



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

“ELEMENTOS DE INTERÉS PARA INGENIERÍA DE TRÁNSITO”

TESIS

***QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL***

***PRESENTA:
JUAN MANUEL PARRA CARRANZA***

***ASESOR DE TESIS:
MAESTRO EN INGENIERIA DEL TRANSPORTE
MARCO ANTONIO NAVARRETE SERAS***

***COASESOR:
MAESTRO EN INGENIERIA DEL TRANSPORTE
M.I.T. JOSÉ ALBERTO GUZMÁN TORRES***

MORELIA, MICHOACÁN, ABRIL DE 2015



AGRADECIMIENTOS

A las siguientes instituciones:

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ingeniería Civil.

Agradezco infinitamente a mi universidad, de la cual me siento muy orgulloso, de haber pertenecido a ella, se vienen a mi mente muchos recuerdos de esa época de estudiante, fui muy afortunado de haber estudiado aquí y fueron momentos inolvidables los que vivien ese tiempo.

Mi idea desde que llegue a este institución simpre fue superarme día con día, con la emoción de entrar a mis clases desde tempreatodos los días, eso me hacia perfilar bien mi objetivo de lo que quería convertirme en un profesionista.

Doy gracias a dios por todos los conocimientos que recibi de todos mis mestros de esa época, asi como de mis compañeros de clases.

DEDICATORIAS

A Dios por la vida y por todas las bendiciones recibidas entre ellas la de ser profesionista con la promesa de que del beneficio obtenido por este esfuerzo se vea reflejado en la ayuda a las personas que les pueda yo servir.

A mis padres en donde estén por el esfuerzo enorme que hicieron para darme esta oportunidad de ser alguien en la vida, de lo cual me siento muy orgullo. Les doy las masinfinitas gracias.

A mis hijos por la motivación a luchar por conseguir el éxito en la vida.

A la Lic. Gaby por su apoyo en la elaboración de esta tesis y por la motivación para superarnos.

A mis hermanas y hermanos por su ayuda y apoyo.

A todos mis maestros que me enseñaron esta bella ciencia de la ingeniería. Y en especial a mi asesor el maestro Marco Antonio Navarrete Seras, por su total apoyo para la elaboración de mi tesis, pues siempre estuvo pendiente revisando que todo surgiera bien.

Tambien le agradezco mucho por todas y cada una de sus atenciones a mi amigo y compañero de facultad Wilfrido Martínez Molina.

Quiero agradecerle infinitamente a mi coasesor de tesis Jose Alberto Guzmán Torres, por su intervención y por las recomendaciones que le hizo a mi proyecto de tesis.

RESUMEN

El presente trabajo se enfoca en los elementos de interés para la ingeniería de tránsito, tales como velocidad de punto, origen y destino, tiempo de recorridos y demoras, estacionamientos y uso del transporte público, basados primordialmente para su realización en las características particulares de los elementos de tránsito que son el peatón, el conductor, el vehículo y el camino; así como en los datos, mapas, planos, archivos, etc. con que se cuentan en los inventarios de tránsito y en los métodos de aforos de vehículos que pueden aplicarse para cuantificar los volúmenes de tránsito y métodos de aforo de velocidad.

Así mismo se definen los elementos que conforman el tránsito, ya que cada uno de ellos representa el correcto funcionamiento del flujo del tránsito, además de conocer las señales de tránsito, ya que como usuarios de las vialidades debemos respetarlas, conocerlas e interpretarlas adecuadamente. Una vez comprendidos los conceptos y fundamentos mencionados anteriormente podemos comprender los problemas existentes en diferentes localidades, para así mismo analizar y proponer soluciones que den resultados adecuados beneficiando a la sociedad.

Palabras Clave: Peatón, Tránsito, Vehículo, Camino y Metodos de Aforo.

ABSTRACT

This work focuses on the elements of interest for traffic engineering, such as speed point, origin and destination, time runs and delays, parking and public transport use, primarily for its realization based on the particular characteristics of the elements are pedestrian traffic, the driver, the vehicle and the road; as well as data, maps, plans, files, etc. with told in transit inventories and methods of gauging of vehicles that can be applied to quantify traffic volumes and speed gauging methods.

Also the elements of the transition, since each of them represents the proper functioning of traffic flow, besides knowing the signs, because as users of the roads we must respect them, know them and interpret them properly defined. Once you understand the concepts and fundamentals mentioned above we can understand the problems in different locations, so it analyze and propose solutions that adequate results benefiting society.

Keywords: Pedestrian, Transit, Vehicle, Path and Gauging Methods.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	2
DEDICATORIAS.....	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
ÍNDICE GENERAL	6
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABLAS	12
INTRODUCCIÓN	14
OBJETIVOS	16
CAPITULO 1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	17
1.1. HISTORIA DE LOS CAMINOS EN MÉXICO	18
CAPITULO 2. ELEMENTOS QUE INTEGRAN LA INGENIERÍA DE TRÁNSITO	22
2.1 FACTORES QUE INTEGRAN EL TRÁNSITO.....	22
2.2. EL USUARIO.....	22
2.2.1. <i>El peatón</i>	23
2.2.2. <i>El Conductor</i>	24
2.3. EL VEHÍCULO	31
2.4. EL CAMINO	32
2.5. EL CICLISTA	33
CAPITULO 3. RESUMEN DE INVENTARIOS DE TRÁNSITO	35
3.1. SISTEMA DE MAPAS	35
3.2. ARCHIVEROS OFICIALES.....	36
3.3. CLASIFICACIÓN OPERACIONAL DE LA RED VIAL.....	36
3.4. DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO EN INTERSECCIONES	39
3.4.1. <i>Clasificación de los dispositivos de control</i>	40
3.4.2. <i>Señalamiento horizontal</i>	60
3.4.3. <i>Dispositivos para protección en obras</i>	74
3.4.4. <i>Semáforos</i>	77
3.5. MAPA DE RUTAS	78
3.6. LÍMITES DE VELOCIDAD.....	78
3.7. ARCHIVO DE ESTACIONAMIENTOS.....	79
3.8. ALUMBRADO PÚBLICO	80
CAPITULO 4. VOLÚMENES DE TRÁNSITO.....	81

4.1. MÉTODOS DE AFORO PARA REALIZAR LOS CONTEOS DE VOLUMEN	82
4.1.1. Método manual	83
4.1.2. Método Automático.....	84
4.2. PERIODOS DE AFORO	93
4.3. RESUMEN DE AFORO	94
4.4. AMPLIACIÓN DE AFORO.....	98
4.5. ESTUDIOS ESPECÍFICOS DE AFOROS	98
4.6. AJUSTES DE AFOROS	100
CAPITULO 5. VELOCIDAD	103
5.1. DEFINICIONES.....	103
5.2. ESTUDIOS DE VELOCIDAD EN EL SITIO.	104
5.2.1. Métodos para realizar los estudios de velocidad en el sitio.....	104
5.2.2. Estudios de velocidad de punto	109
CAPITULO 6. ORIGEN Y DESTINO.....	120
6.1. ASPECTOS GENERALES	120
6.2. MÉTODOS	122
6.3. RELACIÓN DEL TAMAÑO DE LA CIUDAD CON LOS MÉTODOS DE ESTUDIO.....	132
6.4. VERIFICACIÓN DE LA PRECISIÓN DEL ESTUDIO.	132
6.5. ANÁLISIS	133
CAPITULO 7. TIEMPOS DE VIAJES Y DEMORAS	134
7.1. PROPÓSITO	134
7.2. APLICACIONES	135
7.3. REQUERIMIENTOS DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA	136
7.4. MÉTODO DEL VEHÍCULO DE PRUEBA	138
7.5. ANÁLISIS DE DATOS Y SUMARIO DE ESTADÍSTICAS	140
7.6. ESTUDIOS DE DEMORAS EN INTERSECCIONES	141
CAPITULO 8. ESTUDIO DE ESTACIONAMIENTOS.....	144
8.1. INVENTARIOS DE ESTACIONAMIENTOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
8.1.1. Descripción y Uso	144
8.1.2. Ubicación de Estudios	145
8.1.3. Estudios del Uso de Estacionamiento	146
8.1.4. Encuestas de Origen y Destino en Estacionamientos.....	153¡Error! Marcador no definido.
8.1.5. Guía para Estimar la Demanda por Espacios de Estacionamientos en el Centro	153
8.1.6. Determinación del Factor de Espacios de Estacionamiento para la Zona Centro.....	155
8.2.- EFECTO DE ESTACIONAMIENTO SOBRE LA VÍA EN LA CAPACIDAD	159
CAPITULO 9. RESUMEN DE TRANSPORTE PÚBLICO	161
9.1. APLICACIONES	161
9.2. ESTUDIO DE RUTAS.....	162
9.2.1. Tiempos de Estudio	162
9.2.2. Personal y Equipo.....	163

9.2.3. <i>Tamaño Necesario de la Muestra</i>	163
9.2.4. <i>Procedimiento</i>	163
9.2.5. <i>Análisis de datos</i>	165
9.2.6. <i>Resumen de Datos</i>	166
9.2.7. <i>Uso de los Datos Obtenidos</i>	167
CONCLUSIONES	168
BIBLIOGRAFÍA	170

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Caminos blancos de los mayas.....	18
(Fuente: http://haraldviking.blogspot.mx/2012/11/transporte-carreteras-mayas.html).....	18
Figura 2. Red nacional de carreteras actual (Fuente: http://www.zonu.com/America-del-Norte/Mexico/Carreteras.html).	21
Figura 3. Se muestra un semáforo peatonal, además de peatones utilizando dicho dispositivo (Fuente: J.M. Parra Carranza).	24
Figura 4. El conductor como principal componente del tránsito ya que tiene que prever diferentes situaciones a lo largo de su recorrido (Fuente: J.M. Parra Carranza).	26
Figura 5. Distancia para detener un vehículo (Fuente: Ingeniería de Tránsito de Rafael Cal y Mayor R. & James Cárdenas G.).....	27
Figura 6. Características del vehículo y la interacción con el ciclista.	32
Figura 7. Se muestra una carretera y una calle consideradas como parte de la ingeniería de tránsito (Fuente J.M. Parra Carranza).....	33
Figura 8. Diagrama esquemático que ilustra los cuatro tipos de calles y los accesos a lugares específicos o generadores de tránsito de una localidad. (Fuente: Manual de estudios de ingeniería de tránsito).	38
Figura 9. Este mapa de una zona de la ciudad muestra la clasificación vial, el control en las intersecciones, así como las calles y semáforos en proyecto. (Fuente: Manual de estudios de ingeniería de tránsito).	40
Figura 10. Señales preventivas. (Fuente SCT, Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).	43
Figura 11. Señales restrictivas (Fuente SCT, Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).	45
Figura 12. Señales informativas de identificación (Fuente SCT, Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).	47
Figura 13. Señales informativas de destino (Fuente SCT, Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).	48
Figura 14. Señales informativas de recomendación e información general (Fuente SCT, Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).	49
Figura 15. Ejemplos de la ubicación lateral de las señales (Fuente: N-PRY-CAR-10-01-008/13).....	50
Figura 16. Aplicación de las señales informativas (Fuente SCT, Manual de dispositivos) para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).	51
Figura 17. Señales informativas de recomendación e información general (Fuente SCT, Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).	52
Figura 18. Señales informativas turísticas (Fuente SCT, Manual de señalamiento turístico y	

de servicios).....	57
Figura 19. Defensa central de concreto (Fuente SCT. Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).....	59
Figura 20. Indicador de curva peligrosa (Fuente SCT: Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).....	60
Figura 21. Ubicación de la raya separadora de sentidos de circulación (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).	62
Figura 22. Marcas en el Pavimento en Carreteras con ancho de arroyo vial hasta 6.5 m (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).....	63
Figura 23. Marcas en el Pavimento en Carreteras con ancho de arroyo vial mayor de 6.5 m (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).....	64
Figura 24. Marcas para delimitar un carril en contrasentido (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).....	64
Figura 25. Marcas en el pavimento en vialidades urbanas y carreteras de dos o más carriles por sentido de circulación (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).	65
Figura 26. Diversos tipos de rayas y marcas en el pavimento en aproximación de intersecciones (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).	66
Figura 27. Rayas separadoras de carriles, rayas guía en zonas de transición, rayas canalizadoras y rayas en la orilla del arroyo vial (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).	66
Figura 28. Marcas para delimitar un carril exclusivo (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).	67
Figura 29. Rayas canalizadoras (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).....	67
Figura 30. Rayas para cruces de peatones y de ciclistas (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).	68
Figura 31. Marcas para cruce de ferrocarril (M-8) (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).	69
Figura 32. Ubicación de vibradores y reductor de velocidad para cruces de ferrocarril a nivel (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).....	69
Figura 33. Rayas con espaciamiento logarítmico para velocidad de entrada de 50Km/h y velocidad de salida de 30 Km/h (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).	70
Figura 34. Marcas para estacionamiento (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).....	71
Figura 35. Marcas para estacionamiento en batería (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).	71
Figura 36. Marcas para establecer lugares de parada en un carril en contrasentido (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).	72
Figura 37. Marcas para delimitar ciclo vías (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).....	72
Figura 38. Marcas temporales (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).....	73
Figura 39. Color de los reductores de velocidad (RD) (Fuente: NOM-034-SCT2-2011)....	73
Figura 40. Dispositivos para el control de obras.(Fuente: SCT. Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).....	75
Figura 41. Aplicación de los dispositivos para la protección de obras (Fuente: SCT. Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).	76
Figura 42. Semáforo en el centro histórico de Morelia, Michoacán, México. (Fuente J.M.	

Parra Carranza).....	77
Figura 43. Semáforos en una intersección.....	78
(Fuente: http://www.academia.edu/6035172/SENSORES_Y_SOFTWARE_PARA_SEM%C3%81FOROS_INTELIGENTES_EN_5_INTERSECCIONES_DE_LA_AVENIDA_LUIS_GONZALES)	78
Figura 44. El inventario de velocidad se muestra generalmente sobre un plano de la ciudad. En este plano se usan como claves, símbolos o colores para diferentes límites de velocidad (Fuente: Manual de estudios de ingeniería de tránsito).....	79
Figura 45. El contador manual TMC/48 (Fuente: Garber y Hoel, 2005).	84
Figura 46. Instalación de tubo neumático sobre la calzada. (Fuente: http://www.tyssatransito.com/pag_242.htm).....	85
Figura 47. Clasificador de vehículos Phoenix (Fuente: http://www.logismarket.cl/mtp/3903937164-4293488062-c.html).....	85
Figura 48. Hi- Star NC-90A (Fuente: Garber y Hoel, 2005).....	86
Figura 49. Esta figura muestra cómo debe hacerse un aforo en el que se registra la cantidad de vehículos referenciada a su clasificación. (Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito).	89
La figura 50. Ejemplo de una hoja de aforo de peatones (Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito).....	92
Figura 51 . Ejemplo de una hoja de resumen para uan intersección de cuatro ramas (Fuente: Manual de Estudios de ingeniería de Tránsito).	97
Figura 52. El medidor SpeedAce®.....	107
(Fuente: http://www.sunagaimpulse.com/Syozai/Lasersite/SpeedAce.html)	107
Figura 53. El medidor RTMS.....	107
(Fuente: http://ntl.bts.gov/lib/10000/10000/10041/EIS1.pdf)	107
Figura 54. El autoscopio (Fuente: Garber y Hoel, 2005).....	109
Figura 55. Plano del estudio de velocidad de punto.	11413
Figura 56. Enoscopio (Box y Oppenlander, 1985).....	11514
Figura 57. Hoja de campo para Estudios de Velocidad de Punto.....	11615
Figura 58. Ejemplo de una gráfica de velocidades de punto, en donde se muestra el trazo de la distribución de las frecuencias acumuladas (Box y Oppenlander, 1985).....	11918
Figura 59. Ejemplo de planilla de la técnica del vehículo prueba para tiempos de viaje yDemoras.....	13938
Figura 60. Factor de Demanda para Espacios de Estacionamientos.	15756
Figura 61. Ejemplo de una hoja de campo para el recorrido de un autobús de transporte público.	16564
Figura 62. Gráfica de pasajeros que sube y baja durante el recorrido de un autobús.....	1665

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distancia de parada en pavimento mojado y a nivel (Cal y Cárdenas, 2007).....	30
Tabla 2. Significado de las señales preventivas (Fuente SCT. Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras).	422
Tabla 3. Significado de las señales restrictivas (Fuente SCT. Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras).	44
Tabla 4. Significado de las señales informativas (Fuente SCT. Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras).	46
Tabla 5. Señales turísticas (Fuente SCT, Manual de señalamiento turístico y de servicios).	53
Tabla 6. Señales de servicios (Fuente SCT, Manual de señalamiento turístico y de servicios).....	55
Tabla 7.- Clasificación de las marcas y dispositivos para el señalamiento horizontal (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).	61
Tabla 8. Significado de los dispositivos para protección en obras (Fuente SCT. Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras).	75
Tabla 9. Ilustra una hoja de resumen tabular para el aforo de movimientos direccionales en una intersección (Fuente: Manual de Estudios de ingeniería de Tránsito).	96
Tabla 10. Promedio de aforos diarios realizados (Fuente: Manual de estudios de ingeniería de tránsito).	100
Tabla 11. Promedio de Aforo semanal (Fuente: Manual de estudios de ingeniería de tránsito).....	101
Tabla 12. Longitudes recomendadas para estudios de velocidad de punto (Box y Oppenlander, 1985).	112
Tabla 13. Requerimientos aproximados del tamaño mínimo del muestreo para tiempos de viaje y estudios de demora.....	138
Tabla 14. Ejemplo de un estudio de demoras en intersecciones.	142
Tabla 15. Resumen de inventario de estacionamiento.	147
Tabla 16. Ejemplo de registro de placas.....	150
Tabla 17. Ejemplo de sumario de permanencia.....	150
Tabla 18. Ejemplo de Sumario de Rotación.....	151
Tabla 19. Longitud de Tiempo en horas de Estacionamiento Promedio para diferentes Propósitos de Viajes.	152
Tabla 20. Rotación de Estacionamientos sobre la Vía.	153
Tabla 21. Distancia Promedio a Pie para Propósitos de Viaje en metros.....	154
Tabla 22. Criterios Sugeridos para Distancias Aceptables a Pie en metros.	155
Tabla 23. Número de Cajones por Tipo de Uso de Suelo.	155
Tabla 24. Tarjeta de entrevista de estacionamientos.	157

Tabla 25. Entrevistas de Estacionamientos.	158
Tabla 26. Criterios para la Prohibición de Estacionamientos en Calles Principale.....	160

INTRODUCCIÓN

La infraestructura de sistema vial es uno de los patrimonios más valiosos con el que cuenta cualquier país, por lo que su magnitud y calidad representa uno de los indicadores del grado de desarrollo del mismo. En los últimos años con el aumento cada vez mayor del parque vehicular, la circulación de las calles y las carreteras se ha tornado más compleja, motivo por el cual cobra gran importancia la realización de análisis operacionales más detallados de los sistemas viales, donde es precisamente la ingeniería de tránsito, aquella rama de la ingeniería, la llamada a tratar estos aspectos [Cal y Cárdenas, 2007].

La ingeniería de tránsito es aquella fase de la ingeniería del transporte que tiene que ver con la planeación, el proyecto geométrico y la operación del tránsito por las calles y carreteras, sus redes, terminales, tierras adyacentes y su relación con otros modos de transporte [Cal y Cárdenas, 2007].

Cuando se habla de ingeniería de tránsito indiscutiblemente se tienen que abordar los elementos que la conforman, para entender y dar solución a los problemas que en determinado momento se tienen en una vialidad, por esta razón el presente trabajo se desarrolla de la siguiente manera.

En el primer capítulo se exponen los datos históricos desde la invención de la rueda y el desarrollo de los primeros caminos en el mundo y en la república mexicana.

En el segundo capítulo se refieren los elementos y factores que integran el tránsito, en el capítulo tercero se enuncian los diversos tipos de inventarios de tránsito necesarios y fundamentales para iniciar cualquier estudio; y en el cuarto capítulo se describen los procedimientos para recabar los volúmenes de tránsito en los lugares necesarios y requeridos.

En el capítulo quinto se definen los tipos de velocidad, los métodos de aforo de velocidad y estudios de velocidad de punto.

Por ultimo en los capítulos sexto, séptimo, octavo y noveno los cuales corresponden a

origen y destino, tiempos de recorridos y demoras, resumen de estacionamientos, y resumen de transporte público, respectivamente se enuncian los métodos, procedimientos, formas, equipos, personal y recomendaciones.

La Ingeniería de tránsito es una parte fundamental para la movilidad de los vehículos, los elementos que la conforman son parte importante para su estudio, ya que el desarrollo inherente de una sociedad que cada vez se vuelve más compleja requiere de soluciones que permitan transitar las calles y carreteras de una manera rápida y segura.

OBJETIVOS

Los elementos de interés para la Ingeniería de Tránsito llevan a conocer el flujo del tránsito que es de fundamental importancia en el desarrollo y el diseño de las estrategias para el control de intersecciones, carreteras rurales y tramos de carreteras.

México ha tenido la urgente necesidad de contar con la infraestructura necesaria para impulsar su desarrollo económico y su evolución social, debido al crecimiento de una sociedad que requiere mayores servicios, y que requiere mejores vialidades que reduzcan el tiempo de traslado de un lugar a otro, logrando así optimizar el tiempo, de aquí la importancia de entender y comprender los elementos de ingeniería de tránsito, ya que con ello se puede llegar a resolver problemas de tránsito.

Por esta razón el presente trabajo, ayuda a entender y conocer elementos de interés de ingeniería de tránsito, con la finalidad de servir como auxiliar de aquellas localidades conscientes de sus problemas de transporte terrestre, la cual contenga los procedimientos, equipo, personal, formas para recabar la información necesaria, de tal manera que se proporcione la información adecuada que ayude a identificar y dar solución a problemas de tránsito.

.

CAPITULO 1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Según algunos antropólogos, basados en los estudios de los restos humanos y reliquias arqueológicas, el ser humano existe sobre la Tierra cuando menos hace unos 100,000 años. Por los vestigios dejados por los primitivos, principalmente en los valles de algunos ríos del mundo como el Nilo, el Éufrates y el Ganges, se supone que desde hace aproximadamente unos 10,000 años el hombre llegó a conocer la agricultura y empezó a fijar su lugar de residencia, abandonando el nomadismo. Los estudios arqueológicos dicen, sin embargo, que las antiguas civilizaciones florecieron hasta hace unos 6,000 años [Cal y Cárdenas, 2007].

Más tarde con la invención de la rueda, probablemente en Mesopotamia (Asia menor), hace unos 5,000 años, se originó la necesidad de construir superficies de rodamiento que permitiera la circulación del incipiente tránsito de entonces. Lo anterior se supone debido a que en la Tumba de la Reina, en las minas de la ciudad de Ur, Mesopotamia, se encontraron carretas de cuatro ruedas que datan del año 3000 A.C [Cal y Cárdenas, 2007].

En esa época dos grandes pueblos –el Asirio y el Egipcio- iniciaron el desarrollo de sus caminos. Los indicios de los primeros caminos, señalan la existencia de una ruta entre Asia y Egipto. Los Cartagineses, se sabe, construyeron un sistema de caminos de piedra a lo largo de la costa sur del Mediterráneo, 500 A.C. Los etruscos (830-350 A.C.) construyeron caminos antes de la fundación de roma. El historiador griego Heródoto (484-425 A.C.) menciona que los caminos de piedra más antiguos fueron construidos por el rey Keops de Egipto, para proporcionar una superficie de rodamiento al transporte de las inmensas piedras destinadas a la erección de las pirámides.

Los primeros caminos construidos científicamente aparecen con el advenimiento del Imperio Romano. Cabe citar la mundialmente famosa Vía Appia, de Roma a Hidruntum, cuya construcción fue iniciada por Appius Claudius en el año 312 A.C. La evidencia justifica el conceder el mérito a los romanos por iniciar el método científico de la construcción de caminos. Las culturas antiguas de América, entre ellas la de los Mayas (posiblemente antes de la era cristiana), en el sur de México y norte de Centro de América; la de los toltecas, que se establecieron en la Meseta Central, en México por el año 752; los aztecas (que fundaron Tenochtitlan, hoy Ciudad de México, en el año 1325), y los incas (1100 A.C.), en el Perú, dejaron huellas de una avanzada técnica en la

construcción de caminos, siendo notables los llamados caminos blancos de los mayas (ver figura 1). Estos últimos, formados con terraplenes de uno y dos metros de elevación, eran cubiertos con una superficie de piedra caliza, cuyos vestigios existen actualmente en Yucatán, México [Cal y Cárdenas, 2007].



Figura 1. Caminos blancos de los mayas.

(Fuente: <http://haraldviking.blogspot.mx/2012/11/transporte-carreteras-mayas.html>)

Los incas, en el Perú, realizaron verdaderas obras de ingeniería dada la accidentada topografía de su suelo, para construir caminos que, aunque no destinados al tránsito de vehículos, denotaban un movimiento importante. El imperio azteca, en México, pudo extenderse desde la costa del Golfo de México hasta la zona costera del pacífico, gracias a rutas trazadas por los indígenas. Las crónicas españolas de la época de la conquista (año 1521) mencionan que la capital azteca estaba situada en una isla al centro de un lago y que grandes calzadas la comunicaban con tierra firme. Estas calzadas incluían puentes levadizos por la gran cantidad de barcas que cruzaban de un lado a otro [Cal y Cárdenas, 2007].

1.1. Historia de los caminos en México

En México actualmente se construyen carreteras y autopistas que reducen el tiempo de traslado de mercancías, esto constituye uno de los factores básicos de desarrollo del país.

Cuando los conquistadores españoles llegaron a lo que hoy constituye el territorio nacional, encontraron que sus pobladores no hacían uso de la rueda de vehículos de transporte y no

disponían tampoco de animales de tiro y carga; pero a pesar de ello, cosa curiosa, contaban con un buen número de buena calzadas de piedra, así como un considerable cantidad de caminos, veredas y senderos. Descollaban en este aspecto constructivo los aztecas y los mayas, quienes que por sus actividades comerciales, religiosas y bélicas, utilizaban ampliamente los caminos; de algunos perduran aun los vestigios, como los famosos caminos blancos de los mayas, “sacbé” en su lengua, de los cuales son buenos ejemplos los que se observan en las inmediaciones de Izamal, Yuc.

La historia nos ha dejado que aquellos aborígenas que con tanto interés se dedicaron a la construcción de caminos, también se preocuparon por su conservación, emitiendo leyes sobre la manera y la época en que deberían repararse, lo que se hacía empleando prisioneros y al finalizar la temporada de lluvias; en el curso del año cooperaban también a la conservación todos los habitantes, con excepción de los guerreros, los magistrados y otros altos dignatarios [Etcharren, 1969].

Es obvio que los caminos construidos por los indígenas, fueron después utilizados por Cortés durante la época de la conquista.

La colonización de la Nueva España trajo como consecuencia lógica un sensible mejoramiento de los caminos ya existentes y la apertura de otros muchos; no tanto si se quiere, por el mero interés que los españoles pudieron haber tenido en el desenvolvimiento social y material del país, siendo no más como resultado de su especial situación geográfica y del uso económico dada a la nación conquistada por sus nuevos gobernantes.

Las primeras modificaciones de los caminos existentes, tienen su origen en el uso de animales de tiro y carga así como de carretas y en la necesidad de comunicar el centro de la Nueva España con los puertos marítimos en forma adecuada para hacer llegar a la madre Patria los productos del país, que sumaban respectivamente, según datos históricos, 7,605 19,720 kilómetros, variando su estado de conservación de acuerdo con su importancia. Es evidente el grado adelantado que se tuvo en la evolución de los caminos y el transporte [Mier, 1980].

La situación creada por la guerra de independencia impidió la realización de caminos nuevos. Los diferentes regímenes se concretaron a la expedición de algunas leyes relativas a las vías terrestres, entre las que destacaban las del 1 de junio de 1839, 2 de diciembre de

1842 y 27 de noviembre de 1846 que crean la Dirección General de Colonización e industria, entre cuyas funciones tenía la de construir y conservar caminos. En 1853 esta dirección fue substituida por la Secretaría de Fomento cuyo presupuesto provenía del “peaje” [Mier, 1980].

El 19 de noviembre de 1867 el Presidente de la República, Lic. Benito Juárez, creo un impuesto dedicado a la conservación de los caminos, sustituyendo el de “peaje”.

El 13 de mayo de 1891 el presidente de la República Gral. Porfirio Díaz, creó la Secretaría de Comunicación y Obras Públicas [Mier, 1980].

