim Hi, O.L.; Sagué Rodríguez, E.; Galván Vázquez, L.; Ríos García, R.; Fajardo, M.E.; Yedra Suarez, A.I.; Rodríguez, D.M.; de los Ángeles Moreira, M.; Luaces, E.; White, M.; Galán Fernández, M.; Lora Baltazar, Z.; González Sosa, J.; Enríquez, A. Plan General de Ordenamiento Territorial y Urbano (PGOTU) de Matanzas. Vol. 2; 2011.
- Jiménez Romero, D.; Ignacio Rizzi, L.; Munizaga, M. El desafío de proveer infraestructura para una movilidad segura de los peatones.; 2014. p. 8.
- Santos Y Ganges, L.; De Las Rivas Sanz, J.L. Cities with attributes: Connectivity, accessibility and mobility.; 2008. p. 32.

ANEXOS

Tabla 1. Banco de datos. Porcentajes de carga por eje de los vehículos

VEHICULOS SIMPLES								
SILUETA	No.	TIPOS DE JES Y NUMERO			% CARGAS POR EJES			
		SIMPLES	TANDEM	TRIDEM	1S	2S	T	TRI
VEHICULOS DE 2 EJES	1	2			35	65		
	2	1	1		25		75	
	3	1		1	20			80

VEHICULOS ARTICULADOS										
SILUETA	No.	TIPOS DE JES Y NUMERO			% CARGAS POR EJES					
		SIMPLES	TANDEM	TRIDEM	1S	2S	3S	1T	2T	TRI
VEHICULOS DE 3 EJES	4	3			20	40	40			
	5	2	1		15	30		55		
	6	1	2		14			43	43	
	7	1	1	1	12			38		50
	8	2		1	15	25				60

CAMIONES CON REMOLQUE											
SILUETA	No.	TIPOS DE JES		% CARGAS POR EJES							
		SIMPLES	TANDEM	VEH. TRACTOR				VEH. TRACCIONADO			
				1S	2S	1T	2T	1S	2S	1T	2T
VEHICULOS DE 4 EJES	9	4		35	65			50	50		
	10	3	1	25		75		50	50		
	11	2	2	25		75		30		70	

Fuente:(Normalización 2004)

Tabla 2. Banco de datos. Pesos promedios por siluetas

Estos datos proceden de estudios realizados en el país, son el resultado de promedios obtenidos por cada tipo de silueta.

Nº	TIPO DE VEHÍCULO	Nº DE EJES	Siluetas	Tara media (ton)	Carga máxima (ton)
1	CAMIONES (Vehículos rígidos)	2 ejes simples 4 ruedas		1	1,53
2		2 ejes simples 6 ruedas		5,3	6,6
3		1 eje simple 1 eje tándem		8,8	11,2
4	VEHÍCULOS ARTICULADOS	3 ejes simples		11,6	21,9
5		2 ejes simples 1 tándem		14,5	26,4
6		1 eje simple 2 tándem		14,5	31,9
7	CAMIONES CON REMOLQUES	4 ejes simples		9,7	14,9
8		al menos 1 tándem		12	26,2
9	OMNIBUS	OMNIBUS RÍGIDO	2 ejes simples 6 ruedas	5	10
10		OMNIBUS ARTICULADO	3 ejes simples	8	12
11			al menos 1 tándem	9	19

Fuente:(Normalización 2004)

Tabla 3. Indicadores para el control de gestión de accesibilidad y movilidad en centros históricos, a partir de la implementación del plan de acciones para cada objetivo estratégico por perspectivas del Cuadro de Mando Integral.