La revolución mexicana, iniciada en 1910, provoco una conmoción profunda, que por largos años impidió la realización de todo intento de carácter constructivo. La rápida sucesión de Gobiernos y la inestabilidad de los mismos, permitían solamente atender los aspectos sociales o políticos; pero hacía imposible formular planes o programas de obras materiales de alguna envergadura [Mier, 1980].

Con la aparición del automóvil, acaecida en México en 1906, y que revolucionó definitivamente los viejos sistemas de transportación por carretera entre 1918 y 1920, el avance en los caminos es de mayor importancia que el registrado en los cuatrocientos años anteriores en la historia del país [Mier, 1980].

Hasta el momento de la aparición del automóvil, las características de los caminos eran adecuadas a las exigencias de los vehículos de tracción animal; pero el desarrollo inusitado del automóvil y la aparición de los camiones capaces de viajar a velocidades desconocidas hasta entonces y con mayor capacidad de carga, obligaban a modificar y mejorar o construir caminos nuevos para satisfacer la nueva demanda.

El movimiento revolucionario en México, al coincidir con la aparición del automóvil, impidió que la transformación de los caminos se efectuara; lo cual trajo como consecuencia que, al ser estable el Gobierno, se encontró con que el automóvil había avanzado enormemente y los caminos quedaron totalmente anacrónicos [Mier, 1980].

Con la creación de la Comisión Nacional de Caminos, por la ley del 30 de Marzo de 1925, expedida por el entonces presidente de la República, Gral. Plutarco Elías Calles, se inicia en firme la construcción de nuevos caminos y el mejoramiento y conservación de los existentes, para tal efecto se estableció el impuesto sobre la gasolina de tres centavos por

litro [Mier, 1980].

El artículo II de la citada ley, establece que la comisión la integrarían dos miembros representantes de Ejecutivo Federal, nombrados respectivamente por las secretarías de Hacienda y Crédito Público y de Comunicaciones y Obras Públicas y un tercer miembro representante de los causantes y designado por ellos.

El nuevo organismo llegó a alcanzar un gran desarrollo y su actuación fue decisiva en la construcción de caminos. En el año de 1932 esta comisión pasó a depender de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, convirtiéndose en Dirección Nacional de Caminos posteriormente en 1958 y en atención al gran auge en la construcción y conservación de caminos, la secretaría de Comunicaciones y Obras públicas se divide en dos: Secretaría de Obras Públicas y Secretaría de Comunicaciones y Transportes. A la primera corresponde entre otras cosas, el despacho de los asuntos relativos a la construcción y conservación de caminos, aeropuertos y vías férreas [Mier, 1980].



Figura 2. Red nacional de carreteras actual (Fuente: <http://www.zonu.com/America-del-Norte/Mexico/Carreteras.html>).

CAPITULO 2. ELEMENTOS QUE INTEGRAN LA INGENIERÍA DE TRÁNSITO

La ingeniería de tránsito es la rama de la ingeniería que se dedica al estudio de movimiento de personas y vehículos en las calles y los caminos con el propósito de hacerlo eficaz, libre, rápido y seguro [Mier, 1980].

Es responsabilidad de los ingenieros en tránsito la operación del sistema nacional de carreteras. La ingeniería de tránsito contempla la integración del vehículo, del conductor y las características del peatón para mejorar la seguridad y la capacidad de las calles y carreteras. Se incluyen todos los aspectos del sistema de transporte una vez que la calle o la carretera ha sido construida o abierta a la operación. Entre los elementos de importancia están los análisis de los accidentes de tránsito, estacionamiento, cargas, diseño de las instalaciones de las terminales, señales de tránsito, marcas, señalización, límites de velocidad, y la iluminación de la carretera. El ingeniero en tránsito trabaja para mejorar el flujo del tráfico y la seguridad, por medio de métodos de ingeniería y tecnología de la información para tomar decisiones sustentadas en la aplicación y la educación [Nicholas y Lester, 2005].

2.1 Factores que integran el tránsito

Los cuatro componentes principales de la modalidad de transporte por carretera son el conductor, el peatón, el vehículo y el camino. También la bicicleta se está convirtiendo en un componente importante en el diseño de carreteras y calles urbanas [Garber y Hoel, 2005].

2.2. El usuario

El usuario es el primer elemento básico debido a que es la persona quien tiene la necesidad de trasladarse o trasladar cosas y sin esa necesidad no sería necesario el tránsito.

La planeación y el proyecto de carreteras así como el control y la operación del tránsito,

requiere del conocimiento de las características físicas y psicológicas del usuario del camino. El ser humano, bien sea como peatón o como conductor, considerado individual o colectivamente, es el elemento crítico en la determinación de muchas de las características del tránsito.

Las siguientes condiciones del medio ambiente pueden afectar el comportamiento del usuario: 1) la tierra: su uso y actividades; 2) el ambiente atmosférico; estado del tiempo y visibilidad; 3) obras viales: carreteras ferrocarriles, puentes y terminales; y 4) la corriente del tránsito y sus características, las cuales son manifiestas al usuario. En tanto que estas condiciones ambientales estimulan al usuario desde el exterior, este se ve afectado también por su propio sistema orgánico. Por ejemplo el alcohol, deficiencias físicas y aun problemas emocionales influyen en el ser humano afectando su conducta en la corriente del tránsito. La motivación, inteligencia, aprendizaje y estado emocional del usuario del camino, son otros elementos profundamente significativos en la operación del tránsito [Manual de Proyecto Geométrico de carreteras, 1991].

2.2.1. El peatón

Cuando una persona transita a pie se le considera peatón, es decir que camina por una vía pública, también se incluyen a personas que empujan o arrastran una carriola para menores, los que circulan en una silla de ruedas y los que utilizan patines o similares. Los peatones son conductores de su propio cuerpo; algunos tienen dificultad de movimiento y es muy frecuente la falta de una infraestructura adecuada para el peatón. De aquí la vulnerabilidad para un atropellamiento, definiéndose este como el contacto violento entre un peatón y un vehículo [Mayoral y Cuevas, 2014]

Las características del peatón que son relevantes para la práctica de la ingeniería de tránsito y la ingeniería de carreteras incluyen las del conductor. Además otras características pueden influir en el diseño y la ubicación de los dispositivos de control de peatones. Estos dispositivos incluyen señales especiales para peatones, zonas de seguridad e islas en las intersecciones, pasos a desnivel para peatones, pasarelas elevadas y cruces de peatones;

además las características de caminata son importantes para el diseño de algunos controles. Por ejemplo el diseño de una fase totalmente roja que permite que los peatones crucen una intersección con tránsito intenso requiere de un conocimiento de las velocidades de caminata de los peatones (figura 3).

Las observaciones de los movimientos de los peatones han indicado que las velocidades de caminata varían entre 3.0 y 8.0 pies/segundo. También se han observado diferencias importantes entre la velocidad de caminata masculina y femenina. Se han determinado que la velocidad media de la caminata en las intersecciones es de 4.93 pies/segundo para hombres y de 4.63 pies/segundo para mujeres.

También se ha sugerido que el valor de 4.0 pies/segundo puede ser muy elevado para los peatones de 60 años o más. Por tanto deberá considerarse este factor para el diseño de señales para peatones en las intersecciones donde se espere un gran número de peatones de edad avanzada. También deben considerarse las características de los peatones discapacitados como invidentes, se ha demostrado por medio de estudios, que los accidentes que involucran a peatones invidentes, puede reducirse mediante la instalación de señales especiales [Garber y Hoel, 2005].



Figura 3. Se muestra un semáforo peatonal, además de peatones utilizando dicho dispositivo (Fuente: J.M. Parra Carranza).

2.2.2. El Conductor

A través del tiempo, el hombre ha demostrado una gran adaptabilidad a los cambios de la

vida moderna. Se ha visto como el individuo es capaz de conducir carreteras y rápidamente cambiar a la condición de diligencias, de mayor velocidad, para posteriormente adaptarse a las condiciones del vehículo de motor. Según ha ido cambiando y evolucionando el vehículo, el hombre se ha ido adaptando con facilidad [Cal y Cárdenas, 2007].

Un problema al que se enfrentan los ingenieros de transporte y de tránsito cuando consideran las características del conductor durante el diseño son las diferentes habilidades y la capacidad de percepción de los conductores en las carreteras [Cal y Cárdenas, 2007].

Para el estudio de los conductores es necesario conocer el comportamiento o factores que influyen en sus condiciones físicas y psíquicas, sus conocimientos, su estado de ánimo, etc. Se ha encontrado para el conductor un tiempo mínimo de reacción para actuar que se detallara a continuación (figura 4):

Para un vehículo sin movimiento un tiempo promedio de 0.25 seg. , por ejemplo el tiempo de reacción para arrancar el vehículo cuando el semáforo cambia de rojo a verde.

- Para un vehículo sin movimiento en semáforos aislados un tiempo de 0.25 seg.
- Para un vehículo en movimiento en semáforos aislados un tiempo de 0.83 seg.
- En algunos casos podría llegar hasta 2 ó 3 seg[Cal y Cárdenas, 2007].

2.2.2.1. Factores que pueden modificar las facultades del individuo en el tiempo de reacción.

- La fatiga.
- Las enfermedades o deficiencias físicas.
- El alcohol y las drogas.
- Su estado emocional.
- El clima.
- La época del año.
- Las condiciones del tiempo.
- La altura sobre el nivel del mar.
- El cambio del día a la noche y viceversa [Cal y Cárdenas, 2007].

2.2.2.2. Características del conductor

Las decisiones y acciones de un conductor dependen principalmente de la información que transmiten los sentidos, cuya información llegan al conductor a través de los ojos, oídos y terminales nerviosas (figura 4). A continuación citaremos las características más importantes del conductor:

- Cono de agudeza visual, se refiere a la visión más nítida de una persona que esta concentrada dentro de un cono con un ángulo central de alrededor de 3 grados respecto a la horizontal. La agudeza visual es razonablemente nítida dentro de un ángulo cónico de hasta 10 grados aproximadamente.
- Visión periférica, se refiere a que una persona puede percibir objetos periféricos dentro de un cono con ángulo central de hasta 160 grados.
- Información visual, se refiere a que el conductor mediante movimientos de la cabeza y los ojos aumenta la cantidad de información visual recibida.
- Encandilamiento, se refiere a la visión del conductor en condiciones de encandilamiento.
- Sensibilidad visual a la luz y al color (daltonismo).
- La altura del ojo del conductor respecto a la superficie será de 1,14 metros.
- Percepción del espacio, es decir, que al divisar un obstáculo u objeto a velocidades altas la distancia de frenado será mayor [Tapia y Veizaga, 2006].



Figura 4. El conductor como principal componente del tránsito ya que tiene que prever diferentes situaciones a lo largo de su recorrido (Fuente: J.M. Parra Carranza).

2.2.2.3. Distancia para detener un vehículo.

La distancia total para detener un vehículo, llamada distancia de parada D_p , depende de los tiempos de percepción, de reacción y de frenado. Se expresa como :

$$D_p = d_p + d_r + d_f \quad (1)$$

Dónde:

d_p = distancia recorrida durante el tiempo de percepción

d_r = distancia recorrida durante el tiempo de reacción

d_f = distancia recorrida durante el tiempo de frenado.

La distancia recorrida durante los tiempos de percepción y reacción ($d_p + d_r = d_{pr}$), se llevan a cabo mediante el proceso denominado PIEV, que tiene 4 componentes de reacción debido a un estímulo exterior, estos componentes son [Cal y Cárdenas, 2007]:

- 1) **Percepción.**- Impresión material producida en los sentidos por un estímulo exterior. Para un conductor, es el intervalo de tiempo comprendido entre la aparición del objeto exterior y su reconocimiento a través de su sensación visual.
- 2) **Intelección.**- Acto de entender o concebir; se entiende la situación. Es el tiempo requerido para comparar y registrar las nuevas sensaciones.
- 3) **Emoción.**- Agitación del ánimo producto de la percepción y el entendimiento de la situación. Durante este tiempo el conductor utiliza el juicio y la experiencia para tomar una actitud o llegar a una decisión.
- 4) **Volición.**- Acto por el cual la voluntad determina hacer algo. Es el tiempo necesario para llevar a la acción de decisión tomada.

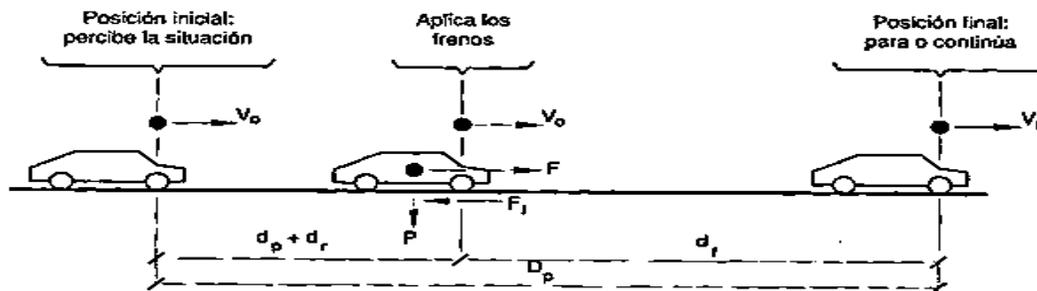


Figura 5. Distancia para detener un vehículo(Fuente: Ingeniería de Tránsito de Rafael Cal y Mayor R. & James Cárdenas G.)

Dependiendo de la complejidad del problema y las características del conductor, el tiempo de percepción-reacción t_{pr} , o tiempo durante el PIEV, t_{PIEV} , varía entre 0.5 y 4.0 segundos.

El tiempo de percepción-reacción de 2.5 segundos, excede el percentil 90 de los tiempos de percepción reacción de todos los conductores, y por lo tanto se recomienda para fines de proyecto. Durante este tiempo se considera que la velocidad del vehículo V_0 , se mantiene constante, pues su variación es muy pequeña. Por lo tanto la distancia de percepción-reacción d_{pr} , para movimiento uniforme en general se expresa como [Cal y Cárdenas, 2007]:

$$d_{pr} = v_0(t_{pr}) \quad (2)$$

Que para el caso de distancia de parada, ante obstáculos se convierte en:

$$d_{pr} = v_0(t_{PIEV}) \quad (3)$$

Remplazando a t_{PIEV} por 2.5 segundos, para la velocidad v_0 en kilómetros por hora y la distancia d_{pr} en metros, se tiene:

$$d_{pr} = v_0(\text{km/h})(2.5 \text{ s}) \left(\frac{1,000\text{m}}{1\text{km}} \right) \left(\frac{1\text{h}}{3,600\text{s}} \right)$$

$$d_{pr} = 0.694v_0 \quad (4)$$

La distancia de frenado d_f , depende de muchos factores: la fricción entre llantas y pavimento; el peso del vehículo; el número de ejes; el tipo de pavimento; etc. Sin embargo, estableciendo ciertas condiciones, es posible calcular cierta distancia. La potencia de frenado del vehículo y la fricción longitudinal entre las llantas y el pavimento, controlan su capacidad para disminuir su velocidad y parar. Un vehículo que se aproxima a un ALTO con un motor desengranado y sin la aplicación de los frenos, es desacelerado solamente por

la resistencia al rodamiento y a la resistencia del aire.

Cuando la anterior maniobra es realizada por el vehículo con el motor engranado, la desaceleración se lleva a cabo con la resistencia al movimiento, la resistencia del aire y la resistencia del motor. Ensayos hechos para medir la desaceleración con el vehículo engranado y sin la aplicación de los frenos, indica que ella varía de 3.5 km/h/s a 1.4 km/h/s, para velocidades comprendidas entre 110 km/h y 30 km/h respectivamente.

Adicionalmente, si se aplican los frenos, aparece una cuarta resistencia, denominada resistencia por fricción en el frenado. En el caso de que los frenos sean aplicados súbitamente, las llantas quedarán bloqueadas o inmovilizadas y el vehículo derrapará. La longitud de las huellas dejadas por las llantas sobre el pavimento, permitirá conocer la velocidad que traía el vehículo al inicio del derrapamiento.

Por lo tanto, la distancia de frenado d_f , es recorrida por el vehículo en movimiento uniformemente desacelerado, y puede ser calculada por acción mecánica de pisar los frenos en una superficie horizontal, despreciando la resistencia al rodamiento, del aire y del motor. La distancia de parada se puede calcular con la ecuación 5 [Cal y Cárdenas, 2007]:

$$D_p = 0.694(v_0) + \frac{v_0^2}{254(f_1)} \quad (5)$$

Para fines de proyecto, tomando en cuenta coeficientes variables de fricción longitudinal, en la tabla 1 se presentan valores para la distancia de parada, correspondientes a diferentes velocidades de proyecto, condiciones de pavimento mojado y a nivel, ante la presencia de obstáculo.

Tabla 1. Distancia de parada en pavimento mojado y a nivel (Cal y Cárdenas, 2007).

Velocidad de proyecto (km/h)	Percepción-recepción		Coeficiente de fricción longitudinal f_i	Distancia de frenado d_f (m)	Distancia de parada D_p (metros)	
	Tiempo t_{pr} (s)	Distancia d_{pr} (m)			Calculada	proyecto
	30	2.5				
40	2.5	27.8	0.380	16.6	44.4	45
50	2.5	34.7	0.360	27.3	62.0	60
60	2.5	41.6	0.340	41.7	83.3	85
70	2.5	48.6	0.325	59.4	108.0	110
80	2.5	55.5	0.310	81.3	136.8	135
90	2.5	62.5	0.305	104.6	167.1	165
100	2.5	69.4	0,300	131.2	200.6	200
110	2.5	76.3	0.295	161.5	237.8	240
120	2.5	83.3	0.290	195.5	278.8	280

Cuando el vehículo tiene una velocidad v_f al final de la aplicación de los frenos, y la calle o carretera sobre la cual ocurre el frenado se encuentra sobre una pendiente longitudinal p , la distancia de frenado d_f se calcula con la ecuación 6:

$$d_f = \frac{v_0^2 - v_f^2}{254(f_1 \pm p)} \quad (6)$$

La distancia de frenado es menor en ascenso que en descenso, por lo tanto el valor de p expresado en decimal o tanto por uno es positivo (+) para pendientes ascendentes y negativo (-) para pendientes descendentes.

Si el vehículo se detiene completamente, esto es $v_f = 0$, la ecuación práctica para el cálculo

de la distancia de frenado es:

$$d_f = \frac{v_0^2}{254(f_1 \pm p)} \quad (7)$$

De la misma manera una expresión más general para el cálculo de la distancia de parada, ante la presencia de obstáculos es:

$$D_p = 0.694(v_0) + \frac{v_0^2}{254(f_1 \pm p)} \quad (8)$$

Los valores del coeficiente de fricción longitudinal f_1 , usados en las ecuaciones 7 y 8 se determinan mediante experimentos de frenado.

En la práctica, existen otras situaciones que obligan a que un conductor tenga que detener su vehículo o disminuir su velocidad, como por ejemplo ante la presencia de la luz amarilla en un semáforo, ante la presencia de una señal de ALTO, a la salida de una carretera principal por un enlace de divergencia, a la llegada a una caseta de cobro, etc. Para estos casos, la distancia necesaria para pasar de una velocidad inicial v_0 a una velocidad final v_f (que puede llegar a ser cero), es:

$$D_p = v_0(t_{pr}) + \frac{v_0^2 - v_f^2}{254(f_1 \pm p)} \quad (9)$$

Donde t_{pr} representa el tiempo de percepción-reacción de la situación específica analizada [Cal y Cárdenas, 2007].

2.3. El vehículo

Los criterios para el diseño geométrico de las carreteras se basan parcialmente en las características estáticas, cinemáticas y dinámicas de los vehículos. Las características estáticas consideran el peso y el tamaño del vehículo; las características cinemáticas

comprenden el movimiento del vehículo, sin considerar las fuerzas que causan el movimiento; las características dinámicas toman en cuenta las fuerzas que causan el movimiento del vehículo (Figura 6). Casi todas las carreteras alojan automóviles particulares como de tránsito de camiones, es esencial que los criterios de diseño consideren las características de los diferentes tipos de vehículos. Estas características ayudan al diseño de carreteras y de sistemas de control de tránsito, que permiten la operación segura, sin contratiempos de un vehículo en movimiento, en especial durante las maniobras básicas de paso, alto total y dar vuelta [Garber y Hoel, 2005].

Las características del vehículo de diseño son aprovechadas para determinar los criterios en el diseño geométrico, el diseño de las intersecciones y los requerimientos de distancia visual [Garber y Hoel, 2005].



Figura 6. Características del vehículo y la interacción con el ciclista.

2.4. El camino

El camino debe diseñarse para alojar una amplia gama de características de los vehículos y al mismo tiempo permitir su uso por los conductores y los peatones con un amplio rango de características físicas y Psicológicas (figura 6).

La distancia visual es la longitud del camino que el conductor puede contemplar en cualquier momento específico; la distancia visual disponible en cada punto de la carretera

debe ser tal que cuando un conductor este viajando a la velocidad de diseño de la carretera se disponga del tiempo suficiente después de ver un objeto en la trayectoria del vehículo, para hacer las maniobras evasivas necesarias y no chocar con el objeto [Cal y Cárdenas, 2007].



Figura 7. Se muestra una carretera y una calle consideradas como parte de la ingeniería de tránsito (Fuente J.M. Parra Carranza).

Existen dos tipos de distancia visual:

- Distancia visual de paro (DVP) distancia visual mínima requerida para que un conductor de tenga su vehículo, después de ver un objeto en la trayectoria del vehículo sin impactarse con ese objeto. Esta distancia es la suma de la distancia recorrida durante el tiempo de percepción – reacción y la distancia recorrida durante el frenado.
- Distancia visual de rebase, es la distancia visual mínima requerida en una carretera de dos carriles y de dos sentidos, que le permitan a un conductor terminar una maniobra de rebase sin chocar con un vehículo que venga en sentido contrario y sin cerrar el paso al vehículo rebasado [Cal y Cárdenas, 2007].

2.5. El ciclista

Otro usuario, elemento importante del tránsito y el transporte, es el ciclista, que de alguna manera, ya sea en el desarrollo de una actividad de recreación, trabajo, compras o estudio, debe desplazarse de un lugar a otro, sobre facilidades exclusivas o mezcladas

con el tránsito peatonal y vehicular. Independientemente de cómo lo realice, siempre ha sido vulnerable a muchos factores tales como: a la accidentalidad producida por la interacción con los vehículos motorizados (figura 6), a la inseguridad por la facilidad a robos o atracos, a la geografía y topografía tortuosa misma del lugar y, porque no decirlo, al medio ambiente "adverso", como por ejemplo la lluvia [Cal y Cárdenas, 2007].

Sin embargo, con el crecimiento de las ciudades y el aumento de la contaminación ambiental debida a los vehículos automotores, es necesario, y ya se están comenzando a implantar, sistemas de transporte alternativos que utilizan medios no motorizados, ambientalmente inofensivos y sostenibles que no usen carburantes; y uno de esos es la bicicleta. Para que esto se logre, las ciclovías y los carriles para los ciclistas deberán llenar todos los requisitos necesarios, en su diseño y operación, de tal manera que su vulnerabilidad sea la más mínima posible [Cal y Cárdenas, 2007].

A continuación se mencionan una serie de ventajas, que justifican el uso de la bicicleta:

- Disminución de la contaminación atmosférica.
- Disminución de la congestión vehicular.
- Quien la utiliza, mantiene un buen nivel de actividad física y de salud.
- Ahorro de costos de transporte.
- Más humana y más amable con el medio ambiente.
- No se congestionan, el tiempo de desplazamiento siempre es el mismo incluso en horas de máxima demanda de ciclistas.
- Ecológicamente sostenible.
- No requiere de la construcción de una infraestructura tan costosa.
- Mejora el estado de ánimo de quienes lo practican posible [Cal y Cárdenas, 2007].

CAPITULO 3. RESUMEN DE INVENTARIOS DE TRÁNSITO

El trabajo del Ingeniero de Tránsito, depende casi totalmente de los inventarios de tránsito que se tenga en cada localidad, ya que en base a ellos es que se tomarán las medidas adecuadas para mejorar la vialidad en cualquier lugar, modo y tiempo, ya sea mediante sistemas de mapas, por medio de archivos o conjuntamente, pero siempre deberán existir inventarios para iniciar cualquier tipo de estudio de tránsito [Box y Oppenlander, 1985].

3.1. Sistema de mapas

Es muy fundamental, un sistema de mapas actualizado con datos abundantes y prácticos los cuales, se pueden consultar de una manera rápida y eficiente. Los inventarios de sistema de mapas deben incluir:

- Clasificación funcional de las calles (denominadas calles con continuidad o sistemas de calles continuas) que se muestran en los planos oficiales de la ciudad.
- Controles del tránsito en intersecciones, semáforos, espejos preventivos, (señales de ceda el paso, alto, etc.).
- Sentidos de circulación del tránsito.
- Rutas y límites de peso del transporte de carga.
- Altura libre de estructuras.
- Rutas y paradas del transporte público de pasajeros.
- Límites de velocidad
- Rutas de emergencia.
- Aforos de tránsito.
- Puntos conflictivos de accidentes.
- Características y uso del suelo.

Además se deben elaborar mapas específicos, para mostrar los aspectos siguientes:

- Sistemas de semáforos interconectados.
- Restricción de estacionamientos en la vía pública.
- Sistema de estacionómetros.

- Estacionamientos fuera de la vía pública.
- Alumbrado público.
- Anchuras de calles.
- Mapas de lotificación.

Este tipo de inventario, puede complementarse con álbumes de planos controlados con tarjetas como referencia de consultas. El sistema de tarjetas puede ordenarse en archiveros, en carpetas o en una combinación de ambas [Box y Oppenlander, 1985].

3.2. Archiveros oficiales

Un archivo común de oficina, además del sistema de mapas debe incluir:

- Reportes sobre accidentes.
- Aforos de Tránsito
- Ordenes de trabajo (fechas de instalaciones de señales).
- Expedientes de programación de semáforos
- Reportes de análisis del tránsito
- Reporte anual actualizado, kilometraje de calles (clasificación para su función), número y tipos de señales, kilometraje de acera y cualquier otro dato estadístico relacionado con el tránsito [Box y Oppenlander, 1985].

3.3. Clasificación operacional de la red vial

El plano fundamental para cualquier área, ya sea urbana o rural, independientemente de su tamaño, es el que muestra la clasificación de la red vial. Con el propósito de uniformar y simplificar la nomenclatura, se sugieren las definiciones siguientes:

a) Autopistas o vías rápidas: Provistas para el movimiento expedito de grandes volúmenes de tránsito entre áreas a través o alrededor de la Ciudad o área urbana. Las autopistas o vías rápidas son caminos divididos con control total de sus accesos y sin comunicación directa con las propiedades colindantes. Una autopista tiene separación total de los flujos conflictivos, en tanto en una vía rápida puede o no tener algunas soluciones a desnivel

puede ser la etapa anterior a una autopista, ambos tipos de arterias forman parte de sistema o red vial primaria de un área urbana. En los planos de la red vial deben emplearse símbolos diferentes para clasificar las autopistas y las vías rápidas [Box y Oppenlander, 1985].

b) Carreteras o calles principales: Son las que permiten el movimiento del tránsito entre áreas o lugares de la ciudad. Dan servicio directo a los generadores principales y se conectan con las autopistas en caso de existir estas [Box y Oppenlander, 1985].

Estas calles tienen como función secundaria proporcionar acceso a las propiedades colindantes. Las calles principales están por consiguiente sujetas al control y reglamentación de los movimientos direccionales, el estacionamiento y las entradas a los predios. Las calles principales se combinan entre sí para formar un sistema que mueve al tránsito en toda la Ciudad (sus características geométricas pueden diferir aún dentro de una misma Ciudad, sin embargo conservan su función) [Box y Oppenlander, 1985].

c) Calles Colectoras: Son las que ligan las calles locales con las calles principales y carreteras más próximas. Además estas calles proporcionan acceso a las propiedades colindantes [Box y Oppenlander, 1985].

d) Calles locales: Proporcionan acceso directo a las propiedades, ya sea habitacionales, comerciales, industriales o algún otro uso, además de facilitar el tránsito local se conectan directamente con las calles colectoras, así como con las calles principales [Box y Oppenlander, 1985].

NOTA: Calle o carretera escénica: Pueden ser cualquiera de las anteriores, con la condición de que cuenten con paisajes, aspectos escénicos o que crucen algún parque, etc. Su uso puede ser restringido [Box y Oppenlander, 1985].

Un diagrama de los cuatro tipos de calles y su conexión con los generadores de tránsito se muestran en la figura 7.

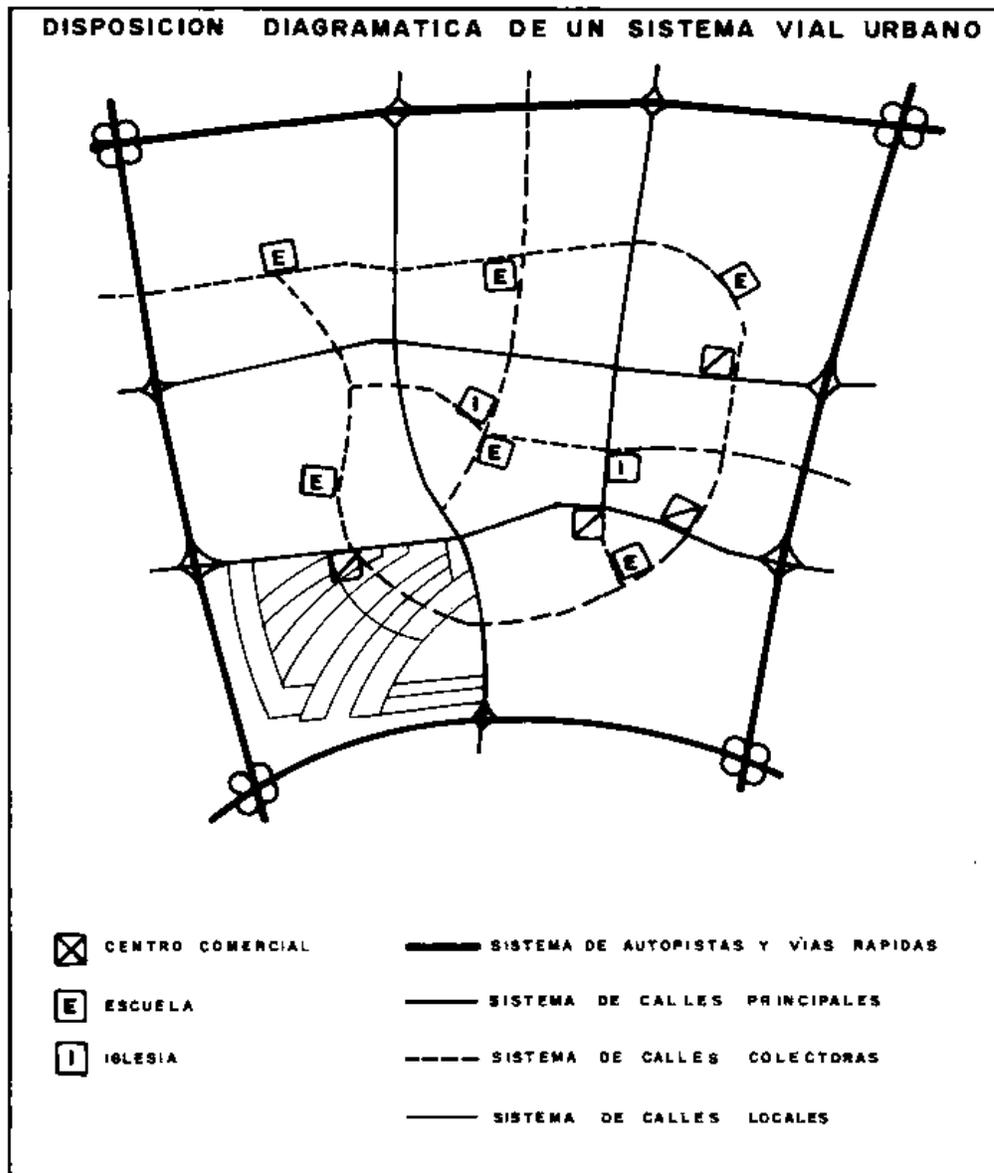


Figura 8. Diagrama esquemático que ilustra los cuatro tipos de calles y los accesos a lugares específicos o generadores de tránsito de una localidad. (Fuente: Manual de estudios de ingeniería de tránsito).

La categorización de la red vial tiene su principal aplicación en la evaluación de la accesibilidad y del grado de movilidad que proporciona una carretera, una vía urbana o una intersección, a partir del estudio de las características físicas y geométricas de los elementos que las componen; este tipo de estudio puede también tener gran aplicabilidad en el seguimiento y análisis de la evolución de dichos elementos dentro de una red vial, y en la

formulación y diseño de alternativas orientadas a solucionar los múltiples problemas que aquejan a las urbes en el área del tránsito y transporte [Quintero, 2011].

3.4. Dispositivos para el control del tránsito en intersecciones

La instalación de estos dispositivos tales como semáforos, señales de alto y ceda el paso, está íntimamente relacionada con la función de las calles. Por lo tanto es importante identificar su instalación [Box y Oppenlander, 1985].

CLASIFICACION VIAL Y DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRANSITO EN INTERSECCIONES

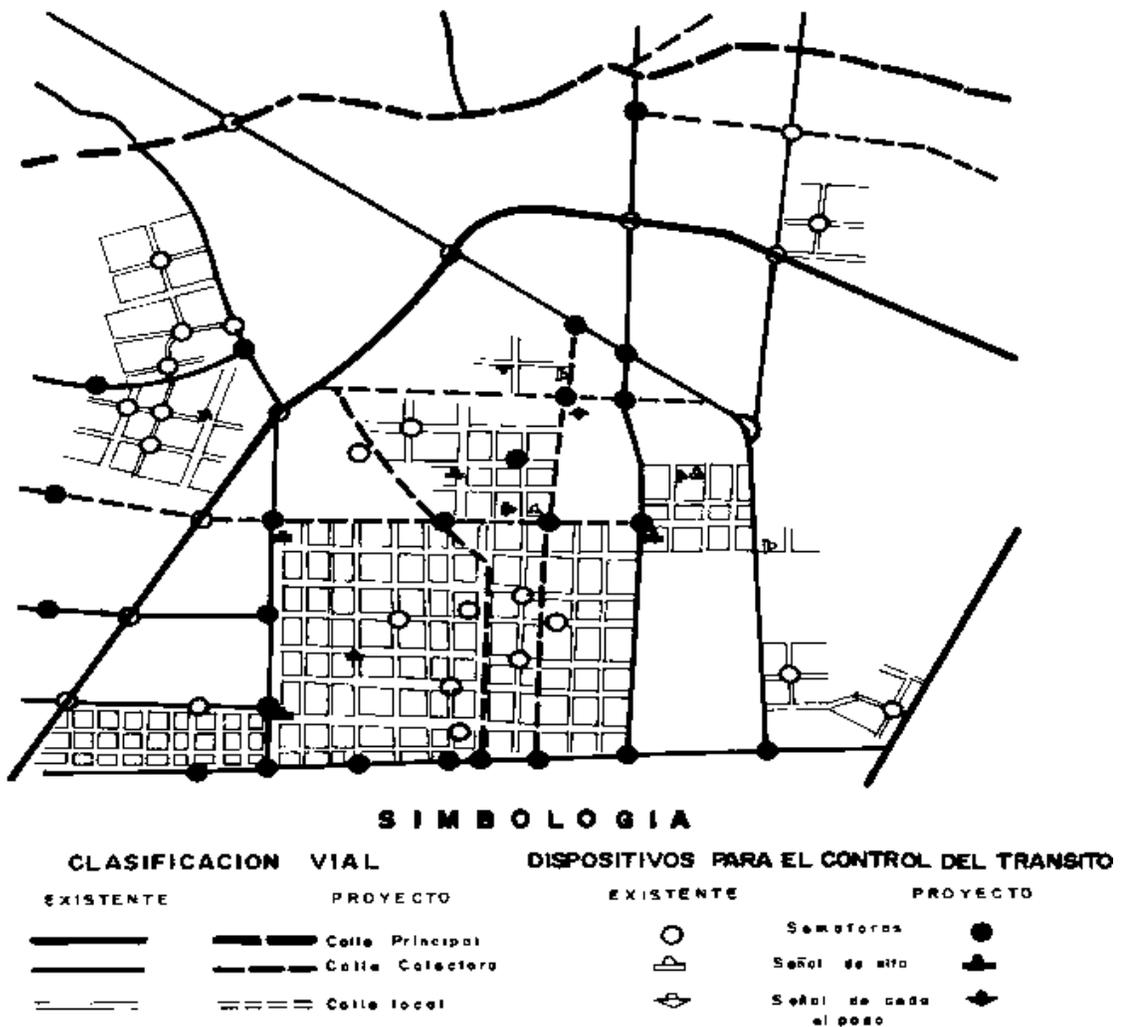


Figura 9. Este mapa de una zona de la ciudad muestra la clasificación vial, el control en las intersecciones, así como las calles y semáforos en proyecto. (Fuente: Manual de estudios de ingeniería de tránsito).

3.4.1. Clasificación de los dispositivos de control

Estos se colocan para el movimiento seguro y ordenado del tráfico en una carretera, al ofrecer guía e información acerca del rumbo, situación y posición de los conductores. Por lo común los dispositivos para el control del tráfico que se usan son señales y letreros que exhiben advertencias reguladoras e información acerca de la ruta. Otras formas incluyen marcas y delineadores en el pavimento [Merritt Et. Al., 2008].

Un dispositivo eficaz para el control del tráfico debe llamar la atención, dar un mensaje claro y sencillo, adquirir el respeto de los conductores y dar el tiempo adecuado para que estos últimos respondan. Los dispositivos para el control del tráfico deben de ser uniformes, tratando las situaciones similares de la misma manera. El uso coherente de los símbolos y la ubicación de los letreros y otros dispositivos para el control del tráfico ayuda a dar un tiempo suficiente de respuesta a los conductores para reaccionar a los mensajes del tráfico [Merritt Et. Al., 2008].

La Secretaria de Comunicaciones y Transportes, consiente de la necesidad de ofrecer mayor seguridad e información al usuario de las calles y carreteras del país, generador por el incremento del parque vehicular y su movilidad, así como el crecimiento de la infraestructura vial y su modernización, encomendó a la Dirección General de Servicios Técnicos, la coordinación de un grupo de trabajo que se encargara de la revisión y actualización del Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras, el cual se integró por especialistas en el tema, representando por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, a la Secretaria de Turismo al Departamento del Distrito Federal y a Caminos y Puentes Federales de ingresos y Servicios Conexos entre las dependencias públicas y a las Asociaciones Mexicanas de ingeniería de Transportes A.C. y a la de Directores de Tránsito A.C. como organismos privados[SCT, 1986].

Señalamiento vertical

Es el conjunto de señales en tableros fijados en postes, marcos y otras estructuras, integradas con leyendas y símbolos. Según su propósito, las señales son:

- Preventivas: Cuando tienen por objeto prevenir al usuario sobre la existencia de algún peligro potencial en el camino y su naturaleza.
- Restrictivas: Cuando tienen por objeto regular el tránsito, indicando al usuario la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que restringen el uso de la vialidad.
- Informativas: Cuando tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su itinerario por carreteras y vialidades urbanas, e informarle sobre nombres y ubicación de las poblaciones y de dichas vialidades, lugares de interés, las distancias en kilómetros y ciertas recomendaciones que conviene observar.
- Turísticas y de servicios: Cuando tienen por objeto informar a los usuarios la existencia de un servicio o de un lugar de interés turístico o recreativo.
- Diversas: Cuando tienen por objeto encauzar y prevenir a los usuarios de las carreteras y vialidades urbanas, pudiendo ser dispositivos diversos que tienen por propósito indicar la existencia de objetos dentro del derecho de vía y bifurcaciones en la carretera o vialidad urbana, delinear sus características geométricas, así como advertir sobre la existencia de curvas cerradas, entre otras funciones [NOM-034-SCT2-2011].

3.4.1.1. Señales preventivas

Las señales preventivas son tableros fijados en postes, con símbolos que tienen por objeto prevenir a los conductores de vehículos sobre la existencia de algún peligro en el camino y su naturaleza. (Regularmente son de color amarillo) Ejemplo de ello son las siguientes (tabla 2). [SCT, 1986].

Tabla 2. Significado de las señales preventivas (Fuente SCT. Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras).

CLAVE	NOMBRE
SP-6	Curva
SP-7	Curva cerrada
SP- 8	Curva inversa
SP-9	Curva cerrada inversa
SP-10	Camino sinuoso
SP-11	Cruce de caminos
SP-12	Entronque en t
SP-13	Entronque en delta
SP-14	Entronque lateral oblicuo
SP-15	Entronque en y
SP-16	Glorieta
SP-17	Incorporación del tránsito
SP-18	Doble circulación
SP-19	Salida
SP-20	Estrechamiento simétrico
SP-21	Estrechamiento asimétrico
SP-22	Puente móvil
SP-23	Puente angosto
SP-24	Anchura libre
SP-25	Altura libre
SP-26	Vado
SP-27	Termina pavimento
SP-28	Superficie derrapante
SP-29	Pendiente peligrosa
SP-30	Zona de derrumbes
SP-31	Alto próximo
SP-32	Peatones
SP-33	Cruce de escolares
SP-34	Ganado
SP-35	Cruce de ferrocarril
SP-36	Maquinaria agrícola
SP-37	Semáforo
SP-38	Camino dividido
SP-39	Ciclista
SP-40	Grava suelta

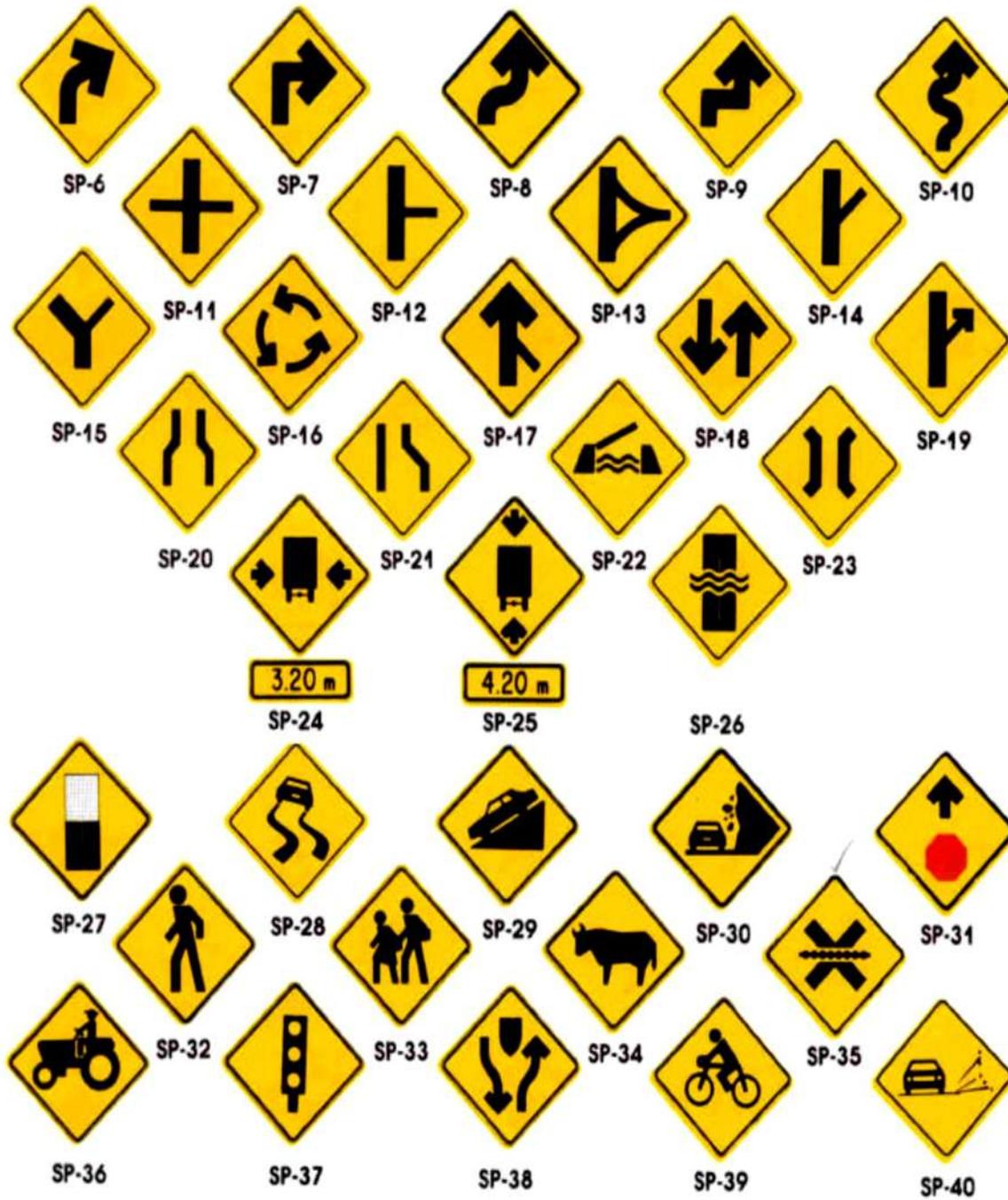


Figura 10. Señales preventivas. (Fuente SCT, Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).

3.4.1.2. Señales restrictivas

Las señales restrictivas son tableros fijados en los postes, con símbolos y/o leyendas que tienen por objeto identificar al usuario, tanto en zona rural como urbana, la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que regulan el tránsito. Ejemplo de éstas son las siguientes (tabla 3):[SCT, 1986]

Tabla 3. Significado de las señales restrictivas (Fuente SCT. Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras).

CLAVE	NOMBRE
SR-6	Alto
SR-7	Ceda el paso
SR-8	Inspección
SR-9	Velocidad
SR-10	Vuelta continua derecha
SR-11	Circulación
SR-11 A	Circulación
SR-12	Solo vuelta izquierda
SR-13	Conserve su derecha
SR-14	Doble circulación
SR-15	Altura libre restringida
SR-16	Anchura libre restringida
SR-17	Peso restringido
SR-18	Prohibido rebasar
SR-19	Parada prohibida
SR-20	No parar
SR-21	Estacionamiento permitido en corto periodo dentro de un horario
SR-22	Prohibido estacionarse
SR-23	Prohibida la vuelta a la derecha
SR-24	Prohibida la vuelta a la izquierda
SR-25	Prohibido el retorno
SR-26	Prohibido seguir de frente
SR-27	Prohibido el paso a bicicletas, vehículos pesados y motocicletas
SR-28	Prohibido el paso de vehículos de tracción animal
SR-29	Prohibido el paso de maquinaria agrícola
SR-30	Prohibido el paso a bicicletas
SR-31	Prohibido el paso de peatones
SR-32	Prohibido el paso de vehículos pesados
SR-33	Prohibido el uso de señales acústicas



Figura 11. Señales restrictivas (Fuente SCT, Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).

3.4.1.3. Señales informativas

Las señales informativas son tableros fijados en postes con leyendas y/o símbolos que tienen por objeto guiar al usuario a lo largo de su itinerario por calles y carreteras e informarle sobre nombres y ubicación de poblaciones, lugares de interés, servicios, kilometrajes y ciertas recomendaciones que conviene observar [SCT, 1986].

Las señales informativas se clasifican en cinco grupos:

SII De identificación

SID De destino

SIR De recomendación

SIG De información General

SIST De servicios y turísticas

Tabla 4. Significado de las señales informativas (Fuente SCT. Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras).

CLAVE	NOMBRE
SII-2.3	Tablero de las señales de kilometraje
SII-6	Nomenclatura de calles
SII-14	Kilometraje con ruta
SII-15	Kilometraje sin ruta
SID-8	Acceso a poblado
SID-9	Entronque
SID-10	Cruce
SID-11	Confirmativa
SID-12	Diagramática
SID-13	Bandera
SID-14	Bandera doble
SID-15	Puente
SIG-7	Lugar
SIG-8	Nombre de obras
SIG-9	Limites políticos
SIG-10	Control
SIG-11	Sentido del transito

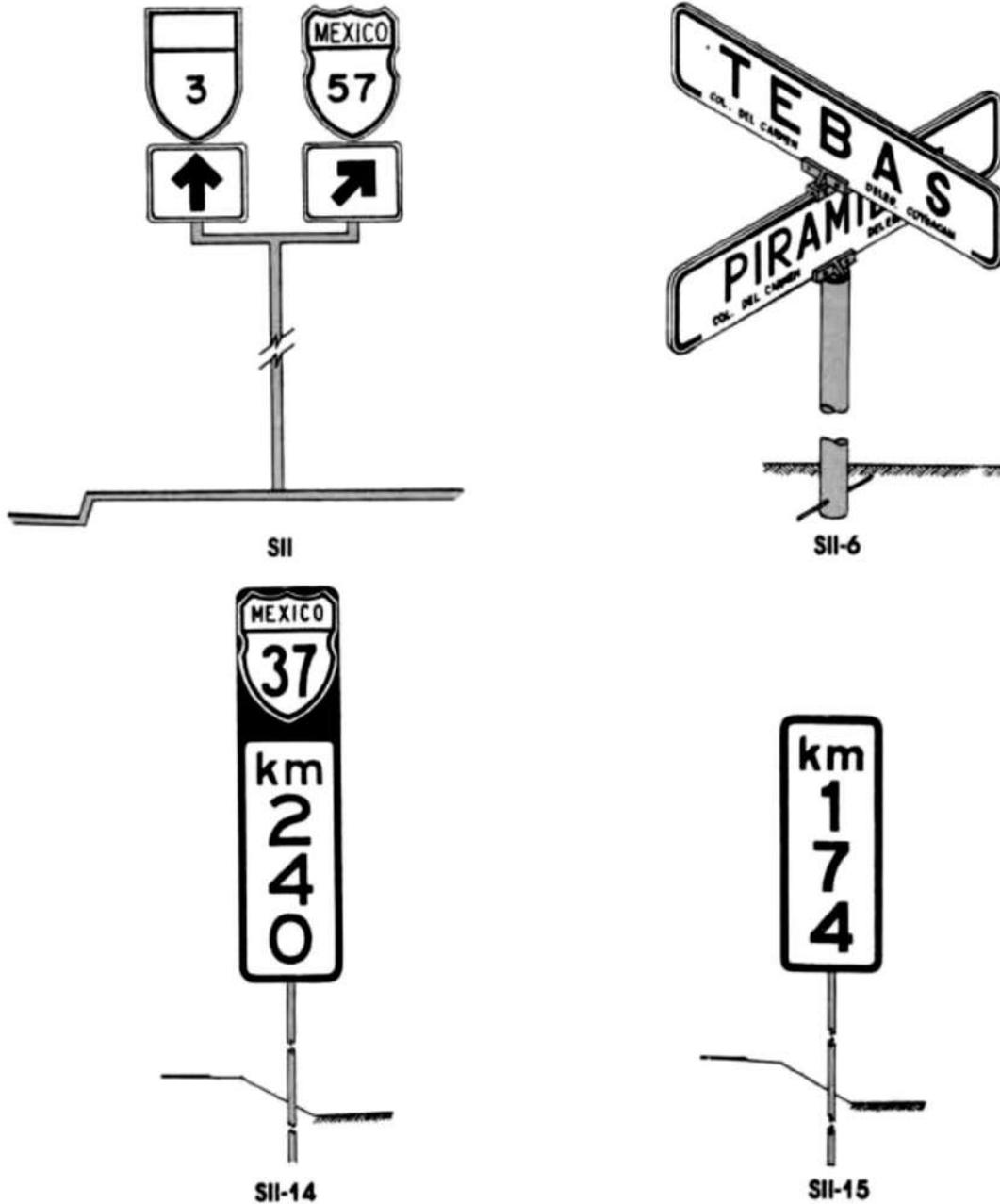


Figura 12. Señales informativas de identificación (Fuente SCT, Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).

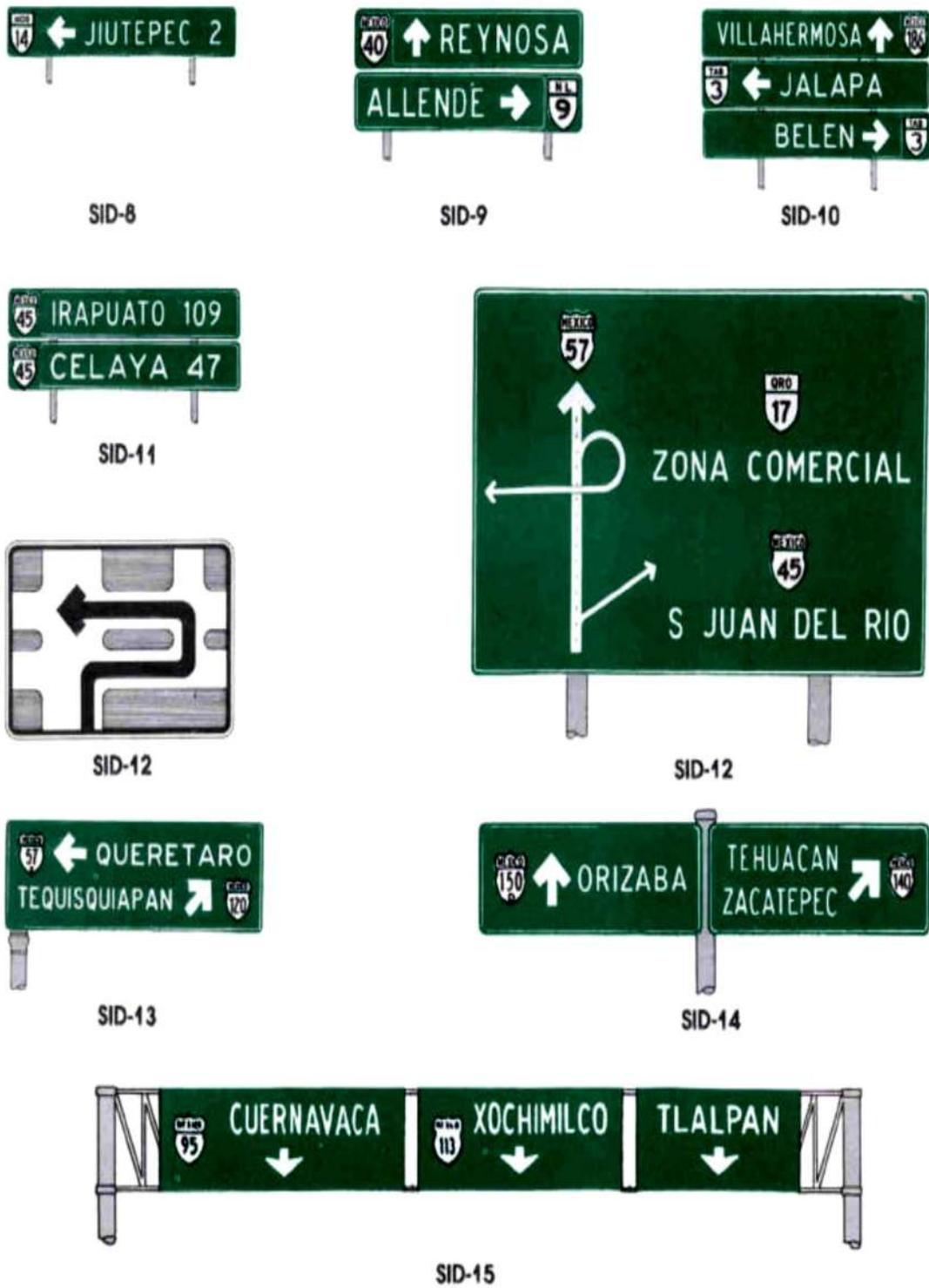


Figura 13. Señales informativas de destino (Fuente SCT, Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).