Perspectivas	Objetivos estratégicos		Plan de acciones	Indicadores para el control de gestión	
PROCESOS INTERNOS	GIV	Desarrollar la red vial urbana.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Realización de estudios sistemáticos encaminados a diagnosticar y caracterizar el estado de la infraestructura vial. ➤ Adecuar la infraestructura existente a la demanda presente y futura de flujos vehiculares. ➤ Proyectar soluciones y facilidades viales que aumenten la accesibilidad y movilidad del centro histórico y la ciudad en su conjunto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de vías • Capacidad vial • Volumen de servicio • Nivel de servicio • Ancho de carril • Dispositivos de drenaje • Ancho de paseo 	<ul style="list-style-type: none"> • Estado del pavimento • Espaciamiento • % vial del sistema • % completamiento • % crecimiento anual • Pendiente longitudinal • Bombeo
		Conservar la red vial urbana.			
	GIP	Desarrollar la infraestructura peatonal.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Realización de estudios sistemáticos encaminados a diagnosticar y caracterizar el estado de la infraestructura peatonal. ➤ Garantizar la seguridad y confort en la circulación de los peatones. ➤ Adecuar espacios y corredores peatonales en la trama urbana para solventar la demanda presente y futura de flujos peatonales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ancho del corredor. • Capacidad del corredor. • Volumen de servicio. • Nivel de servicio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estado de infraestructura % del sistema vial. • % crecimiento anual. • Mobiliario urbano. • Áreas de sombra.
Conservar la infraestructura peatonal					
GFV	Organizar la circulación de las corrientes vehiculares.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Realización de estudios sistemáticos encaminados a diagnosticar y caracterizar las condiciones de operación de los flujos vehiculares. ➤ Segmentar las corrientes vehiculares según la composición por tipos de vehículos y la relación origen-destino de los viajes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Intervalo. • Brecha. • Paso. • Espaciamiento. • Separación. • Longitud. • Volumen vehicular. • Velocidad de operación. • Densidad vehicular. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de recorrido. • Demoras. • Composición de corrientes. • Distribución de corrientes. • Atracción de tráfico. • Origen de viajes. • Destino de viajes. • Tráfico de paso. • Transporte público. 	
PROCESOS INTERNOS	GFP	Asegurar las condiciones de seguridad y confort en la circulación peatonal, teniendo en cuenta las condiciones físicas de los peatones que	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Realización de estudios sistemáticos encaminados a diagnosticar y caracterizar las condiciones de operación de los flujos peatonales. ➤ Inducir recorridos de corrientes vehiculares a 	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de caminata. • Intensidad peatonal. • Densidad peatonal 	<ul style="list-style-type: none"> • Composición de las corrientes. • Distribución de las corrientes. • Origen del viaje. • Destino del viaje.

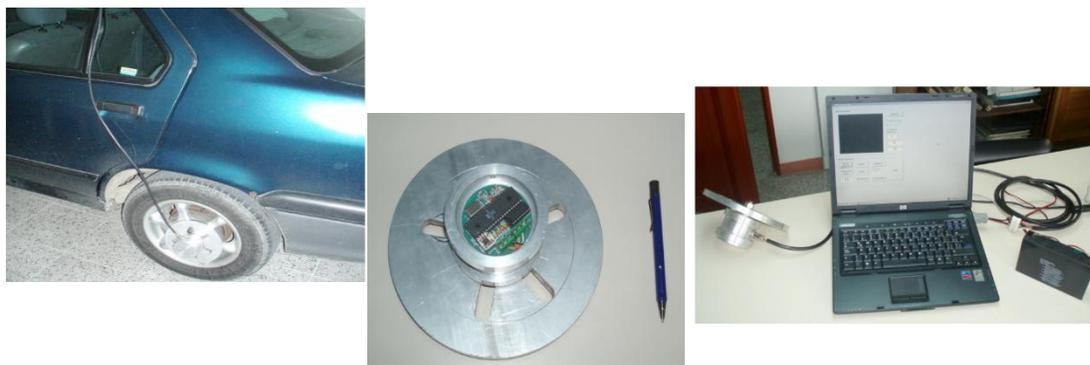
		conforman las corrientes peatonales, y la flexibilidad de los movimientos peatonales por las infraestructuras.	mediante el establecimiento de puntos generadores de usuarios en locaciones estratégicas de la trama urbana.	<ul style="list-style-type: none"> • Volumen de peatones. • Confort de circulación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Motivo del viaje.
	GDC	Localizar los dispositivos de control en los puntos que ameriten su empleo.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Garantizar el correcto funcionamiento de los dispositivos de control. ➤ Realizar análisis previos a la incorporación de los dispositivos de control. ➤ Garantizar la permanencia de las propiedades físicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidad • Ubicación • Fijación • Visibilidad • Legibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Color • Retrorreflectividad • Uniformidad • Integridad física • Estado de conservación
		Conservar los dispositivos de control.			
	GE	Delimitar las vallas de estacionamiento sobre la vía pública y fuera de ella.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Garantizar la integridad física de los vehículos y la seguridad de los usuarios. ➤ Tarificar el servicio como fuente de ingresos dirigidos a fomentar nuevas inversiones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad por cuadra • Capacidad por sub-zona • Capacidad por eje vial • Densidad por cuadra • Densidad por sub-zona • Densidad por eje vial 	<ul style="list-style-type: none"> • Motivo del viaje • Duración de estacionamiento • Rotación de vallas • Distancia de caminata • Precio del servicio • Recursos humanos necesarios
CLIENTES	Peatones	Reducir la cantidad, severidad y frecuencia de accidentes de tránsito con lesiones y pérdidas de vidas humanas, e inutilización del parque vehicular.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Monitorear los incidentes y accidentes de tránsito. ➤ Elaborar un programa preventivo de accidentalidad. ➤ Garantizar la señalización adecuada de puntos conflictivos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de accidentes • Severidad de accidentes • Frecuencia de accidentes • Cantidad de lesionados • Cantidad de fallecidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Causas de accidentes • Cantidad por tipos (impacto) • Cantidad por tipos (implicados) • Daños al entorno • Daños al parque vehicular
		Perfeccionar la funcionalidad del sistema modal de transportación masiva.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprovechar al máximo el parque existente de medios de transporte público. ➤ Incrementar las capacidades y confort del mismo. ➤ Distribuir temporalmente los recorridos de forma tal que se reduzcan los tiempos de espera por los usuarios del servicio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de intercambiadores • Distancia entre intercambiadores • Rutas por intercambiadores • Ómnibus por rutas (por tipos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad por rutas • Frecuencia de viajes (por rutas) • Tiempo de espera (por rutas) • Conectividad entre rutas