SIG-6



SIG-7



SIG-8



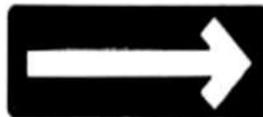
SIG-9



SIG-10

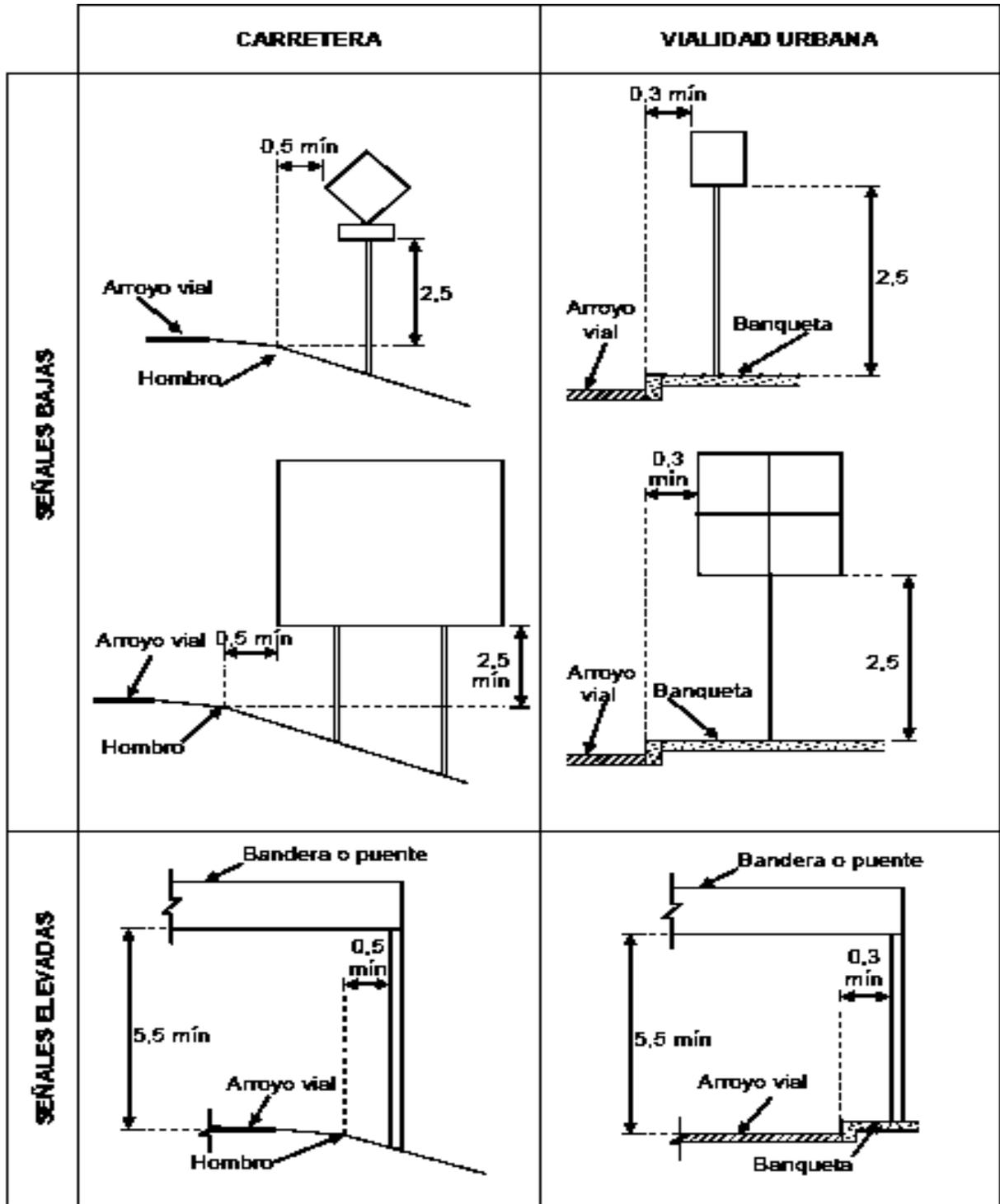


SIG-11



SIG-12

Figura 14. Señales informativas de recomendación e información general (Fuente SCT, Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).



Anotaciones en metros

Figura15 . Ejemplos de la ubicación lateral de las señales (Fuente: N-PRY-CAR-10-01-008/13).

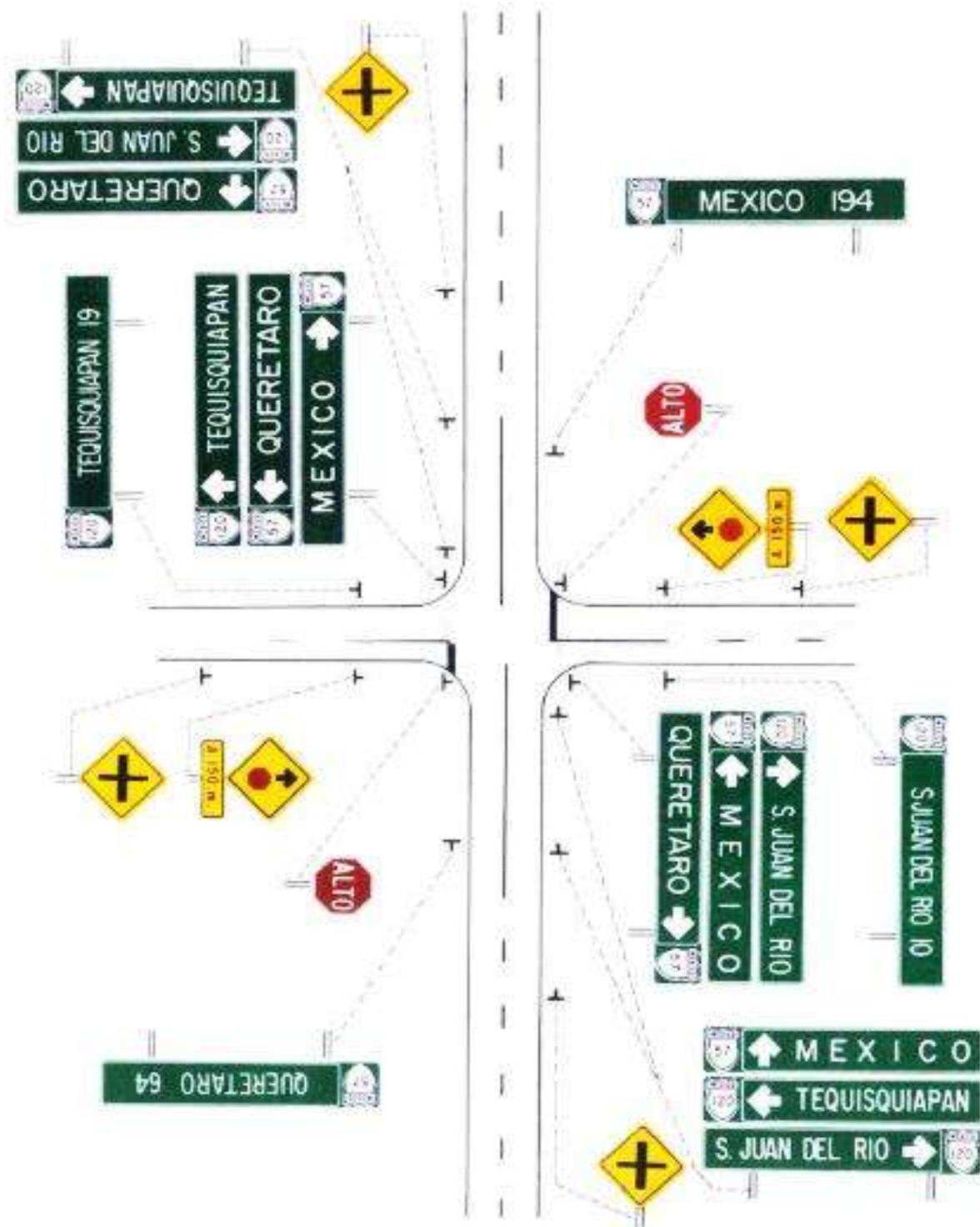


Figura 16. Aplicación de las señales informativas (Fuente SCT, Manual de dispositivos). para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).

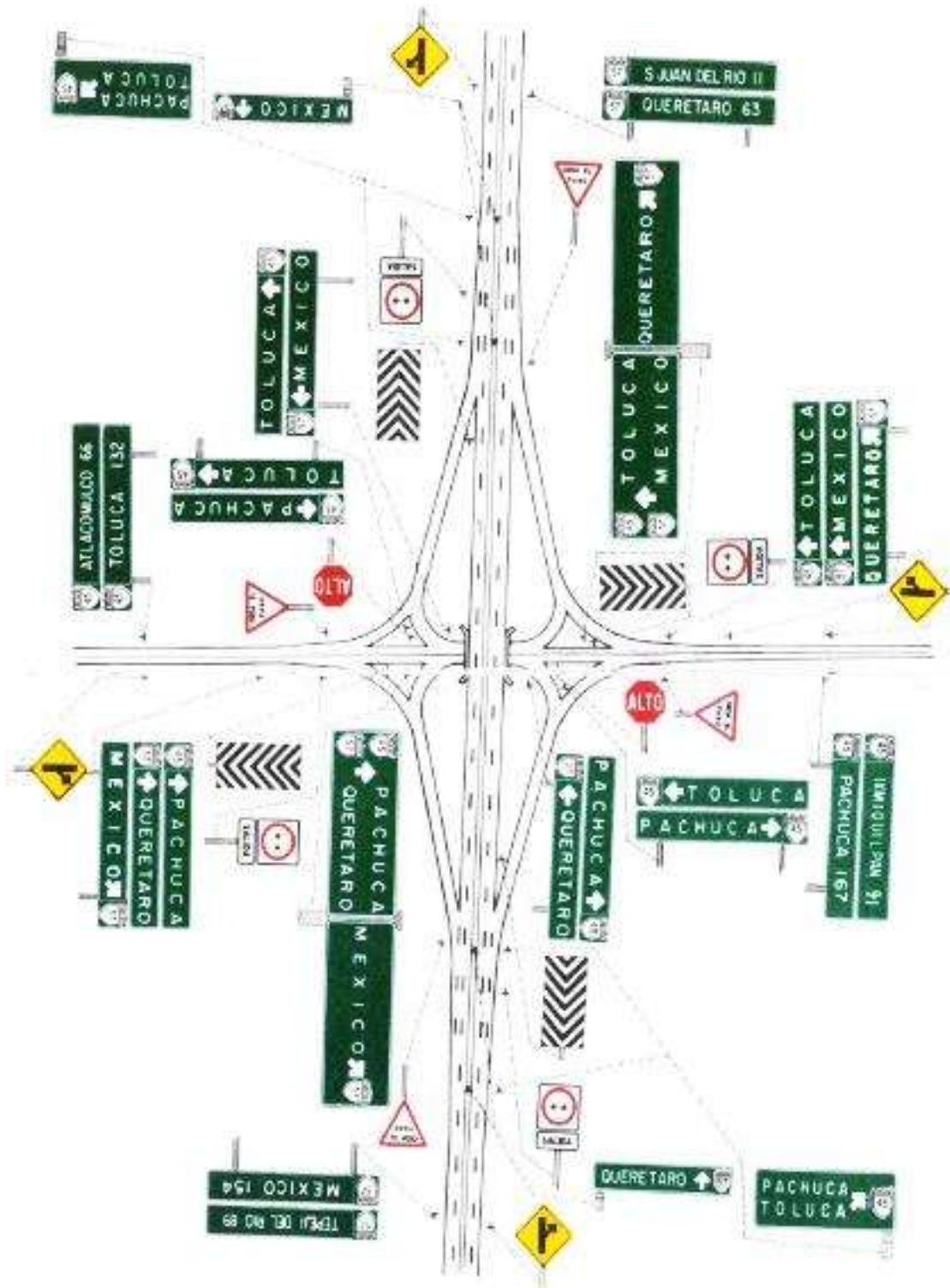


Figura 17. Señales informativas de recomendación e información general (Fuente SCT, Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).

3.4.1.4. Señales informativas turísticas

La proliferación de destinos turísticos crea la necesidad de informar con claridad y oportunidad al visitante, para que formule y desarrolle sus itinerarios con seguridad y confianza.

La información a transmitir cubre la identificación y ubicación de los sitios de interés, así como las instalaciones y servicios turísticos disponibles.

Por todo ello en el convenio suscrito el 7 de marzo de 1978 por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes, la Secretaria de Turismo y la extinta Secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, se establecieron las bases para el Desarrollo de un Sistema de Señalamiento Turístico y de Servicios, que cubriera las necesidades en la materia. El señalamiento está destinado a calles y carreteras, así como a instalaciones turísticas, aeropuertos, terminales de autobuses, terminales ferroviarias y terminales marítimas.

El sistema de Señalamientos Turístico y de servicios contiene las reglas, características y condiciones de aplicación de cada uno de los elementos que lo conforman. Estos elementos son símbolo, Tipografía, Flecha y color y la combinación de dos o más de ellos forman los mensajes [SCT, 1992].

Tabla 5. Señales turísticas(Fuente SCT, *Manual de señalamiento turístico y de servicios*).

CLAVE	NOMBRE
SIT-001	Acueducto
SIT-002	Artesanías
SIT-003	Balneario
SIT-004	Cascada
SIT-005	Grutas
SIT-006	Lago-laguna
SIT-007	Monumento colonial
SIT-008	Parque nacional
SIT-009	Playa
SIT-010	Zona arqueológica
SIT-011	Acuario

SIT-012	Aduana
SIT-013	Agencia de viajes
SIT-014	Aguas termales
SIT-015	Arco y Fecha
SIT-016	Asadores
SIT-017	Autódromo
SIT-018	Badminton
SIT-019	Baloncesto
SIT-020	Bar
SIT-021	Beisbol
SIT-022	Boliche
SIT-023	Buceo
SIT-024	Cambio de moneda
SIT-025	Caza
SIT-026	Ciclismo
SIT-027	Festival artístico
SIT-028	Futbol
SIT-029	Galería
SIT-030	Galgodromo
SIT-031	Go kart
SIT-032	Golf
SIT-033	Guía de turistas
SIT-034	Hipódromo
SIT-035	Jai alai
SIT-036	Juegos de salón
SIT-037	Juegos infantiles
SIT-038	Lienzo charro
SIT-039	Mirador
SIT-040	Montañismo
SIT-041	Museo
SIT-042	Palenque
SIT-043	Pesca
SIT-044	Planeadores
SIT-045	Regatas
SIT-046	Remo
SIT-047	Salvavidas
SIT-048	Skiacuático
SIT-049	Squash
SIT-050	Tenis
SIT-051	Tenis de mesa
SIT-052	Tiro
SIT-053	Toros

SIT-054	Vela
SIT-055	Voleibol
SIT-056	Zoológico

Tabla 6. Señales de servicios(Fuente SCT, Manual de señalamiento turístico y de servicios).

CLAVE	NOMBRE
SIS-001	Aeropuerto
SIS-002	Albergue
SIS-003	Área recreativa
SIS-004	Auxilio turístico
SIS-005	Campamento
SIS-006	Chalana
SIS-007	Depósito de basura
SIS-008	Estacionamiento
SIS-009	Estacionamiento para casas rodantes
SIS-010	Estación ferroviaria
SIS-011	Gasolinera
SIS-012	Helipuerto
SIS-013	Hotel
SIS-014	Información
SIS-015	Metro
SIS-016	Mecánico
SIS-017	Medico
SIS-018	Muelle o embarcadero
SIS-019	Parada de autobuses
SIS-020	Parada de tranvía
SIS-021	Parada de trolebuses
SIS-022	Restaurante
SIS-023	Sanitarios
SIS-024	Taxi
SIS-025	Teleférico
SIS-026	Teléfono
SIS-027	Transbordador
SIS-028	Aeropuerto corto alcance
SIS-029	Aeropuerto mediano alcance



SIT-1



SIT-2



SIT-3



SIT-4



SIT-5



SIT-6



SIT-7



SIT-8



SIT-9



SIT-10



SIT-11



SIT-12



SIT-13



SIT-14



SIT-15



SIT-16



SIT-17



SIT-18



SIT-19



SIT-20



SIT-21



SIT-22



SIT-23



SIT-24



SIT-25



Figura 18. Señales informativas turísticas (Fuente SCT, Manual de señalamiento turístico y de servicios).

3.4.1.5. Obras y dispositivos diversos

Son obras que se construyen y/o dispositivos que se colocan dentro de una calle o carretera o en sus inmediaciones para protección, encauzamiento y prevención de conductores de vehículos y peatones [SCT, 1986].

En cuanto a su función, las obras y dispositivos diversos se clasifican como sigue:

- a) Cercas
- b) Defensas
- c) Indicadores de obstáculos
- d) Indicadores de alineamiento
- e) Tachuelas o botones
- f) Reglas y tubos guía para vado
- g) Bordos
- h) Vibradores
- i) Guardaganados
- j) Indicadores de curva peligrosa

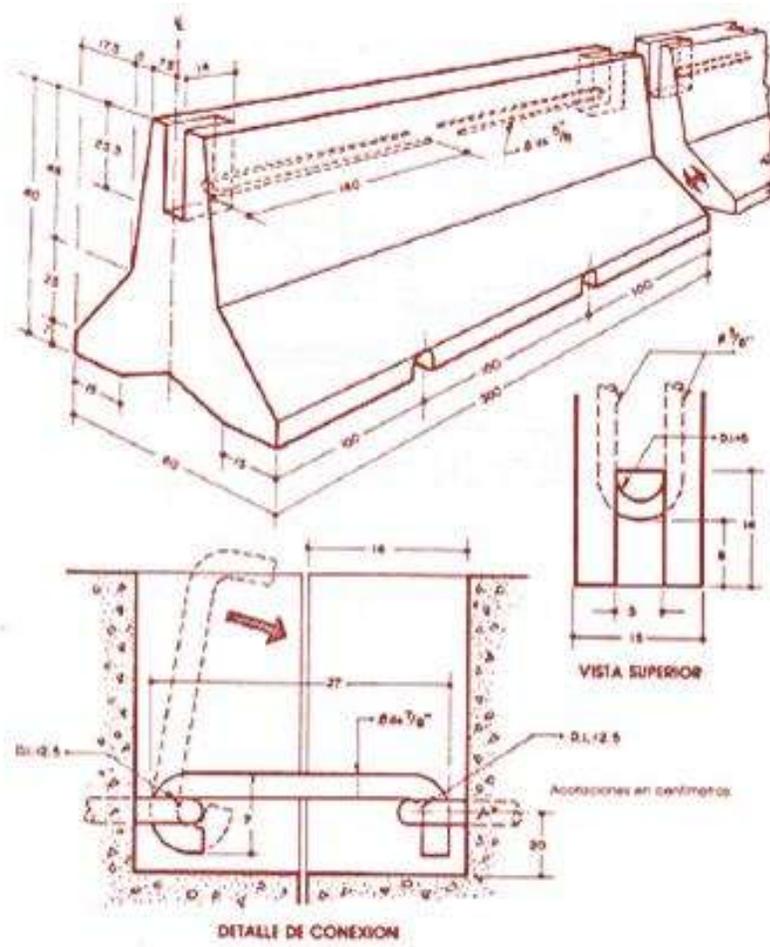


Figura 19. Defensa central de concreto (Fuente SCT. Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).

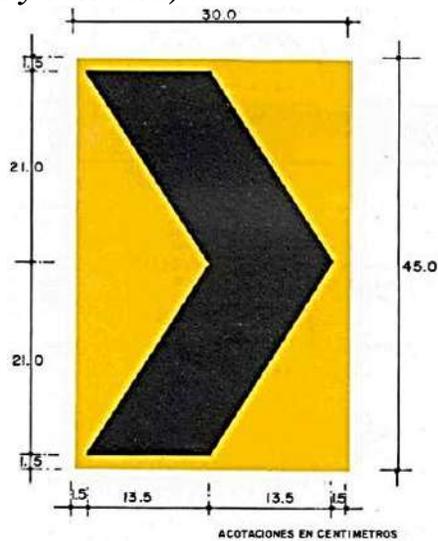


Figura 20. Indicador de curva peligrosa (Fuente SCT: Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).

3.4.2. Señalamiento horizontal

Es el conjunto de marcas que se pintan o colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, con el propósito de delinear las características geométricas de las carreteras y vialidades urbanas, y denotar todos aquellos elementos estructurales que estén instalados dentro del derecho de vía, para regular y canalizar el tránsito de vehículos y peatones, así como proporcionar información a los usuarios. Estas marcas son rayas, símbolos, leyendas o dispositivos [NOM-034-SCT2-2011].

Las marcas en el pavimento son marcadores que están sobre la superficie de la vía y que se usan para regular y guiar el movimiento del tráfico en una manera segura, ordenada y eficiente. Las formas de las marcas en el pavimento incluyen rayas de líneas centrales, líneas de carriles, barreras de prohibición del paso y franjas en los bordes. La pintura es el método más común de aplicación de marcas en el pavimento. Una alternativa la constituye las franjas de plástico fijadas al pavimento con un adhesivo. Este método se usa a menudo para marcar carriles temporales. Para que las marcas en el pavimento satisfagan las funciones que se pretenden de ellas, deben de ser visibles y, para ello, deben mantenerse apropiadamente, limpiándolas y renovándolas cuando se requiera [Merritt Et. Al. 2008].

Las marcas son las rayas, los símbolos y las letras que se pintan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras dentro de o adyacentes a las vías de circulación así como los objetos que se colocan sobre la superficie de rodamiento con el fin de regular o canalizar el tránsito e indicar la presencia de obstáculos.

Las líneas blancas y amarillas se usan a lo largo de los bordes del pavimento y entre carriles para que los vehículos se mantengan alineados. Dichas líneas pueden ser continuas, o punteadas, únicas o dobles.[SCT, 1986].

Según su uso, las marcas y dispositivos del señalamiento horizontal se clasifican como se muestran en la tabla 7.

Tabla 7.- Clasificación de las marcas y dispositivos para el señalamiento horizontal(Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

CLAVE	NOMBRE
M-1.1	Raya continua sencilla (Arroyo vial hasta 6,5 m y ciclovías)
M-1.2	Raya discontinua sencilla (Arroyo vial hasta 6,5 m y ciclovías)
M-1.3	Raya continua sencilla (Arroyo vial mayor de 6,5 m)
M-1.4	Raya continua-discontinua (Arroyo vial mayor de 6,5 m)
M-1.5	Raya discontinua sencilla (Arroyo vial mayor de 6,5 m)
M-1.6	Raya continua doble
M-2	Raya separadora de carriles
M-2.1	Raya separadora de carriles, continua sencilla
M-2.2	Raya separadora de carriles, continua doble
M-2.3	Raya separadora de carriles, discontinua
M-3	Raya en la orilla del arroyo vial
M-3.1	Raya en la orilla derecha, continua
M-3.2	Raya en la orilla derecha, discontinua
M-3.3	Raya en la orilla izquierda
M-4	Raya guía en zonas de transición
M-5	Rayas canalizadoras
M-6	Raya de alto
M-7	Rayas para cruce de peatones o de ciclistas
M-7.1	Rayas para cruce de peatones en vías primarias
M-7.2	Rayas para cruce de peatones en vías secundarias y ciclovías
M-8	Marcas para cruce de ferrocarril
M-9	Rayas con espaciamiento logarítmico
M-10	Marcas para estacionamiento
M-11	Rayas, símbolos y leyendas para regular el uso de carriles
M-11.1	Flechas, letras y números
M-11.2	Para delimitar un carril en contrasentido
M-11.3	Para delimitar un carril exclusivo
M-11.4	Para establecer lugares de parada
M-12	Marcas en guarniciones
M-12.1	Para prohibición del estacionamiento
M-12.2	Para delinear guarniciones
M-13	Marcas en estructuras y objetos adyacentes a la superficie de rodadura
M-13.1	Marcas en estructuras
M-13.2	Marcas en otros objetos
M-14	Raya para frenado de emergencia
M-15	Marca para identificar ciclovías
M-16	Marcas temporales
DH-1	Botones reflejantes y delimitadores sobre el pavimento
DH-2	Botones reflejantes sobre estructuras

DH-3	Botones
RD	Reductores de velocidad

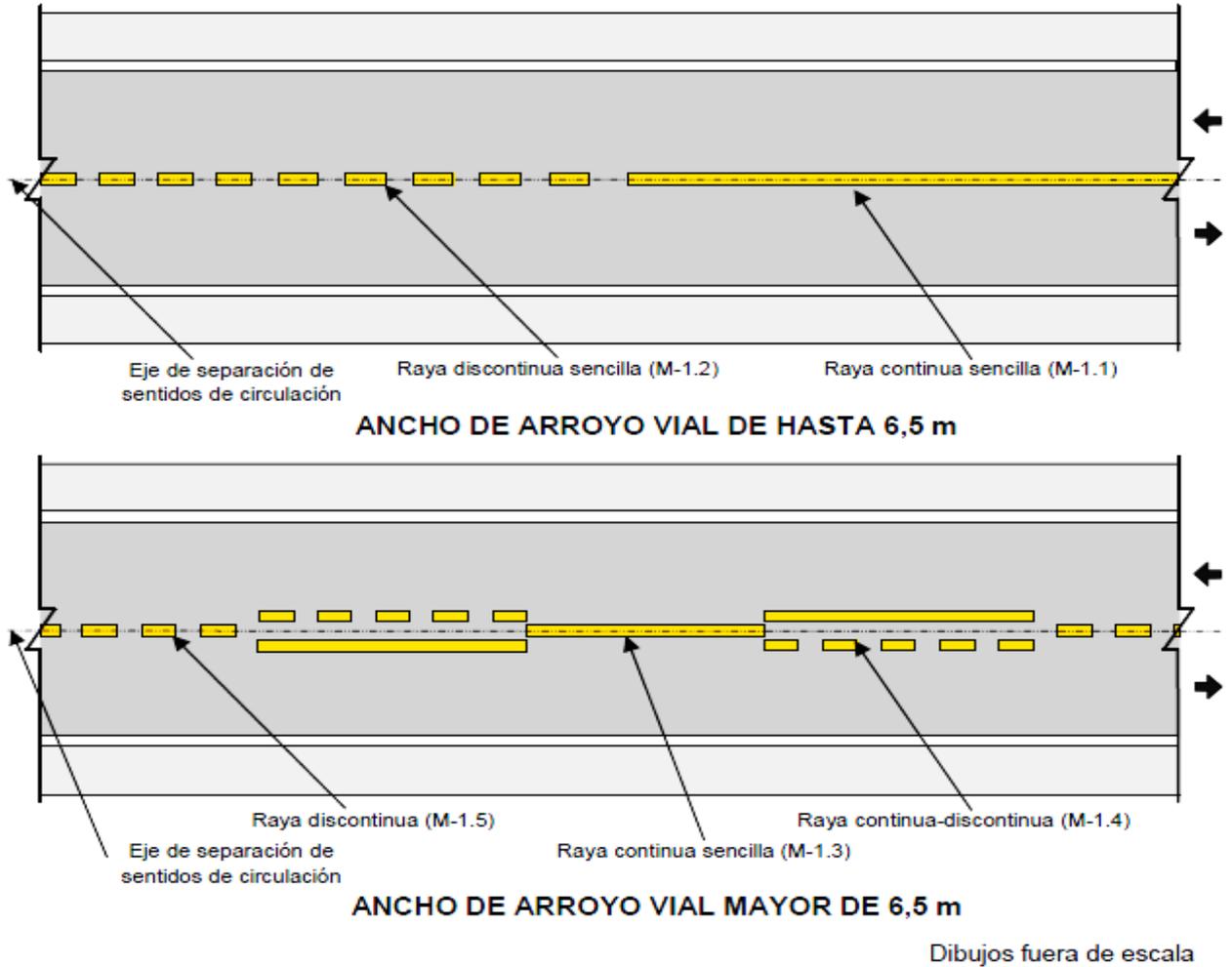


Figura 21. Ubicación de la raya separadora de sentidos de circulación (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

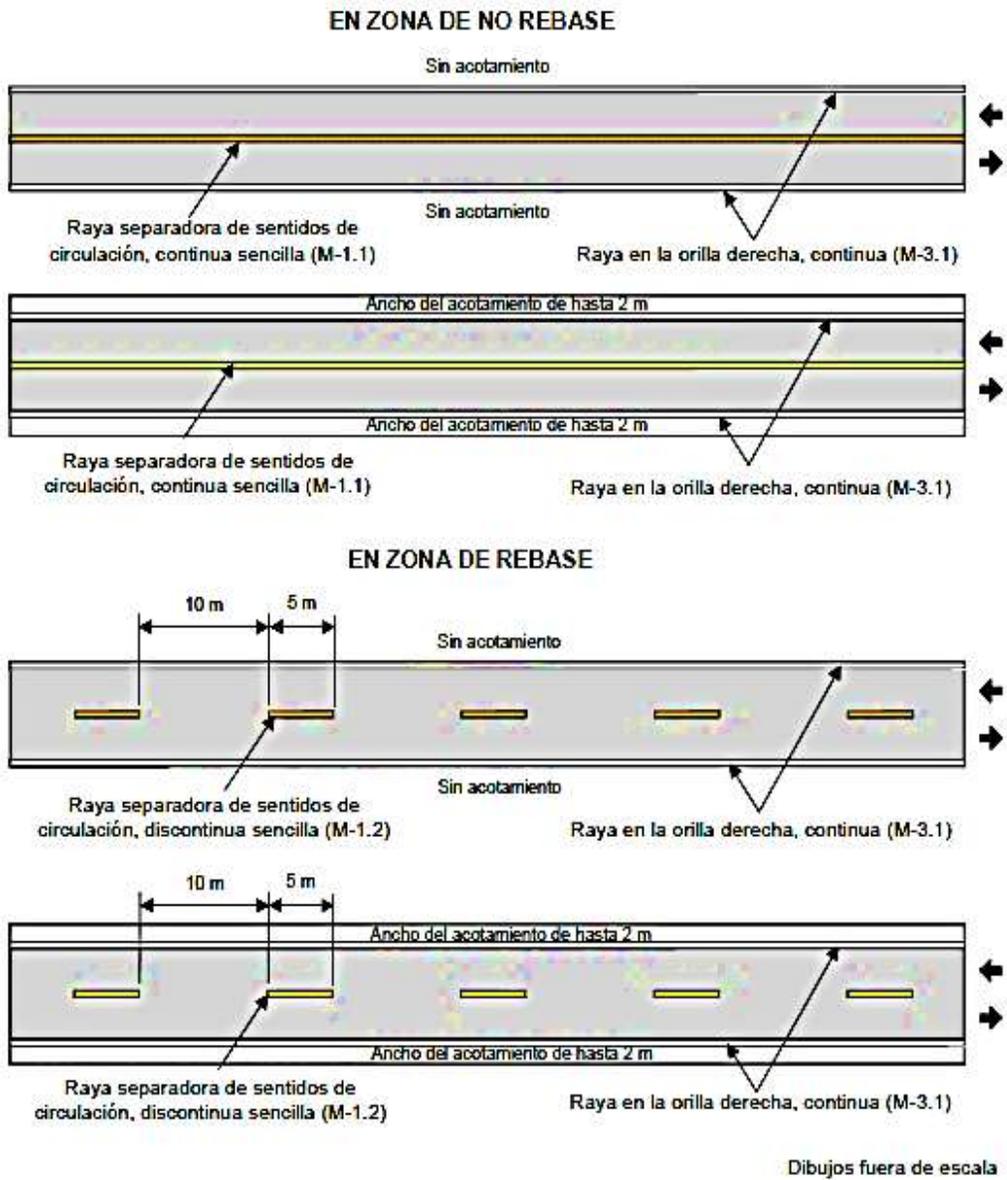


Figura 22. Marcas en el Pavimento en Carreteras con ancho de arroyo vial hasta 6.5 m (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

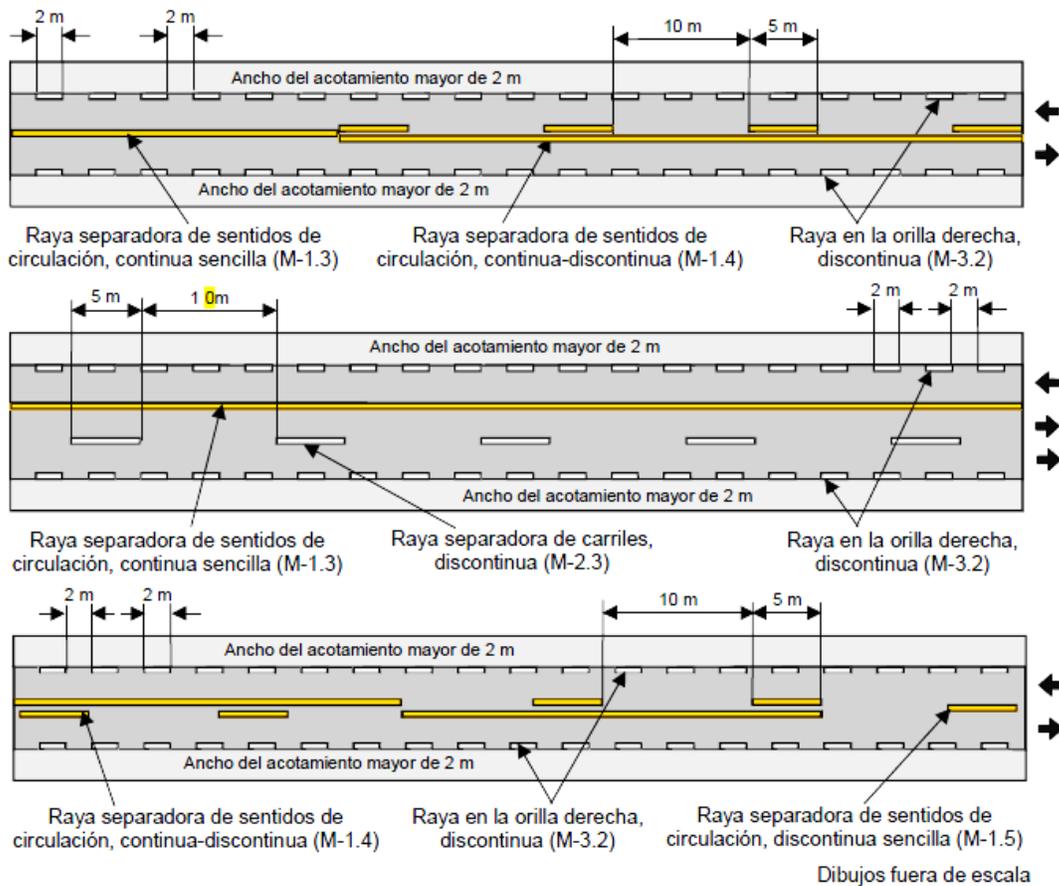


Figura 23. Marcas en el Pavimento en Carreteras con ancho de arroyo vial mayor de 6.5 m (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

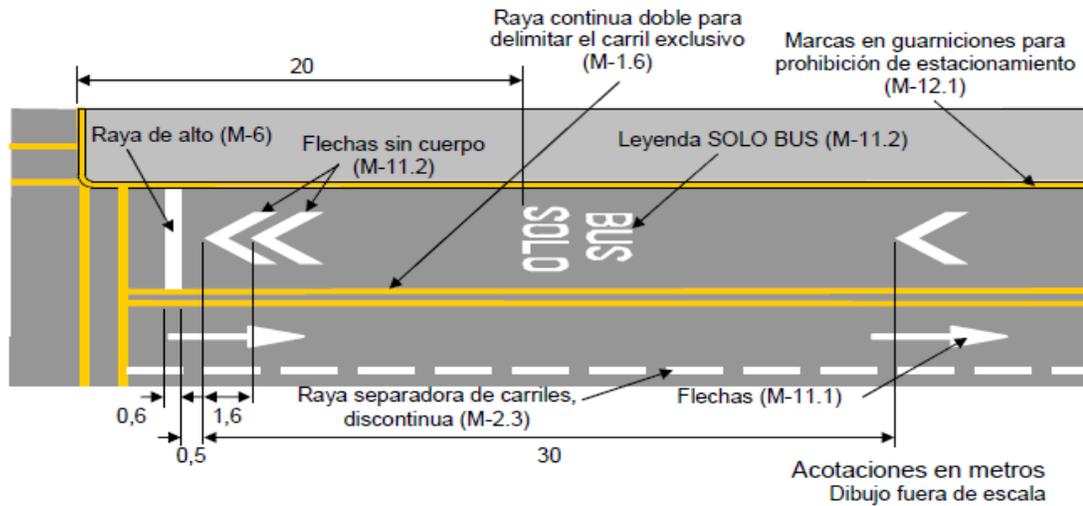


Figura 24. Marcas para delimitar un carril en contrasentido (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

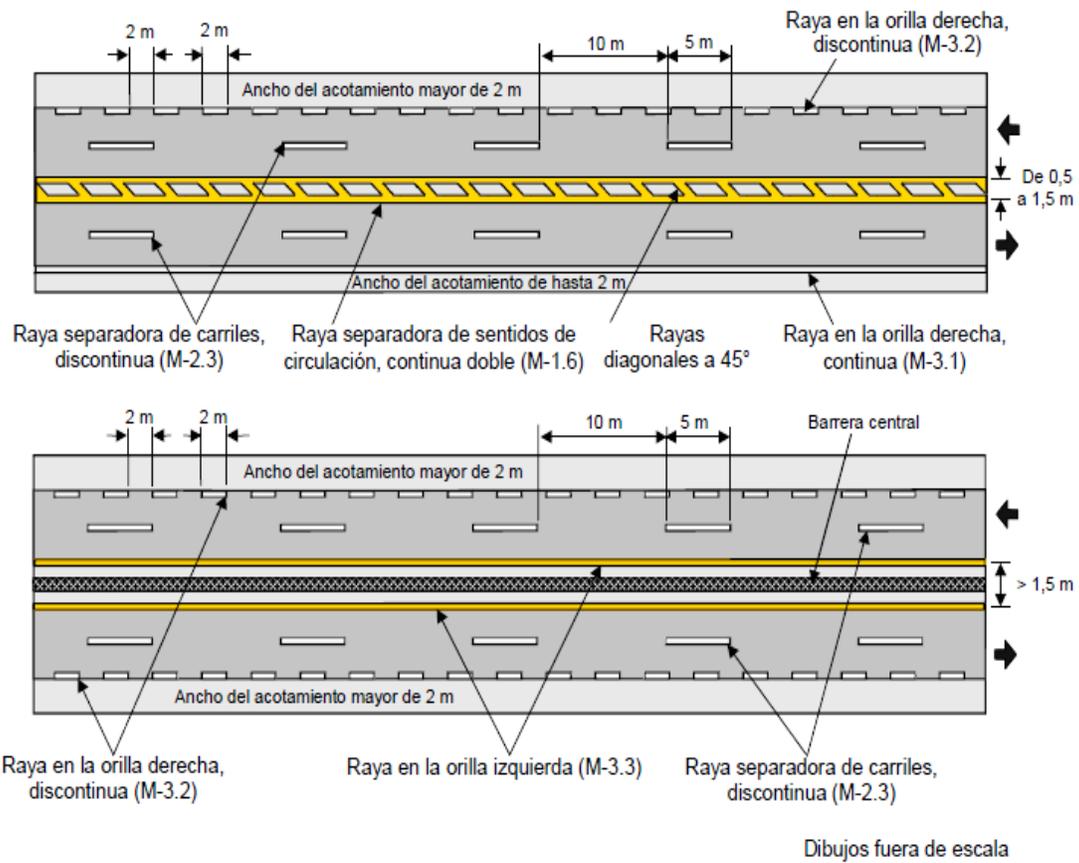


Figura 25. Marcas en el pavimento en vialidades urbanas y carreteras de dos o más carriles por sentido de circulación (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

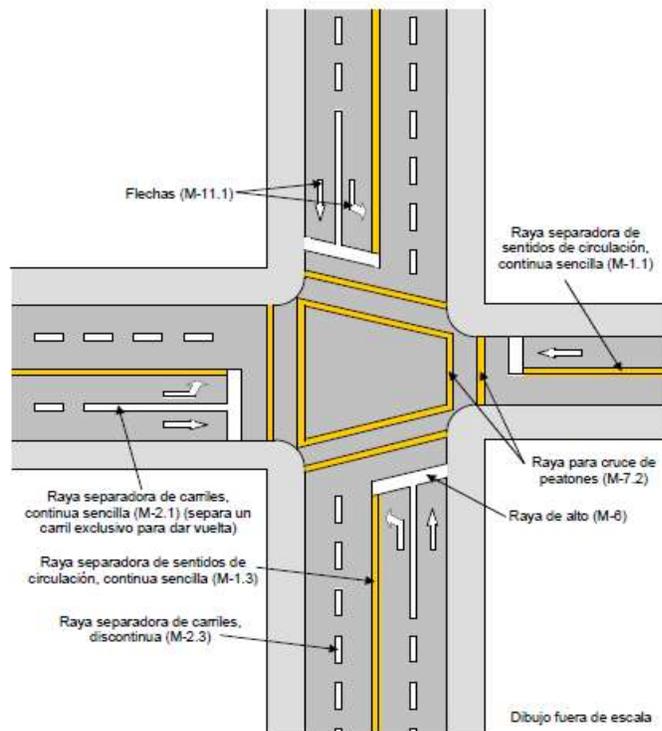


Figura 26. Diversos tipos de rayas y marcas en el pavimento en aproximación de intersecciones (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

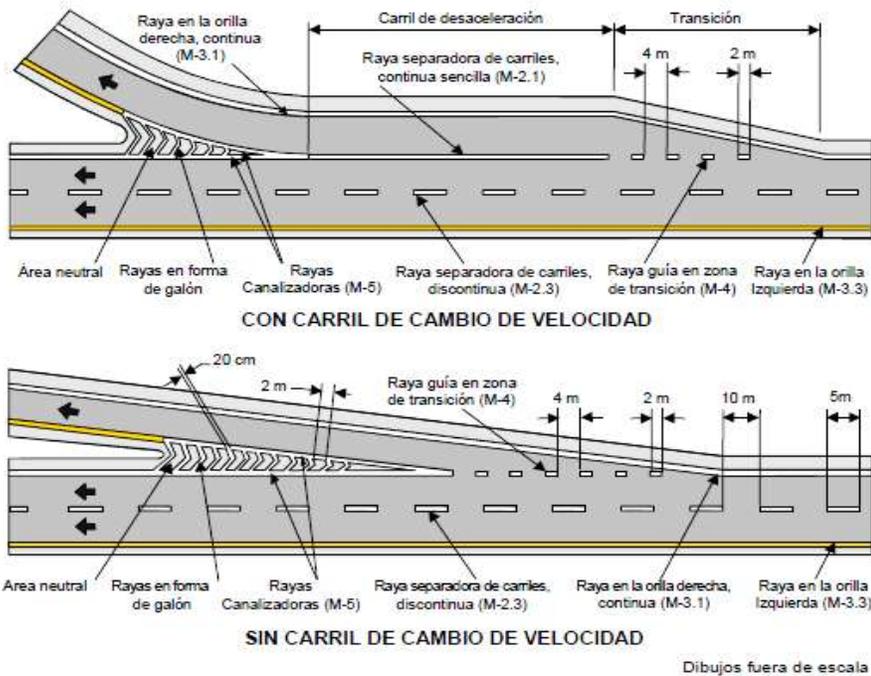


Figura 27. Rayas separadoras de carriles, rayas guía en zonas de transición, rayas canalizadoras y rayas en la orilla del arroyo vial (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

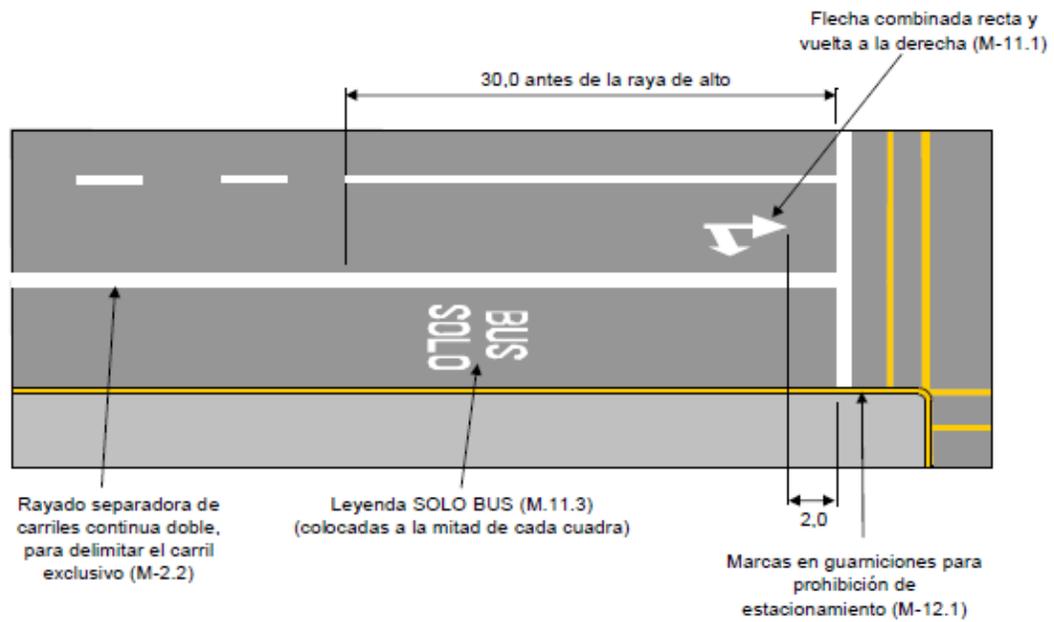


Figura 28. Marcas para delimitar un carril exclusivo (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

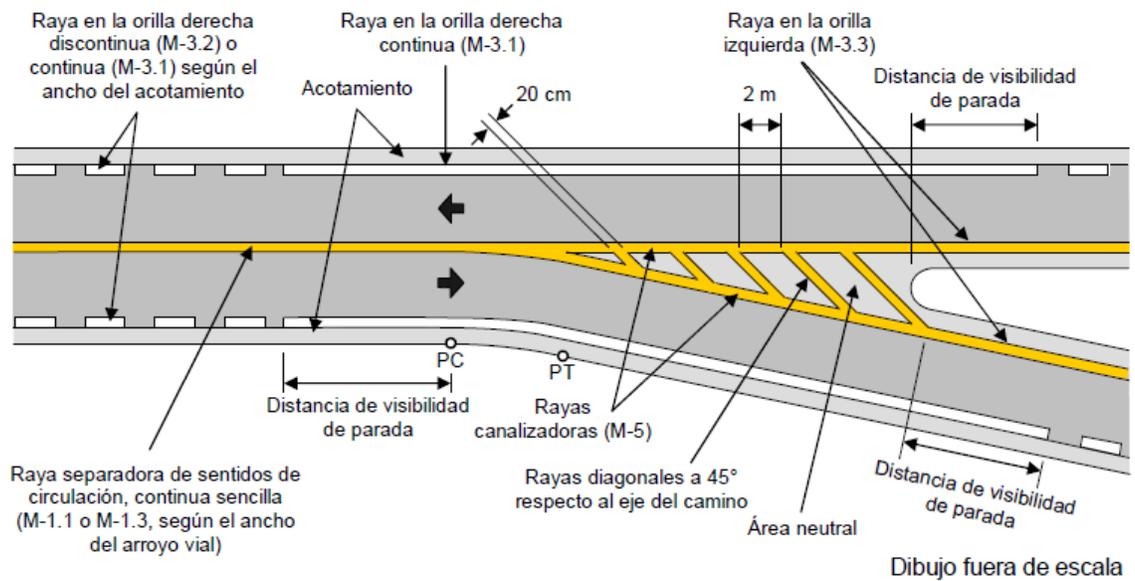


Figura 29. Rayas canalizadoras (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

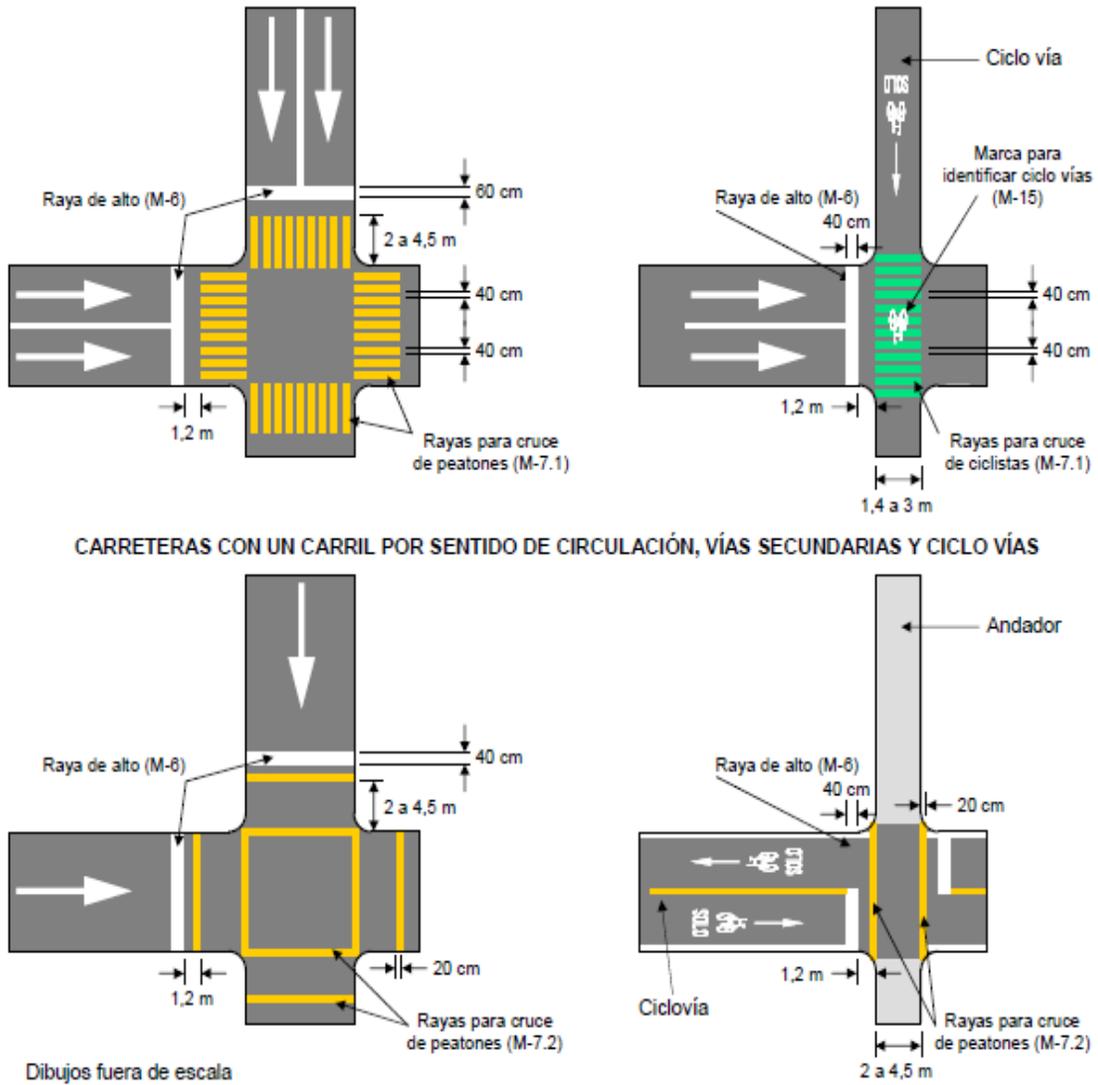


Figura 30. Rayas para cruces de peatones y de ciclistas (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

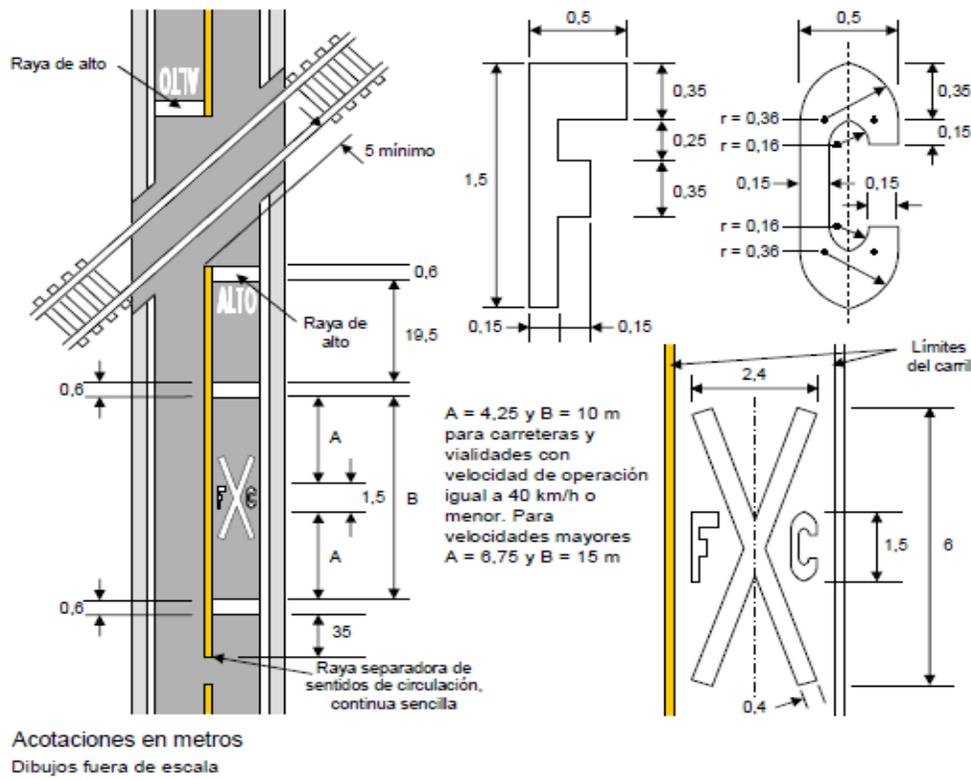


Figura 31. Marcas para cruce de ferrocarril (M-8) (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

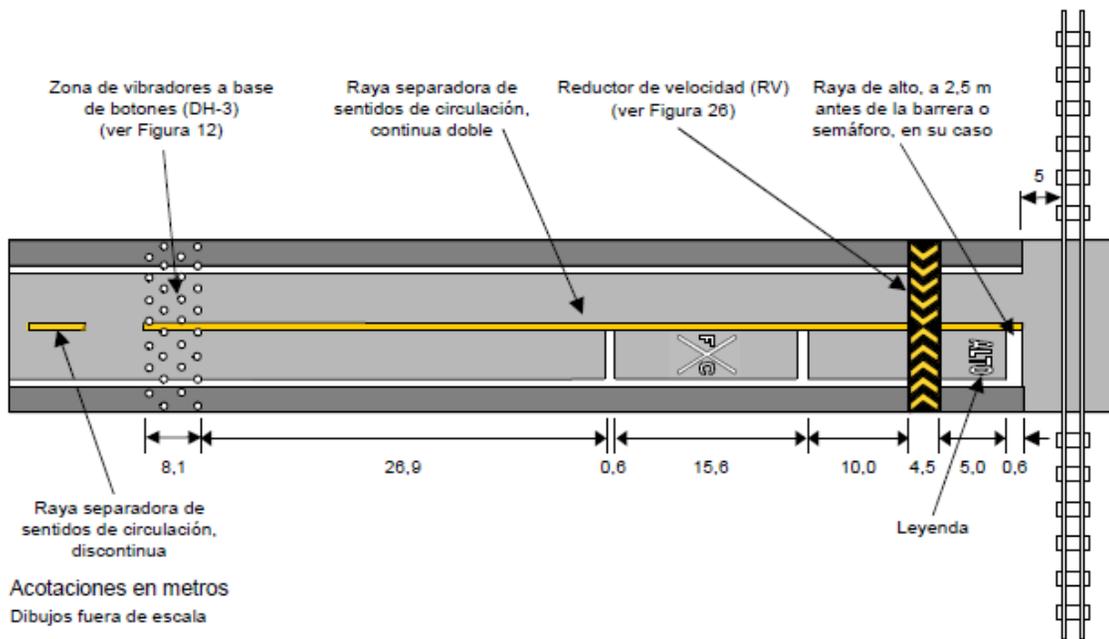


Figura 32. Ubicacion de vibradores y reductor de velocidad para cruces de ferrocarril a nivel (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