	Conductores	Mejorar las condiciones de circulación peatonal.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Proyectar soluciones de diseño de mobiliario urbano. ➤ Planificar zonas verdes y arbolado. 	<ul style="list-style-type: none"> • % de áreas de descanso • % de áreas de sombra 	<ul style="list-style-type: none"> • % de zonas de césped • Nivel de iluminación nocturna
		Incrementar la comodidad de circulación de las corrientes vehiculares.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Asegurar el tráfico vehicular fluido y a velocidades de operación convenientes. ➤ Evitar interrupciones y obstáculos en la vía pública. ➤ Definir rutas alternativas de circulación para descargar los ejes principales y flanquear eventos de embotellamiento y emergencias viales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de circulación • Densidad vehicular • Frecuencia de emergencias viales 	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de rutas alternativas • Distancia hasta rutas alternativas • Cantidad de puntos de conflicto
	Residentes	Elevar la calidad de vida de la población residente en el centro histórico.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reducir los índices de emisión de gases contaminantes, ruidos y vibraciones provenientes del tráfico vehicular. 	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de polución • Calidad del aire • Partículas en suspensión • Concentración de dióxido de azufre • Concentración de óxidos de nitrógeno 	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de ruidos • Decibeles máximos emitidos • Duración de emisión de ruidos • Índice de vibraciones en fachadas • Intensidad de las vibraciones
FINANZAS	Aprovechar al máximo el presupuesto destinado por cada organismo al desarrollo de los subprocesos de gestión.		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dar seguimiento a las inversiones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Factibilidad de inversiones • Rentabilidad de inversiones 	<ul style="list-style-type: none"> • % cumplimiento de inversiones • % cumplimiento del presupuesto
	Tarificar el servicio de estacionamiento sobre la vía pública y fuera de ella.		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Generar ingresos provenientes de las actividades de gestión de estacionamientos. ➤ Impulsar nuevas inversiones en los procesos internos del sistema de gestión integrada de accesibilidad y movilidad en el centro histórico, y paulatinamente en el resto de la ciudad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingresos por pupilaje • Ingresos por servicios de limpieza • Ingresos por servicios técnicos 	

DESARROLLO	Capacitar a los representantes de los organismos implicados en el proceso de gestión de accesibilidad y movilidad.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Desarrollar cursos de capacitación a representantes de los organismos implicados en cuanto al contenido y alcance de los subprocesos de gestión. ➤ Desarrollar un software que integre los subprocesos de gestión de accesibilidad y movilidad, que permita actualizar y retroalimentar la información proveniente del diagnóstico integral y el sistema de control mediante el Cuadro de Mando Integral. 	<ul style="list-style-type: none"> • % de profesionales • Nivel de capacitación • Costos de capacitación • Gestión de la superación 	<ul style="list-style-type: none"> • Ausentismo • Rotación • Estabilidad laboral • Retención del personal
	Automatizar el proceso de gestión integrada de accesibilidad y movilidad en el centro histórico.			

Fuente: (Hernández 2018).

Figura 1. Dispositivo Quinta rueda.



Fuente:(Alvaro H. Restrepo V 2007)

Figura 2. Trazado de sendas



Fuente:(Jeff 2017)