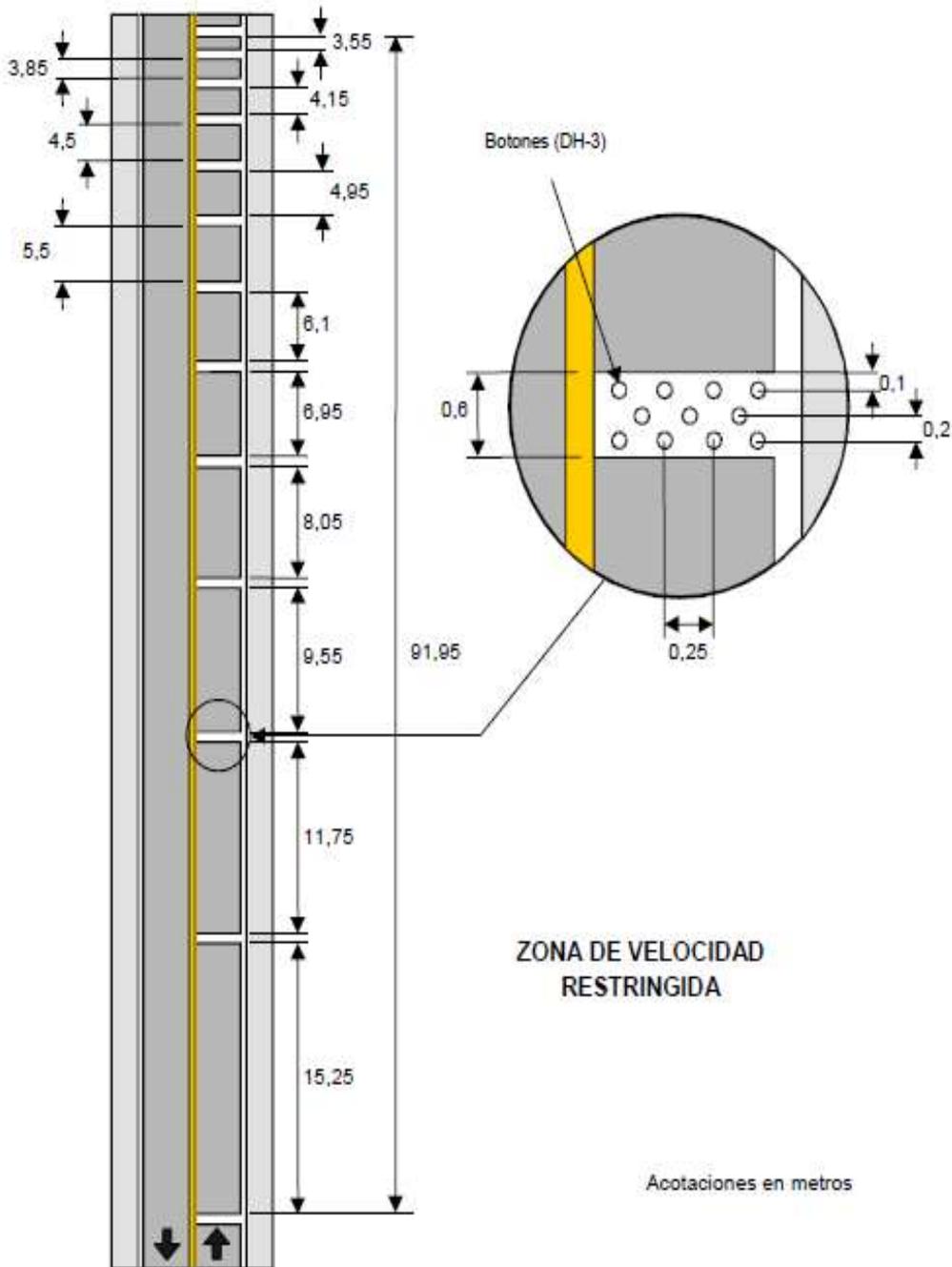


Figura 33. Rayas con espaciamiento logarítmico para velocidad de entrada de 50Km/h y velocidad de salida de 30 Km/h (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

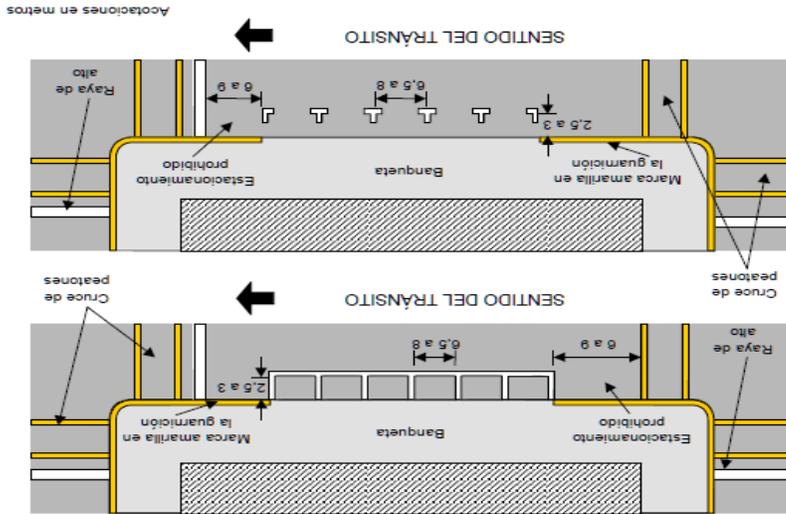


Figura 34. Marcas para estacionamiento (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

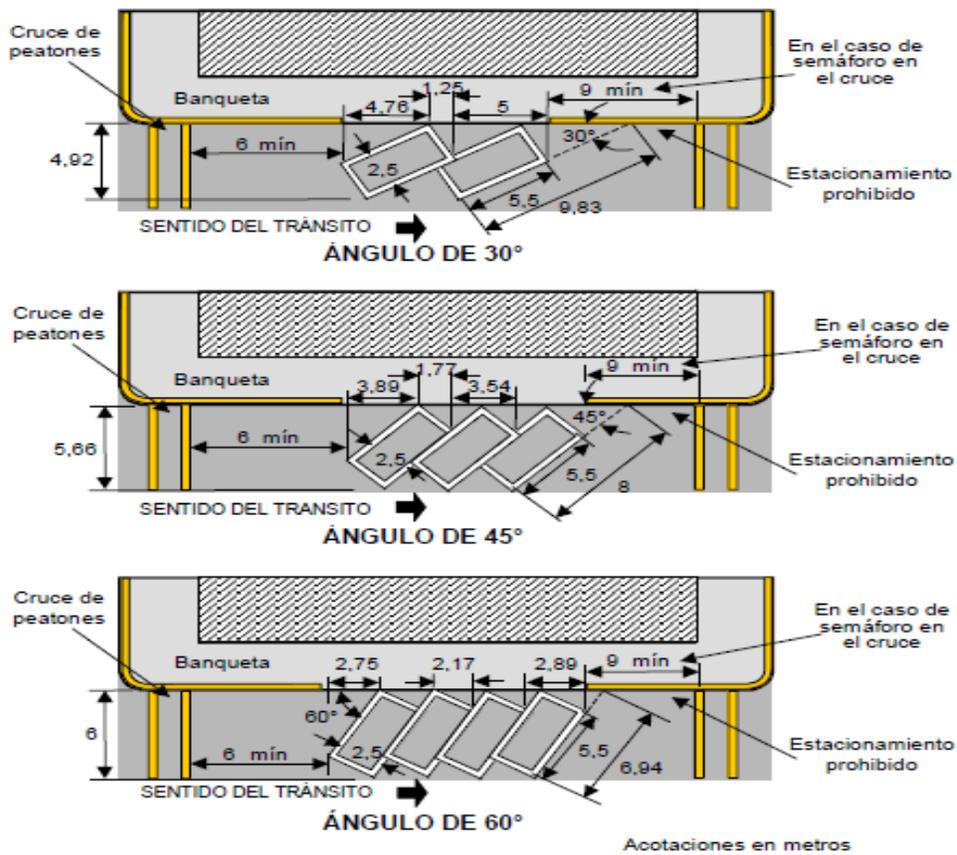


Figura 35. Marcas para estacionamiento en batería (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

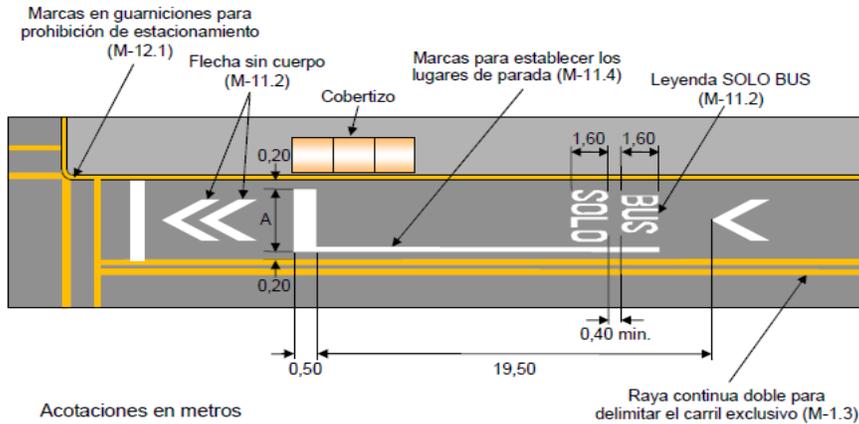


Figura 36. Marcas para establecer lugares de parada en un carril en contrasentido (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

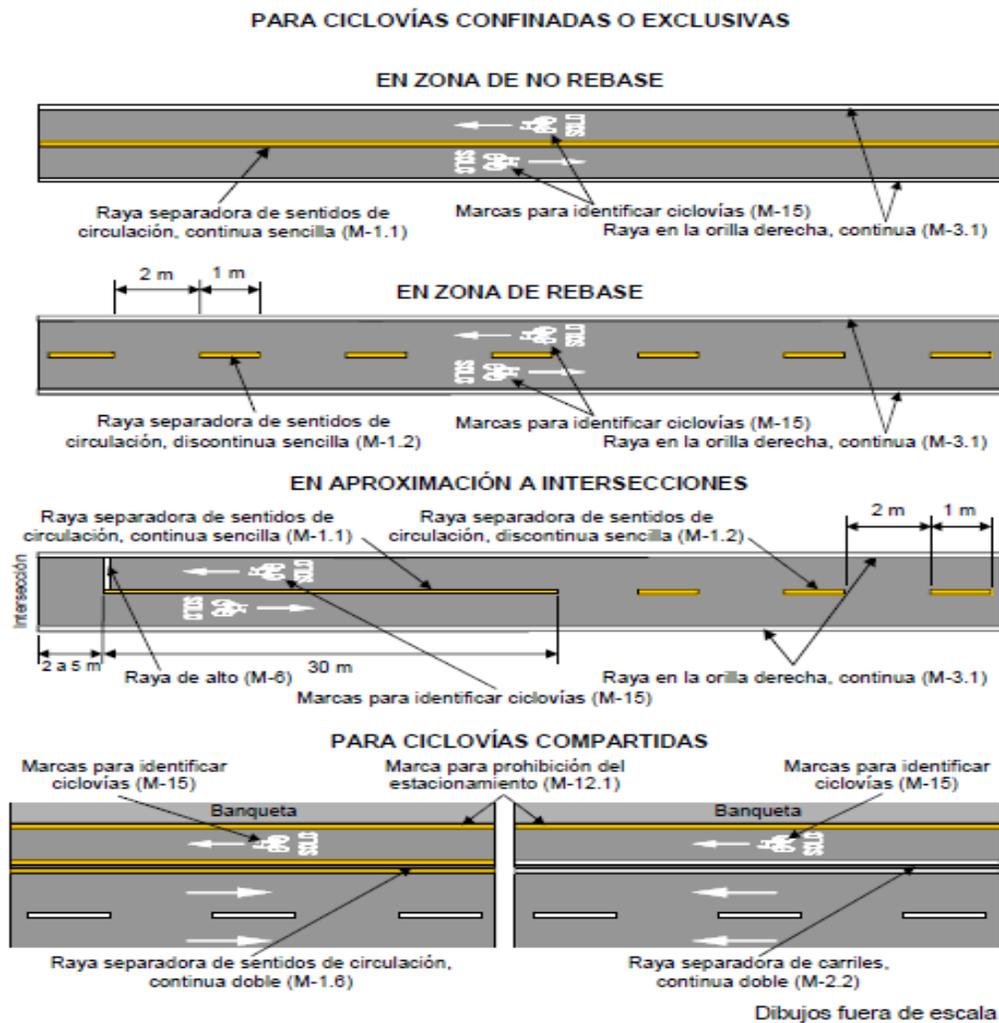


Figura 37. Marcas para delimitar ciclo vías (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

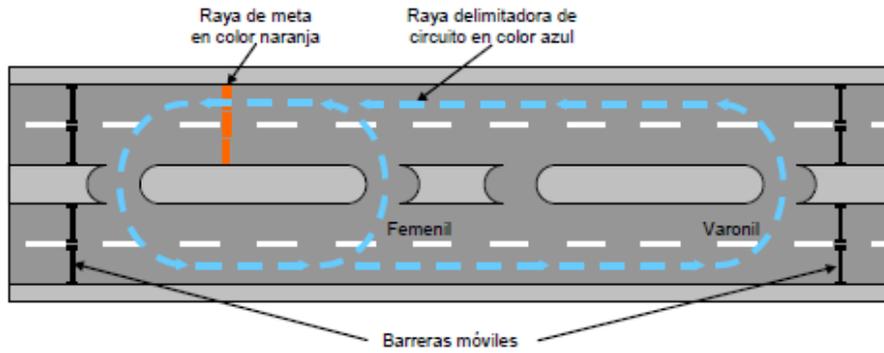


Figura 38. Marcas temporales (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

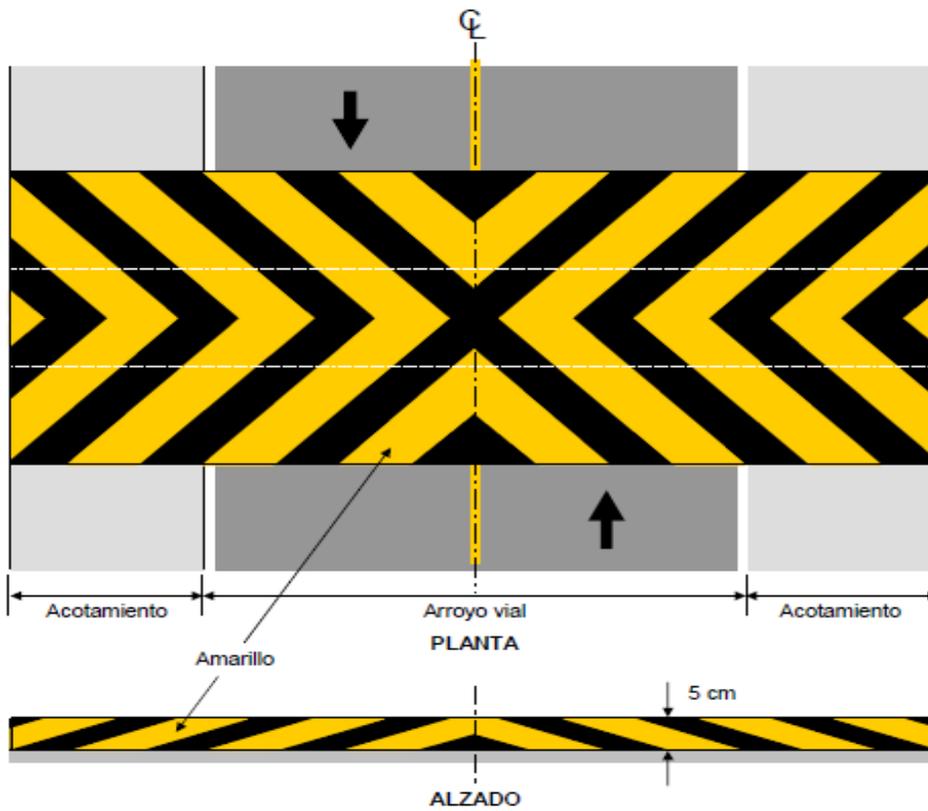


Figura 39. Color de los reductores de velocidad (RD) (Fuente: NOM-034-SCT2-2011).

3.4.3. Dispositivos para protección en obras

Los dispositivos para la protección de obras son las señales y otros medios que se usan para proporcionar seguridad a los usuarios, peatones y trabajadores y guiar al tránsito a través de calles y carreteras en construcción o conservación, tiene carácter transitorio.

Los motivos que obligan al uso de estos dispositivos son entre otros, desyerbe, desrame de árboles, desmonte, desazolve de cunetas, derrumbes, reparación de pavimento, marcas en pavimento, reducción y ampliación del número de carriles, desviaciones, etc. La longitud que se deberá de cubrir con estos dispositivos dependerá del tipo de camino y características de la obra, y será de 150 m como mínimo y 1000 como máximo antes de la zona de trabajo[SCT, 1986].

En cuanto a su función, los dispositivos usados en el señalamiento transitorio para protección en obras de construcción y conservación de calles y carreteras, se clasifican en:

A) Señales

1. Preventivas
2. Restrictivas
3. Informativas

B) Canalizadores

1. Barreras
2. Conos
3. Indicadores de alineamiento
4. Marcas en el pavimento
5. Dispositivos Luminosos
6. Indicadores de obstáculos

C) Señales manuales

1. Banderas
2. Lámparas.

El tiempo durante el cual hay que señalar una obra es variable, y los dispositivos

necesarios deberán ser colocados ANTES de iniciar cualquier trabajo y ser retirados inmediatamente DESPUÉS de haberse terminado este [SCT, 1986].

Tabla 8. Significado de los dispositivos para protección en obras (Fuente SCT. Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras).

CLAVE	NOMBRE
DPP	Obras en el camino
DPP	Material acamellonado
DPI-7	Señales previas
DPI-8	Señales decisivas
DPI-9	Señales confirmativas
DPC-1	Barreras
DPC-2	Conos
DPC-3	Indicadores de alineamiento
DPC-4	Marcas en el pavimento
DPC-5	Dispositivos luminosos
DPC-6	Indicadores de obstáculos
DPM-1	Banderas
DPM-2	Lámparas

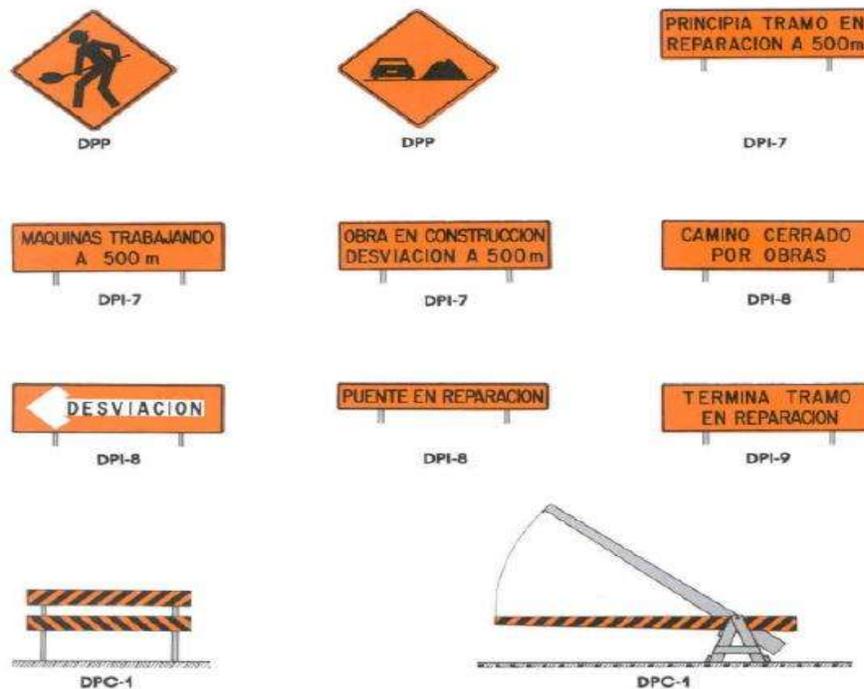


Figura 40. Dispositivos para el control de obras.(Fuente: SCT. Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).

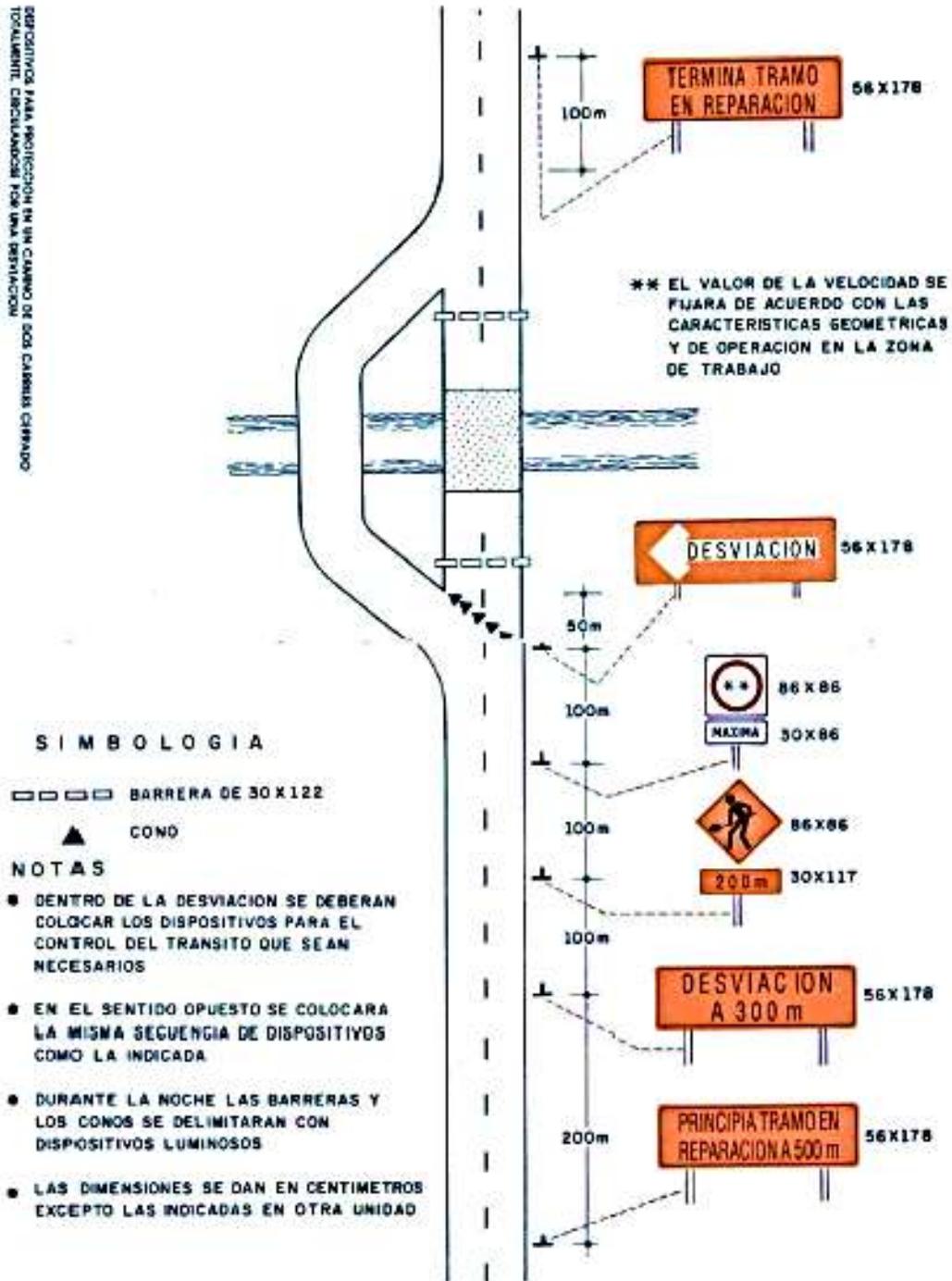


Figura 41. Aplicación de los dispositivos para la protección de obras (Fuente: SCT. Manual de dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carretera).

3.4.4. Semáforos

Con mucha frecuencia, el personal responsable de la operación y conservación de los sistemas de semáforos de las oficinas de Ingeniería de Tránsito requiere del empleo de planos especializados.

El inventario se lleva a cabo en una carpeta de hojas sueltas, de esta manera es posible insertar hojas nuevas de intersecciones semaforizadas, fácilmente se puede revisar su programación en caso de ser necesario. La información incluida en este inventario consiste en la ubicación de los semáforos, indicando la fecha en que entro en operación, tipo y fabricante del control, así como un diagrama lineal que indique las direcciones, fases, longitud de ciclo, desfaseamiento y reparto del ciclo para semáforos de tiempo fijo, así como los ajustes adecuados para el equipo accionado por el tránsito.

Es un dispositivo de control que regula el tránsito vehicular y peatonal en calles y carreteras por medio de luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por una unidad de control.

Constituye un tratado sobre la práctica actual de semáforos detallándose las características y uso de los diferentes tipos de aparatos electromecánicos y electrónicos utilizados para el control de tránsito[SCT, 1986].



Figura 42. Semáforo en el centro histórico de Morelia, Michoacán, México. (Fuente J.M. Parra Carranza).

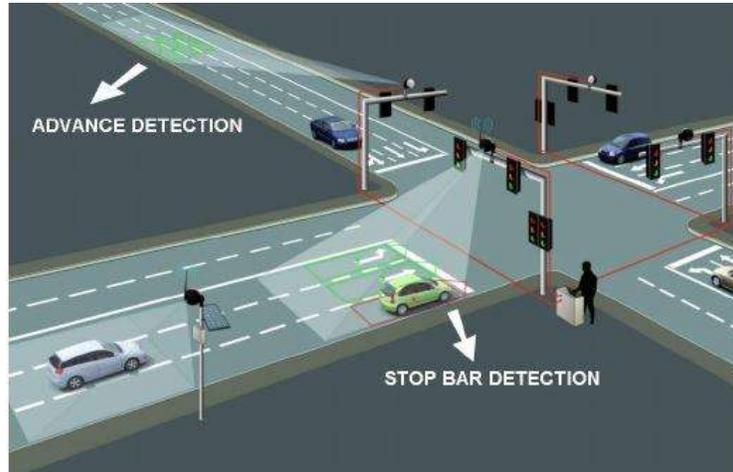


Figura 43. Semáforos en una intersección.

(Fuente:http://www.academia.edu/6035172/SENSORES_Y_SOFTWARE_PARA_SEM%C3%81FOROS_INTELIGENTES_EN_5_INTERSECCIONES_DE_LA_AVENIDA_LUIS_GONZALES)

3.5. Mapa de Rutas

Existen cuatro elementos que pueden restringir las rutas de camiones, desviaciones o eventos especiales. Estos aspectos involucran los límites de peso, altura libre de estructuras, calles con sentido único de tránsito y restricciones de movimientos direccionales. La información relacionada con estos elementos puede graficarse en un mapa especial de rutas. Es importante actualizar las alturas libres de las estructuras en los casos de repavimentación de las calles. Los mapas de rutas del transporte público de pasajeros se preparan por separado, generalmente son realizados por las oficinas de Transporte. Estos mapas pueden mostrar las paradas de autobuses, número de ruta, terminales, dirección del recorrido, tipo de servicio, etc. [Box y Oppenlander, 1985].

3.6. Límites de Velocidad

El inventario de límites de velocidad se ilustra generalmente en un mapa de la Ciudad. La práctica usual es la utilización de símbolos, colores o combinación de ambos para identificar los diferentes límites de velocidad. En la mayoría de los casos existe un límite de velocidad establecido de acuerdo a las condiciones de las calles de cada una de las

localidades, el cual se aplica a todas las áreas residenciales, comerciales, a menos de que se indique otra disposición [Box y Oppenlander, 1985].

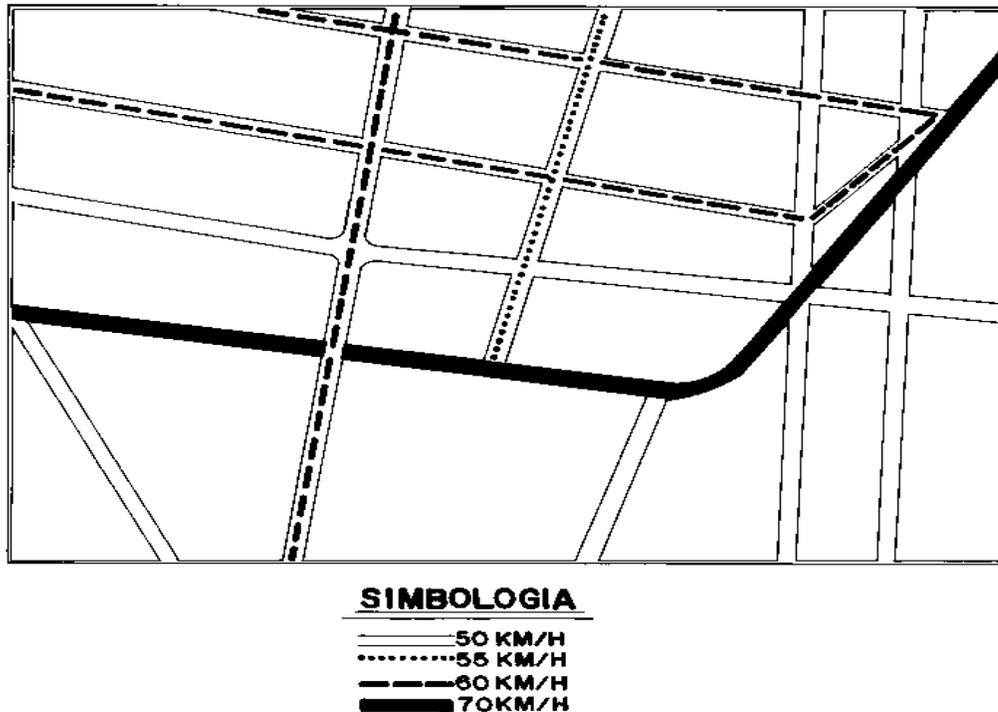


Figura 44. El inventario de velocidad se muestra generalmente sobre un plano de la ciudad. En este plano se usan como claves, símbolos o colores para diferentes límites de velocidad (Fuente: Manual de estudios de ingeniería de tránsito).

3.7. Archivo de Estacionamientos

Las restricciones al estacionamiento en la vía pública son una de las medidas más útiles y económicas para reducir los accidentes y proporcionar mayor fluidez al tránsito, por lo que es importante que el Ingeniero mantenga un inventario preciso y actualizado de las prohibiciones al estacionamiento dentro de su jurisdicción. Si existen normas en relación con las restricciones en lugares como: Hidrantes contra incendios, entradas, intersecciones controladas con semáforos, cruces de peatones, etc. Será posible inventariar el resto de las restricciones en un solo mapa de la Ciudad. Si esto no es posible, entonces puede emplearse una serie de mapas de escala mayor que abarquen áreas pequeñas.

La capacidad de los estacionamientos fuera de la vía pública así como alguna restricción en cuanto al límite de permanencia como son los estacionómetros y límites de tiempo en instalaciones públicas o privadas es de gran utilidad para el Ingeniero de Tránsito. Debe inventariarse la oferta de estacionamientos en todas las zonas importantes en una Ciudad [Box y Oppenlander, 1985].

3.8. Alumbrado Público

Los arbotantes colocados tanto en intersecciones como a lo largo de las calles de áreas residenciales, pueden mostrarse en plano de la zona. Se pueden emplear colores o símbolos para destacar características de importancia como:

- Tipo de Soportes (poste o ménsula).
- Valor lumínico (aproximado).
- Tipo de cableado (subterráneo o aéreo).

En algunas calles principales colectoras o autopistas la cercanía de los postes generalmente resulta con demasiados puntos para mostrarse en un mapa del área total. Es por esto que se usan los planos en larguillos, si los postes están numerados deben anotarse en estos [Box y Oppenlander, 1985].

CAPITULO 4.VOLÚMENES DE TRÁNSITO

Se realizan estudios de volumen de tránsito para recolectar datos del número de vehículos y/o peatones que pasan por un punto en una instalación de una carretera durante un periodo específico de tiempo. Este periodo de tiempo varía desde 15 minutos hasta un año, dependiendo del uso anticipado de los datos. Los datos recolectados también pueden clasificarse en subcategorías como: movimiento direccional, tasas de ocupación, clasificación de los vehículos y edad peatones. Los estudios de volumen de tránsito se realizan cuando se requieren ciertas características de volumen, como:[Garber y Hoel, 2005].

Transito diario promedio anual (TDPA) es el promedio de los conteos de 24 horas recolectados todos los días del año. Los TDPA se usan en varios análisis de tránsito y de transporte para

- a. La estimación del ingreso, debida a los usuarios de las carreteras de peaje.
- b. El cálculo de las tasas de accidentes en términos de accidentes por 100 millones de millas-vehículo.
- c. Establecimiento de las tendencias de volumen de tránsito.
- d. Evaluación de la factibilidad económica de los proyectos de carreteras
- e. Desarrollo de autopistas y de sistemas de calles arteriales principales.
- f. Desarrollo de los programas de mejora y mantenimiento

2. Transito diario promedio (TDP) es el promedio de los conteos de 24 horas recolectados, en un número de días mayor que 1, pero menor que un año. Los TDP se usan para:

- a. La planificación de las actividades de la carretera
- b. La medición de la demanda actual

c. La evaluación del flujo existente de tránsito

3. Volumen de la hora pico (VHP) es el número máximo de vehículos que pasan por un punto en una carretera durante un periodo de 60 minutos consecutivos. Los VHP se usan para:

- a. La clasificación funcional de las carreteras
- b. El diseño de las características geométricas de una carretera, por ejemplo, número carriles, señalización de las intersecciones o la canalización.
- c. Los análisis de capacidad
- d. El desarrollo de programas relacionados con las operaciones de tránsito, por ejemplo sistemas de calles de un solo sentido o el rastreo de las rutas de tránsito
- e. Regulación del desarrollo de estacionamientos

4. Clasificación de vehículos (CV) registra el volumen respecto al tipo de vehículo, por ejemplo automóviles de pasajeros, camiones de dos ejes o camiones de tres ejes. La CV se usa para:

- a. El diseño de las características geométricas, con referencia específica a los requerimientos de los radios de giro, pendientes máximas, anchos de carril, etcétera.
- b. Los análisis de capacidad, respecto al equivalente de pasajero-automóvil para los camiones.
- c. El ajuste de los conteos de tránsito (aforos vehiculares) obtenidos por máquina.
- d. El diseño estructural de los pavimentos de las carreteras, los puentes, etcétera.

5. Millas-vehículo de viaje (MVV) es una medida de los recorridos a lo largo de una sección del camino. Es el producto del volumen de tránsito (es decir, el volumen promedio por la semana o TDP) por la longitud en millas del camino para la cual es aplicable el volumen.

Las MVV se toman en cuenta para la asignación de recursos para el mantenimiento y la mejora de las carreteras [Garber y Hoel, 2005].

4.1. Métodos de aforo para realizar los conteos de volumen

Los conteos de volumen de tránsito se realizan mediante dos métodos básicos: manual y

automático. Enseguida se presenta una descripción de cada método de conteo.

4.1.1. Método manual

En el conteo manual intervienen una o más personas que, por medio de un contador, registran a los vehículos observados. En la figura se muestra el contador manual electrónico TMC/48, se usa para realizar conteos de volúmenes de tránsito en una intersección. Con este tipo de contadores puede registrarse tanto los movimientos de dar vuelta en la intersección como los tipos de vehículos. Por ejemplo una persona puede recolectar con un contador los volúmenes de los automóviles.

La inclusión de pickups y camiones ligeros de cuatro llantas en la categoría de automóviles de pasajeros no crea ninguna diferencia importante en los casos recolectados, ya que las características de rendimiento de estos vehículos son similares a los de los automóviles de pasajeros. Sin embargo lo que implica la recolección de datos de acuerdo con el número de ejes, el peso o ambos. No obstante, el nivel de clasificación de los camiones en general depende del uso anticipado de los datos recolectados.

El contador manual electrónico TMC/48, producido por Time Lapse Inc., es proporcionado con dos baterías recargables incorporadas separadas, que se pueden recargar usando un enchufe de pared (CA 120V 60 Hz). Se cuenta con varios botones, cada uno de los cuales se puede utilizar para registrar los datos del volumen para diversos movimientos y diversos tipos de vehículos. Los datos para cada movimiento se separan automáticamente en 48 intervalos distintos del tiempo y se almacenan en una memoria de semiconductor. Los datos se pueden entonces leer manualmente hacia fuera directamente. Los números se demuestran secuencialmente en un indicador de cristal líquido en el frente del dispositivo. Alternativamente, un acoplador para la transmisión por vía telefónica transmitirá los datos con la ayuda de una línea telefónica. Entonces el uso de un paquete de software es necesario para transferir los datos a una computadora, donde se procesan y se imprimen. La figura 45 demuestra la transmisión en circuito del equipo, del acoplador, y del módem en el extremo de la transmisión.

Las desventajas principales del método manual de conteo electrónico son: (1) es dependiente de trabajo y puede por lo tanto ser costoso, (2) está ligado a las limitaciones de factores humanos, y (3) no puede ser utilizado por períodos largos de conteo [Garber y Hoel, 2005].



Figura 45. El contador manual TMC/48 (Fuente: Garber y Hoel, 2005).

4.1.2. Método Automático

Algunos contadores automáticos emplean un método de conteo que requiere la instalación. A camino de detectores de superficie (como los tubos neumáticos de camino) o detectores de la superficie (como los aparatos magnéticos o de contacto eléctrico). Los cuales detectan el vehículo que pasa y transmiten la información a un registrador, que se conecta al detector a un lado del camino. Un ejemplo de contadores que usan tubos neumáticos de camino Clasificador de Tránsito de Vehículos Phoenix, fabricado por la empresa Productos para sitio Diamond. En la figura 46 se muestra un ejemplo de detector que utiliza tubos neumáticos. Un ejemplo de contadores que utilizan detectores magnéticos es el Hi-Star NC-90A, fabricado por Nu-Metrics [Garber y Hoel, 2005].



Figura 46. Instalación de tubo neumático sobre la calzada. (Fuente: http://www.tyssatransito.com/pag_242.htm).

Clasificador de tránsito de vehículos Phoenix. En la figura 47 se muestra el Clasificador para Vehículos Phoenix. Tiene la capacidad de obtener conteos de vehículos, velocidades y de clasificación, de 1 a 8 carriles con tubos de camino, así como conteos de vehículos (aforos vehiculares) de 1 a 16 carriles cuando se usan espirales inductoras de presencia. Tiene una memoria para conteo de 68K, que puede expandirse internamente por incrementos de 128K hasta 960K. Esta memoria expandida permite al contador almacenar datos individuales de hasta 105 mil vehículos. Además la memoria puede expandirse a 16 megabytes conectando una tarjeta TAM opcional [Garber y Hoel, 2005].



Figura 47. Clasificador de vehículos Phoenix (Fuente: <http://www.logismarket.cl/mtp/3903937164-4293488062-c.html>)

Hi-Star NC-90A. La operación de este contador se basa en la tecnología conocida como formación de imágenes magnéticas de los vehículos (IMV), que emplea el fundamento de que las líneas magnéticas de fuerza pueden atravesar la mayor parte de los medios. En este caso, un sensor magnético detecta distorsiones en el campo terrestre, causadas por un vehículo que al pasar; sobre o cerca de este reproducen imágenes eléctricas que representan las diferentes masas magnéticas de los vehículos. La computadora IMV las analiza para determinar la velocidad del vehículo, la longitud del vehículo, etc., las cuales se recuperan haciendo uso de una computadora. Este contador puede recolectar datos simultáneamente relativos al volumen, velocidad, longitud, ocupación y el estado del tiempo [Garber y Hoel, 2005].

En la figura 48 se muestra el Hi-Star NC-90A. Obtiene su energía de baterías recargables de níquel-cadmio y puede operar en cualquiera de tres modos: verificación, encuadrado o modo secuencial. Cuando está en el modo de verificación, se recolectan datos de los vehículos individuales mientras que el contador se conecta por cable a una computadora de monitoreo. Esto permite ver los datos de volumen y de velocidad durante el proceso de recolección, pero los datos no se almacenan [Garber y Hoel, 2005].



Figura 48. Hi- Star NC-90A (Fuente: Garber y Hoel, 2005).

En el modo de encuadrado, los datos se almacenan en depósitos con intervalos previamente dispuestos, que pueden transferirse posteriormente para el análisis. El modo secuencial permite estudios de profundización que rastrean los movimientos del vehículo en segundos, y capacidad de rastrear la velocidad y longitud de aproximadamente 8000 vehículos por estudio [Nicholas y Lester, 2005].

Debe enfatizarse que parte del equipo descrito anteriormente puede usarse para obtener conteos de vehículos. Por ejemplo, el detector de radar de presencia RTMS y el autoscopia tienen la capacidad de realizar conteos de vehículos (aforos vehiculares) mientras que obtienen datos de velocidades [Garber y Hoel, 2005].

Para recopilar datos en lugares específicos, puede emplearse uno o más aforadores, de manera que se observe y obtenga la información detallada de:

- 1.- Clasificación vehicular (camiones por tamaño, peso, número de ejes, etc., autobuses, automóviles, motocicletas y bicicletas).
- 2.- Movimientos direccionales en una intersección o en una entrada.
- 3.- Dirección del recorrido.
- 4.- Procedencia de los vehículos por medio de las placas.
- 5.- Movimientos peatonales en los pasos de peatones y en las aceras y/o clasificación por edad (escolar o adulto).
- 6.- Uso del carril y/o longitud de colas.
- 7.- Número de pasajeros por vehículo (ocupancia).
- 8.- Obediencia a los dispositivos para el control del tránsito.

Procedimiento de Campo para el Aforo Manual: En su forma más simple el aforo manual requiere de un individuo con un lápiz anotando rayas en una hoja de campo. En intersecciones con bajo volumen de tránsito, todos los movimientos incluyendo la clasificación vehicular pueden ser anotados por una sola persona utilizando una hoja de campo como la mostrada en la figura 49, tales estudios pueden incluir los cruces de los peatones con escaso volumen, pueden registrarse otros datos, tales como las violaciones a los dispositivos para el control del tránsito.

Una persona puede manejar de 6 a 12 movimientos direccionales dependiendo del grado de simultaneidad del flujo y de volúmenes de tránsito. De manera que una intersección

formada por calles locales o una calle local con una calle colectora puede ser aforada por un solo individuo. En intersecciones con mayores volúmenes de tránsito (especialmente aquellos controlados con un semáforo) comúnmente se requiere dos o más aforadores para registrar los movimientos vehiculares [Box y Oppenlander, 1985].

La clasificación de los vehículos pueden ser tan simple como la distinción entre automóvil y camión en tal caso los automóviles, camionetas, furgonetas y motocicletas son simbolizados por la letra "A". Los camiones y autobuses se representan mediante la letra "C" y los autobuses escolares con un "B". Para nuestra hoja de campo los automóviles se simbolizarán con la letra "A", las camionetas y pick ups con la letra "B", los

camiones y autobuses con la letra "C" [Box y Oppenlander, 1985].

AFORO DE MOVIMIENTOS DIRECCIONALES EN UNA INTERSECCIÓN			
N/S	CALLE _____	DE LAS _____	A _____
	LAS _____		
O/P	CALLE _____	FECHA _____	DÍA _____
	A- Automóviles		CONDICIONES
	ATMOSFÉRICAS _____		
	B- Camionetas		
	C- Camiones	y	autobuses
	OBSERVADOR _____		

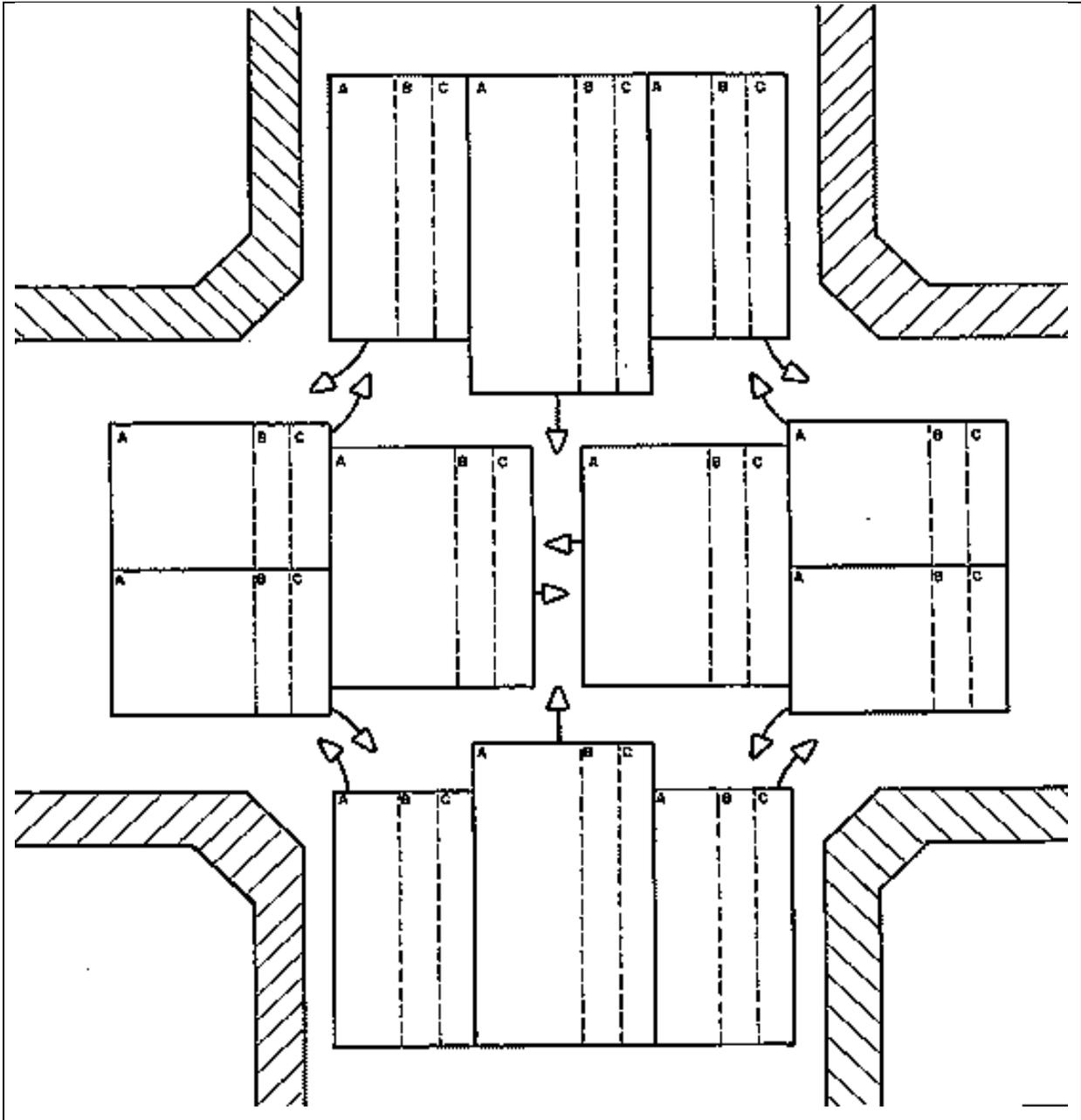


Figura 49. Esta figura muestra cómo debe hacerse un aforo en el que se registra la cantidad de vehículos referenciada a su clasificación. (Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito).

En muchas oficinas de Ingeniería de Tránsito se utilizan algunas descripciones más detalladas de los vehículos comerciales por número de ejes y/o peso.

El grado de clasificación de los camiones dependerá del propósito del aforo; a menos de

que sea necesaria una clasificación especial para el diseño de un puente o carretera, la inclusión como automóviles, camionetas, furgonetas y otros camiones ligeros con cuatro ruedas es perfectamente consistente para el análisis del flujo y capacidad [Box y Oppenlander, 1985].

Estos vehículos tienen características de operación similares a las de los automóviles, mientras que en el caso de los camiones y autobuses su capacidad de aceleración es decididamente diferente. El método más fácil para adiestrar a los aforadores en la clasificación de los vehículos es en base al número de ruedas, los automóviles se mueven sobre 2 a 4 ruedas y los camiones requieren de un número mayor de 4 [Box y Oppenlander, 1985].

La figura 50 ilustra una forma de campo para el aforo de peatones, la hoja puede tener también cuadros angulados en el centro de la intersección para anotar los movimientos de cruce diagonal. Cuando se afora los peatones y se clasifican, los jóvenes de (12 o más años) son considerados como adultos mientras que los demás menores de 12 son como niños [Box y Oppenlander, 1985].

Existen algunas otras formas para aforar, pero son basadas en las dos mostradas anteriormente. De Longitud de Colas: Los estudios de longitud de colas de espera en intersecciones congestionadas, pueden realizarse con el propósito de determinar localizaciones aceptables para las entradas principales. Se establecen puntos de referencia como: postes, árboles, señales u otros objetos fijos y de fácil observación. Los aforos se realizan en periodos de ciclo a ciclo en semáforos (o a cada 60 segundos en un acceso controlado por señal de alto) [Box y Oppenlander, 1985].

Al momento de cada observación la localización del final de la cola de vehículos se anota en términos de los diferentes puntos de referencia.

Al final del estudio, el número de veces que cada punto de referencia fue alcanzado por la cola es dividido entre el número total de observaciones. Las cifras resultantes, proporcionan el porcentaje de tiempo que cada punto es alcanzado al menos momentáneamente por la cola de vehículos durante la hora de máxima demanda, desde el dispositivo de control. Los

aforos se realizan en periodos de ciclo a ciclo en semáforos (o a cada 60 segundos en un acceso controlado por señal de alto). Al momento de cada observación la localización del final de la cola de vehículos se anota en términos de los diferentes puntos de referencia [Box y Oppenlander, 1985].

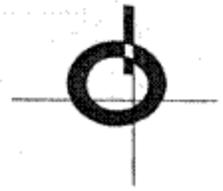
Al final del estudio, el número de veces que cada punto de referencia fue alcanzado por la cola es dividido entre el número total de observaciones. Las cifras resultantes, proporcionan el porcentaje de tiempo que cada punto es alcanzado al menos momentáneamente por la cola de vehículos durante la hora de máxima demanda, desde el dispositivo de control [Box y Oppenlander, 1985].

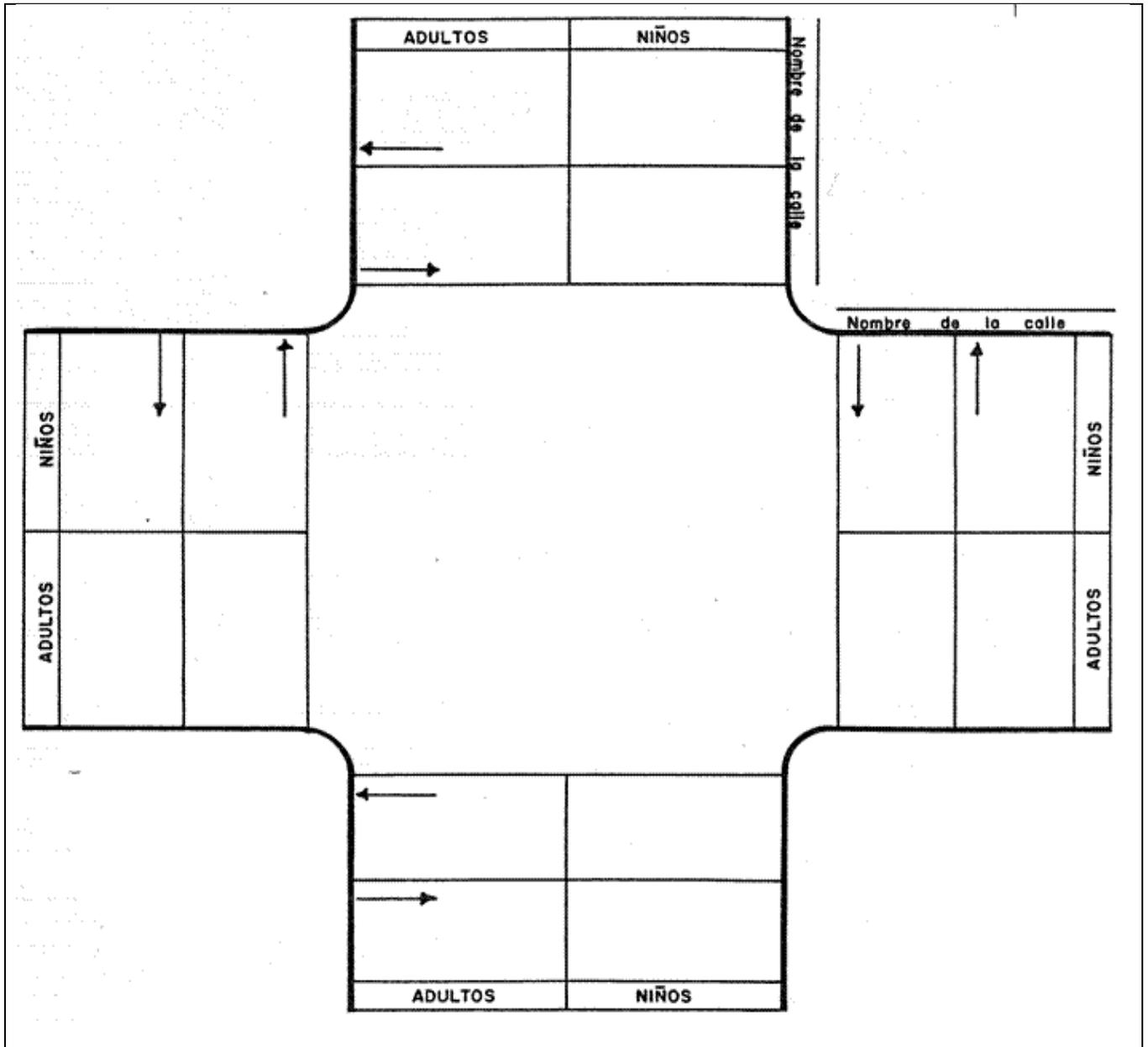
HOJA DE CAMPO PARA AFORO PEATONAL

De las _____ a las _____

Fecha: _____

Observador: _____





La figura 50. Ejemplo de una hoja de aforo de peatones (Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito).

Por último, el aforador puede realizar su trabajo desde un automóvil estacionado cuando no afecte a la fluidez del tránsito y tenga buena visibilidad. Esto tiene importancia, si existen situaciones climatológicas adversas, así como la ventaja de guardar las formas, los lápices, etc. facilita además la coordinación del aforo cuando se requiera más de una persona en una intersección determinada, es ideal una posición elevada pero pocas veces es posible,

además el automóvil proporciona cierta seguridad en zona de alta criminalidad y comodidad para los aforadores en cualquier área [Box y Oppenlander, 1985].

4.2. Periodos de Aforo

Durante periodos de tránsito alto, es necesaria 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.

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 [Box y Oppenlander, 1985].

Como regla general, los aforos realizados en áreas urbanas durante la hora de máxima demanda de la mañana del lunes y de la tarde del viernes, comúnmente mostraran volúmenes mayores que en los demás días de la semana. La mayoría de los aforos manuales se toman generalmente entre las 7:00 a 9:00 horas y 18:00 a 20:00 horas. En general se recomiendan periodos de 15 minutos, aun cuando los estudios de capacidad demuestran que para determinar el factor de la hora máxima demanda (FHMD) son más recomendables los periodos de 5 minutos. De hecho es aconsejable el aforo de ciclo a ciclo en las intersecciones controladas con semáforos, para obtener los factores de carga y de máxima demanda (F.H.M.D) [Box y Oppenlander, 1985].

NOTA: El factor de hora de máxima demanda (F.H.M.D) es una relación entre el volumen, horario máximo y volumen máximo que se registró en un periodo determinado dentro de la

hora de máxima demanda vehicular. Los valores de (F.H.M.D) varían de 0.25 a 1.0. Normalmente los periodos de aforo varían entre 5 y 6 minutos para medir la operación de una intersección controlada con semáforos. El factor de carga, es una medida del grado de utilización del acceso de una intersección controlada con semáforos, durante una hora de flujo máximo. Es la relación que existe entre el número de fases verdes que están cargadas o totalmente utilizadas por el tránsito y el número total de fases disponibles para ese acceso durante el mismo periodo de tiempo, el valor máximo es de 1.0 [Box y Oppenlander, 1985].

Las horas de mayor volumen vehicular en ciertas clases de uso del suelo como: escuelas, fábricas, hospitales, etc, pueden no coincidir con las horas de máxima demanda vehicular del tránsito normal de las calles. Los máximos volúmenes en los centros comerciales, se presentan los sábados por la mañana o por la tarde, otros volúmenes altos en los centros comerciales se presentan por las noches en que se encuentran abiertos, lo cual involucra periodos críticos de llegada, (generalmente entre las 18:00 y 20:00 horas) así como de salida, (entre las 19:00 y 21:00 horas) [Box y Oppenlander, 1985].

Los aforos necesarios para clasificar camiones (tamaño y peso) se extienden por periodos de 12 a 16 horas. No es recomendable que los aforos de tránsito, se lleven a cabo en días festivos ni un día anterior o posterior a este. Tampoco cuando existen condiciones atmosféricas adversas que pudieran afectar el flujo, también una lluvia ligera creará pequeños efectos sobre el tránsito industrial o de oficina. Los factores debidos a las temporadas, deben considerarse aunados a los aspectos recreativos, es decir los aforos que incluyen actividades escolares resultaran imprecisos si fueran realizados en tiempo de vacaciones. El tránsito para las compras de navidad es más alto y otros días festivos, así como otros factores como huelgas o vacaciones en industrias influirán negativamente en los aforos realizados en este tiempo [Box y Oppenlander, 1985].

4.3. Resumen de Aforo

Se acostumbra a hacer resumen tabular, tanto de aforos de contadores manuales como los mecánicos de tipo portátil. Las hojas para el procedimiento de datos son comúnmente

preparadas para los datos de las estaciones permanentes. Para los análisis de capacidad, para el proyecto de intersecciones, medidas operacionales y estudios de accidentes es indispensable contar con las gráficas de las horas de máxima demanda vehicular. La figura 51 muestra una hoja para el resumen de una intersección de cuatro ramas, en la que se incluye un cuadro para la anotación del volumen que entra y que sale, la cual con una modificación se adapta para intersecciones en "T". Los aforos de ocupancia de los vehículos se resumen por dirección. El número de ocupantes aforados (incluyendo los conductores) se determina multiplicando la ocupancia por grupo, por el número de ocupantes de cada grupo (1, 2,3, etc.) el número total de aforados durante el periodo de estudio se divide entre el número de vehículos aforados con lo cual se obtiene el promedio ocupantes por vehículo. Este promedio puede calcularse para diferentes periodos siempre y cuando sean muestreados al menos 500 vehículos para el periodo más corto, en cualquier dirección seleccionada [Box y Oppenlander, 1985].

Debido a las limitaciones en la precisión de los equipos mecánicos de aforo y las variaciones diarias en el flujo vehicular, no es recomendable el uso de cifras exactas. Los aforos y factores deben ser redondeados a no más de tres cifras significativas en cantidades cerradas a 10 vehículos, excepto en clasificación especial de vehículos. Así un aforo de 24 horas de 24 673 vehículos debe anotarse como 24 700 [Box y Oppenlander, 1985].

TRÁNSITO ACTUAL
RESUMEN GRAFICO DE MOVIMIENTOS VEHICULARES

Intersección _____
 Observador _____
 Ciudad _____ Fecha _____ Día _____

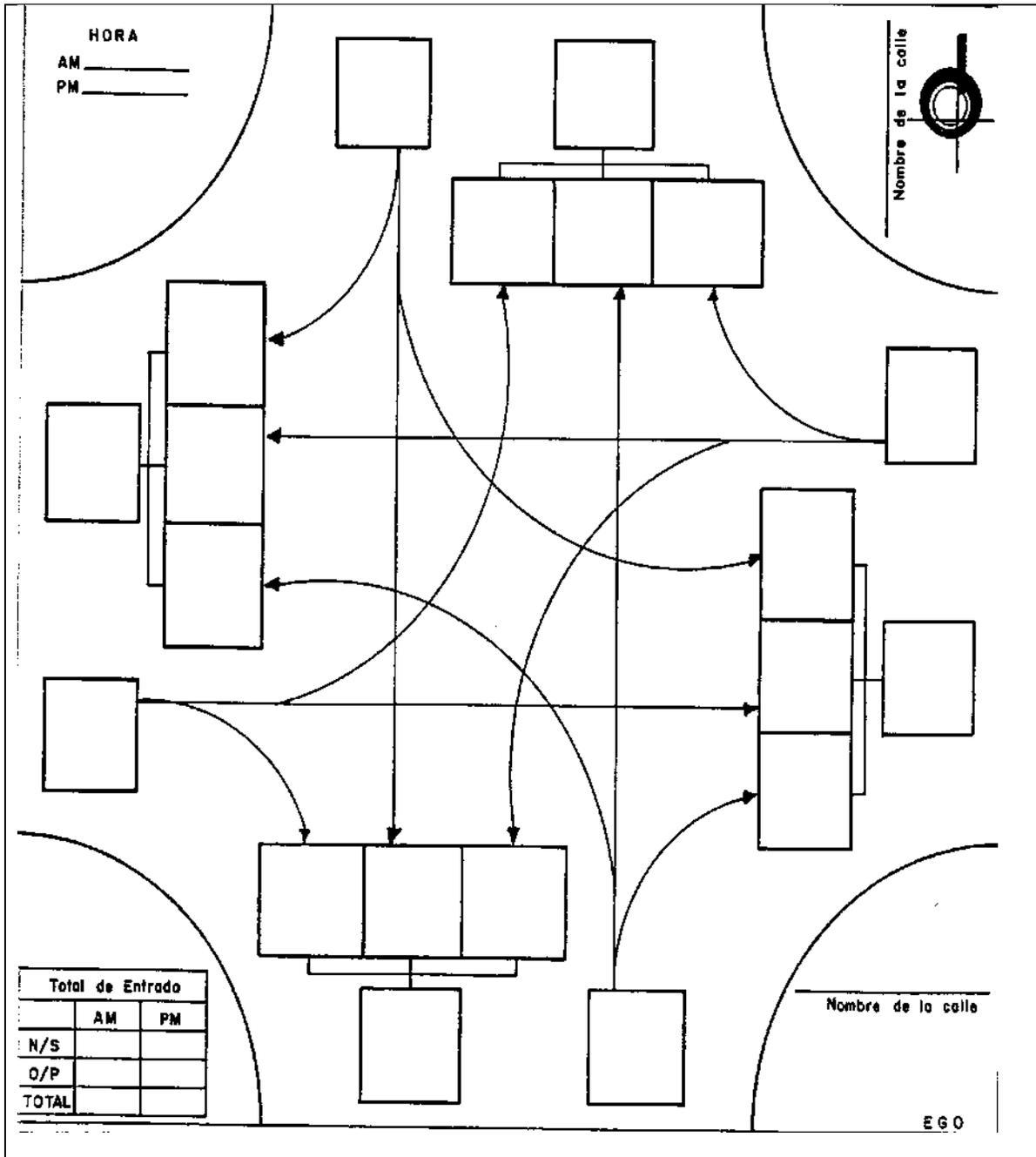


Figura 51 .Ejemplo de una hoja de resumen para uan intersección de cuatro ramas (Fuente: Manual de Estudios de ingeniería de Tránsito).

4.4. Ampliación de Aforo

La gran mayoría de los aforos, se toman en periodos de 15 o 30 minutos y se resumen en intervalos de una hora, sin embargo pueden efectuarse muestreos cortos con intervalos 5, 10, 20 minutos en lugares específicos permitiendo al aforador trasladarse a otra intersección, estos aforos se amplían a una hora mediante el factor apropiado (4 en el caso de 15 minutos, etc.) y proporcionan buenos resultados entre calles cuyo volumen de tránsito exceda los 2000 vehículos por día.

Los aforos cortos pueden ampliarse mediante la utilización de una estación de control. En los casos en los que se requieran varios aforos para un área dada, se escoge un lugar central representativo del flujo del tránsito del área. Este lugar servirá de base general para verificar el comportamiento del tránsito y deberá aforarse en intervalos de 10 minutos de manera continua durante periodo de muestreo. El multiplicador de la estación de control, se calcula para periodo muestreado en los otros lugares. Por ejemplo si una intersección fue muestreado de las 17:10 a las 17:20, el aforo de la estación de control durante este mismo periodo es dividido entre el volumen de su hora de máxima demanda como ilustración consideramos, que el aforo de la estación central sea de 55 vehículos entrando en la intersección 17:10 y las 17:20, si durante la hora de máxima demanda el movimiento fuera de 550 vehículos en la estación de control de división de este último entre el anterior, nos dará un factor multiplicador de 10.0 si el aforo muestreado en alguna otra intersección fuera de 40 vehículos de 17:10 a 17:20, entonces sería ampliado por un factor de 10, o sea, que se tendría un valor estimado de 400 vehículos para la misma hora de máxima demanda de la estación central [Box y Oppenlander, 1985].

4.5. Estudios Específicos de Aforos

Aforos de Intersección: Los requerimientos y tipo de dispositivos para el control, la programación de los semáforos, los elementos básicos para proyectos de reconstrucción y otras mejoras tales como, cambios en las marcas sobre el pavimento, requieren, información detallada de los movimientos direccionales en las intersecciones. Con

frecuencia se requiere también datos relacionados con la composición vehicular y el comportamiento peatonal como complemento de los aforos [Box y Oppenlander, 1985].

Aforos Continuos: Las estaciones permanentes de aforo, se han venido utilizando desde mediados de 1930 como partes de los estudios de planeación y proyectos de carreteras y posteriormente se instalaron para observar la operación de las autopistas urbanas. El tránsito tiende a tener variaciones cíclicas predecibles, por lo que a través de una clasificación adecuada de la vialidad y los aforos, es posible establecer al patrón básico del tránsito para cada tipo de camino [Box y Oppenlander, 1985].

Además es interesante este tipo de aforos porque nos permite realizar graficas de variación, pudiendo ser esta variación horaria, diaria y mensual. **Áreas de Estudio:** Muchas entidades federativas han establecido aforos estatales regionales con el fin de obtener datos para la elaboración de mapas de volúmenes de tránsito. Los datos regionales se obtienen realizando aforos cortos que cubran toda el área y que se ajusten por medio de factores obtenidos de los aforos de control. La ubicación de los aforos se establece con bases sistemáticas, para lo cual se hace un estudio minucioso del área y del sistema vial, que se van inventariar y dibujándolas en mapas de la localidad [Box y Oppenlander, 1985].

Aforos en Cordón: Un aforo en cordón, es aquel en que un área en particular se acerca completamente y se llevan al cabo recuentos en todas las calles que entran y salen de la misma. Los datos obtenidos muestran los volúmenes de tránsito, que entran y salen del área en estudio [Box y Oppenlander, 1985].

Los aforos en cordón, son usados comúnmente como parte de un estudio amplio de origen y destino o en estudios de zonas comerciales o de negocios (centro) [Box y Oppenlander, 1985].

Aforos en Línea Divisoria: Estos aforos para este estudio específico se realizan registrando los viajes que se hacen a través de barreras geográficas notables, o bien, el movimiento de tránsito entre zonas. Las líneas se localizan a lo largo de fronteras naturales o geográficas, tales como un río o un F.F.C.C., de esta manera el número de caminos que cruzan la línea divisoria se reduce al mínimo. Los aforos en línea divisoria, son parte importante para

verificar la precisión de los estudios de origen y destino [Box y Oppenlander, 1985].

4.6. Ajustes de Aforos

Por último, en el tema de volúmenes de tránsito veremos dos ejemplos de ajustes para variaciones periódicas.

Ejemplo: “A” Ajuste para variaciones periódicas.

La tabla 10 siguiente es un promedio de aforos diarios realizados con un contador automático en una carretera rural, (los contadores automáticos normalmente cuentan pares de ejes)[Box y Oppenlander, 1985].

Tabla 10. Promedio de aforos diarios realizados (Fuente: Manual de estudios de ingeniería de tránsito).

1 MES	2 AFORO AUTOMÁTICO ACTUAL (PROMEDIO DIARIO)	3 PROMEDIO PORCENTUAL DEL AFORO DIARIO	4 FACTOR DE AMPLIACIÓN
ENERO	1200	0.54	1.85
FEBRERO	1160	0.52	1.92
MARZO	1300	0.58	1.72
ABRIL	1400	0.63	1.59
MAYO	1500	0.67	1.49
JUNIO	2500	1.12	0.89
JULIO	4000	1.79	0.56
AGOSTO	4500	2.02	0.49
SEPTIEMBR	3500	1.57	0.64
OCTÚBRE	2000	0.90	1.11

NOVIEMBRE	2100	0.94	1.06
DICIEMBRE	1600	0.72	1.39
TOTAL	26760	PROMEDIO 2230	

Procedimientos:

1.- Obtener el aforo de 24 horas del martes, miércoles, y jueves de cada mes en el mismo lugar.

2.- Calcular el aforo promedio diario anual, (columna 2)

•Suma de los doce aforos mensuales = 26 760

•Dividir esta suma entre 12 y se obtiene el aforo promedio anual = $\frac{26\ 760}{12} = 2230$

3.- Comparar cada promedio mensual con el anual y se obtiene el promedio porcentual del aforo diario (columna 3) ejemplo: para Enero es $\frac{1\ 200}{2\ 230} = 0.54$

$$\frac{1\ 200}{2\ 230}$$

4.- Calcular ahora el factor mensual de ampliación, encontrando el inverso del promedio porcentual del aforo diario (columna 4) ejemplo: para Enero es $\frac{1}{0.54} = 1.85$

$$\frac{1}{0.54}$$

Ejemplo: “B” ajustes para variación semanal.

La siguiente tabla 11 es un promedio de aforo semanal realizado con un contador automático sobre una estación secundaria con variación semanal [Box y Oppenlander, 1985].

Tabla 11. Promedio de Aforo semanal (Fuente: Manual de estudios de ingeniería de tránsito).

1	2	3	4
DÍA DE LA SEMANA	AFORO PROMEDIO DIARIO	PROMEDIO PORCENTUAL DEL AFORO DIARIO	FACTOR DE AMPLIACIÓN

2.- Viernes 16 de octubre de 1989 400 vehículos

Convertir estos aforos a promedio diario anual

TPD. Aforo realizado por factor periódico por factor semanal.

1.- TPD para el 3 de febrero de 1989, es igual a $150 (1.92 \times 1.15) = 330$ vehículos.

2.- TPD para el 16 de octubre de 1989, es igual a $400 (1.11 \times 0.74) = 330$ vehículos

CAPITULO 5. VELOCIDAD

5.1. Definiciones

Existen varias definiciones a las que se ha tenido necesidad de recurrir, para mayor claridad cuando se habla del proyecto geométrico de carreteras. Las siguientes definiciones corresponden a las más frecuentes empleadas [SCT, 1991].

A) Velocidad de punto. Es la velocidad de un vehículo a su paso por un punto de un camino. Los valores usuales para estimarla, son el promedio de las velocidades en un punto de todos los vehículos, o de una clase establecida de vehículos.

B) Velocidad de marcha. Es la velocidad de un vehículo en un tramo de un camino, obtenida al dividir la distancia del recorrido entre el tiempo en el cual el vehículo estuvo en movimiento. Los valores empleados se determinan como el cociente de la suma de las distancias recorridas por todos los vehículos o por un grupo determinado de ellos, entre la suma de tiempos correspondientes.

C) Velocidad de operación. Es la máxima velocidad a la cual un vehículo puede viajar en un tramo de un camino, bajo las condiciones prevalecientes de tránsito y bajo condiciones atmosféricas favorables, sin rebasar en ningún caso la velocidad de proyecto del tramo.

D) Velocidad global. Es el resultado de dividir la distancia recorrida por un vehículo entre el tiempo total de viaje. En este tiempo total van incluidas todas aquellas demoras por paradas y reducciones de velocidad provocadas por el tránsito y el camino. No incluye

aquellas demoras fuera del camino, como pueden ser las correspondientes a gasolineras, restaurantes y recreación.

Los valores empleados se determinan como el cociente de la suma de las distancias recorridas por todos los vehículos o por un grupo determinado de ellos, entre la suma de tiempos totales de viaje.

E) Velocidad de proyecto. Es la velocidad máxima a la cual los vehículos pueden circular con seguridad sobre un camino y se utiliza para determinar los elementos geométricos del mismo.

F) Velocidad de proyecto ponderada. Cuando dentro de un tramo bajo estudio existen subtramos con diferentes velocidades de proyecto, la velocidad representativa del tramo será el promedio ponderado de las diferentes velocidades de proyecto.

5.2. Estudios de velocidad en el sitio.

Los estudios de velocidad en el sitio se realizan para estimar la distribución de la velocidad de los vehículos en flujo vehicular y en un lugar específico en una carretera. La velocidad de un vehículo se define como la rapidez de movimiento del vehículo; se expresa en millas por hora (mi/h) o kilómetros por hora (km/h). Un estudio de velocidad en el sitio consiste en registrar la velocidad de una muestra de vehículos en un lugar específico. Las características de velocidad identificada serán válidas solamente para las condiciones de tránsito y de medio ambiente que existan en el momento del estudio [Garber y Hoel, 2005].

5.2.1. Métodos para realizar los estudios de velocidad en el sitio

Los métodos empleados para realizar los estudios de velocidad en el sitio pueden ser: manuales o automáticos. Como no es común el uso del método manual, se describirán los métodos automáticos.

En la actualidad se dispone de varios dispositivos automáticos que pueden emplearse para obtener las velocidades instantáneas de los vehículos de una ubicación de una carretera.

Entre los principales se encuentran: 1) detectores de camino, medidores con principio Doppel (del tipo radar) y 3) dispositivos electrónicos [Garber y Hoel, 2005].

Detectores de camino

Los detectores de camino se clasifican en: tubos neumáticos para camino y espirales inductoras. Estos dispositivos pueden usarse para recolectar datos acerca de velocidades, al mismo tiempo que se obtienen datos de volumen. Los detectores de camino deben ser instalados de tal modo que se reduzca el mínimo la probabilidad de que un vehículo que transita cierre la conexión del medidor durante la medición de la velocidad. Esto se logra separando los detectores de camino una distancia de 3 a 15 pies [Garber y Hoel, 2005].

Una ventaja de los detectores de medición es que la probabilidad de error se reduce. Sus desventajas: 1) los dispositivos son costosos, 2) cuando se usan tubos neumáticos (como son muy obvios), pueden afectar el comportamiento del conductor, y producir una distorsión de la distribución de velocidades [Garber y Hoel, 2005].

Los tubos neumáticos para camino se colocan en forma transversal al carril donde serán recolectados los datos. Cuando un vehículo en movimiento pasa por el tubo, se transmite un impulso de aire hasta el contador. Para mediciones de velocidad, se colocan dos tubos transversales al carril, con una separación de 6 pies. Cuando las ruedas delanteras de un vehículo en movimiento pasan sobre el primer tubo, se registra el primer impulso; poco después se registra un segundo impulso cuando las ruedas delanteras pasan sobre el segundo tubo. El tiempo que transcurre entre los dos impulsos y la distancia entre los tubos sirve de referencia para calcular la velocidad del vehículo [Garber y Hoel, 2005].

Circuito inductor es un circuito rectangular de alambre que se entierra bajo de la superficie del camino. Funciona como el detector de un circuito de resonancia. Opera con el principio de crear una perturbación en el campo eléctrico cuando un vehículo de motor pasa sobre el alambre. Esto causa una alteración en el potencial que es amplificado resultando un impulso que es enviado al contador [Garber y Hoel, 2005].

Medidores con el principio Doppler: La función de los medidores Doppler consiste en

que cuando se transmite una señal hacia un vehículo en movimiento, el cambio de frecuencia entre la señal transmitida y la señal reflejada proporcional a la velocidad del vehículo en movimiento. El equipo mide la diferencia entre frecuencia de la señal transmitida y la de la señal reflejada, que luego es convertida a velocidad en millas/hora. Al instalar el equipo, debe tenerse cuidado de reducir el ángulo entre la dirección del vehículo en movimiento y la línea que une los centros del transmisor y del vehículo. El valor de la velocidad registrada depende de ese ángulo. Si el ángulo no es cero, se introduce un error relacionado con el coseno del ángulo, lo que conduce a una velocidad más baja que la que habría sido registrada si el ángulo hubiera sido cero. Sin embargo, este error no es muy grande, porque el coseno de un ángulo pequeño no es mucho menor que 1 [Garber y Hoel, 2005].

La ventaja de este método es que como no se usan tubos magnéticos, si el equipo puede ubicarse en una posición que pase desapercibida, se reduce considerablemente la influencia sobre comportamiento del conductor [Garber y Hoel, 2005].

Los oficiales de la policía usan este tipo de medidor para verificar los límites de velocidad. En la figura 52 se muestra el SpeedAce®, fabricado por Monitron. Es un sistema de detección de velocidad mediante laser (de bolsillo que cabe en la mano), que puede usarse para medir velocidad de vehículos aislados hasta una distancia de 1312 pies. En la figura 53 se muestra radar de presencia de carriles múltiples RTMS fabricado por Sistemas Electrónicos Integra (ElectronicIntegratedSystem). La principal ventaja de este detector es que puede montarse a lado del camino para obtener datos respecto de la velocidad de los vehículos en hasta ocho carriles separados [Garber y Hoel, 2005].



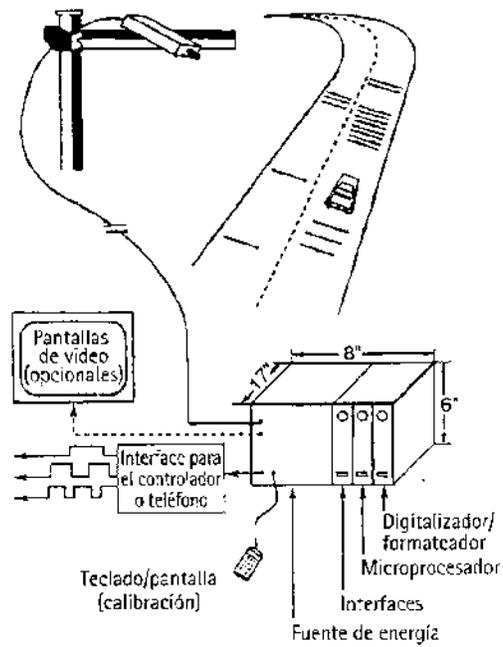
Figura 52. El medidor SpeedAce®
(Fuente: <http://www.sunagaimpulse.com/Syozai/Lasersite/SpeedAce.html>)



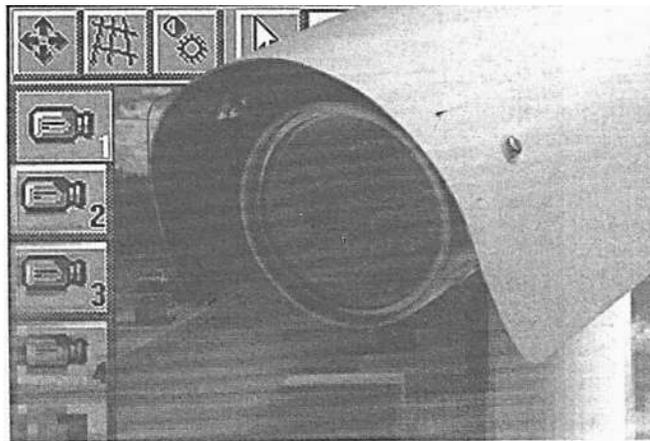
Figura 53. El medidor RTMS.
(Fuente: <http://ntl.bts.gov/lib/10000/10000/10041/EIS1.pdf>)

Detectores electrónicos: Estos dispositivos detectan la presencia de los vehículos por medios electrónicos, y con base la información obtenida se calculan las características del tránsito, tales como velocidad, volumen, colas, y los intervalos de tiempo entre dos vehículos que viajan en la misma dirección y la misma ruta. La ventaja de estos dispositivos respecto del uso de los detectores de camino que no es necesario instalar (físicamente) circuitos o ningún otro tipo de detector. La tecnología más avanzada que emplea electrónica es el procesamiento de imágenes de video, algunas veces denominada sistema de visión de máquina. Consiste en una cámara electrónica que domina sección grande del camino y un microprocesador. La cámara electrónica recibe las imágenes camino; el microprocesador determina la presencia o el paso del vehículo. La información obtenida se usa para determinar las características del tránsito en tiempo real. Ejemplo de este sistema es el autoscopio [Garber y Hoel, 2005].

En la figura 53 se ilustra en forma esquemática la configuración del autoscopio, el cual desarrollado en Estados Unidos. Tiene una gran ventaja respecto de los circuitos, y puede detectar el tránsito en muchos lugares dentro del campo de visión de la cámara. El usuario selecciona las localidades que se van a monitorear mediante gráficos interactivos, lo que normalmente toma solo algunos minutos. Esta flexibilidad se logra colocando sobre el monitor que muestra el tránsito líneas de detección a lo largo o a través de los carriles del camino. De esta forma las líneas del detector no quedan fijas (físicamente) sobre el camino. La señal de detección que se genera cuando un vehículo cruza las líneas del detector es similar a la producida por las espirales, e indica la presencia o el paso del vehículo. El autoscopio es un detector inalámbrico con una sola cámara, que puede reemplazar a muchas espirales. Suministra un sistema de detección de área amplificada. El dispositivo puede instalarse sin interrumpir las operaciones de tránsito, como ocurre con la instalación de las espirales. La configuración de detección puede cambiarse ya sea manualmente o mediante el uso de una rutina de software que suministre una función de las condiciones del tránsito. El dispositivo tiene la capacidad de extraer parámetros de tránsito, tales como volumen y longitud de las colas. En la figura 54 se muestra la fotografía de un autoscopio talado en una estación de estudio [Garber y Hoel, 2005].



(a) Ilustración esquemática del autoscopio.



(b) El autoscopio Instalado

Figura 54. El autoscopio (Fuente: Garber y Hoel, 2005).

5.2.2. Estudios de velocidad de punto

Aplicaciones.- Las características de velocidad de punto, se emplean en la mayoría de las

actividades de la Ingeniería de Tránsito, incluyendo las siguientes: [Box y Oppenlander, 1985].

- 1.- Determinación de los dispositivos, para el control y Reglamento de Tránsito apropiados.
- 2.- Estudio de lugares de alto índice de accidentes.
- 3.- Evaluación de la eficacia de las mejoras en el tránsito, mediante los estudios de antes y después.
- 4.- Análisis de lugares críticos donde los problemas son evidentes o por haberse recibido quejas del público.
- 5.- Determinación de lugares específicos para ejercer mayor vigilancia policiaca.
- 6.- Selección de los elementos para el proyecto geométrico de la vialidad.
- 7.- Establecimiento de tendencias de la velocidad para los diferentes tipos de características de los vehículos, mediante muestreos periódicos, en lugares seleccionados, con flujos de tránsito continuos.
- 8.- Cálculo de los costos usuarios-vía para el análisis económico y de mejoras al tránsito.
- 9.-Ejecución de estudios de investigación que involucren flujos de tránsito.

Ubicaciones del estudio

Los estudios de velocidad de punto, se efectúan en lugares especiales o generales.

Las ubicaciones especiales, son elegidas para establecer límites de velocidad de tramos específicos de calles o carreteras, para evaluar mejoras en el tránsito y para estudiar lugares de accidentes.

Para obtener una estimación imparcial y precisa de las velocidades de punto, en un lugar específico deben observarse los aspectos siguientes: [Box y Oppenlander, 1985].

- 1.- El equipo debe estar oculto a la vista de los conductores.

2.- El investigador u observador debe ser lo menos llamativo posible.

3.- Deben evitarse los curiosos.

4.- Deben medirse un número adecuado de velocidades.

Hora del estudio.

La hora para hacer el estudio de velocidad de punto dependerá del objetivo.

Un estudio general como es el de nuestro caso, deberá llevarse a cabo durante uno de los tres periodos siguientes fuera de las horas de máxima demanda:

1.- 10:00 a 12:00

2.- 15:30 a 17:30

3.- 20:00 a 22:00

Personal y Equipo.

Los datos para este estudio, pueden recopilarse de dos formas manualmente o con equipo automático. En el método manual la velocidad de un vehículo se determina por el tiempo en que este recorre una distancia prefijada. Este procedimiento requiere de un cronómetro, una cinta de 20 o 30 metros y material para marcar en el pavimento. Con el método automático, se emplean dispositivos eléctricos y/o mecánicos, para medir las velocidades de los vehículos al pasar [Box y Oppenlander, 1985].

Un estudio especial de velocidad de punto es efectuado para determinar la velocidad máxima a la cual puede tomarse cómodamente una curva horizontal. Otro tipo de estudio relacionado con la velocidad de punto se refiere a la verificación de velocidades máximas de seguridad en los accesos a las intersecciones [Box y Oppenlander, 1985].

Procedimiento.

Todas las lecturas o muestreos deben ser casuales y representativas de las condiciones del flujo libre del tránsito. Se recomienda los siguientes procedimientos de muestreo [Box y

Oppenlander, 1985].

- 1.- Observar siempre el primer vehículo de un grupo que casualmente se agrupe.
- 2.- Seleccionar a los camiones de proporción a su presencia en la corriente del tránsito.
- 3.- Evitar muestrear una gran proporción de vehículos con alta velocidad.

Método manual

Para empezar se mide una longitud en el lugar de estudio [Box y Oppenlander, 1985]..

Las longitudes apropiadas o recomendadas se resumen en la siguiente tabla 12.

Tabla 12. Longitudes recomendadas para estudios de velocidad de punto (Box y Oppenlander, 1985).

VELOCIDAD PROMEDIO DE LA CORRIENTE DEL TRÁNSITO		LONGITUD RECORRIDA		FACTOR DE CONVERSIÓN PARA CAMBIAR SEGUNDOS	
KPH	MPH	PIES	MTS	KPH	MPH
Debajo de 40	Abajo de 25	88	25	90	60
40 a 65	25 a 40	176	50	180	120
Arriba de +65	Arriba de 40	264	75	270	180

Un plano típico del estudio de velocidad de punto se ilustra en la figura 54.

En el momento en que las ruedas delanteras del vehículo cruzan la marca inicial del tramo medido el observador acciona el cronómetro, el cual es detenido en el momento en que el vehículo pasa frente de este. Se anota una raya en el reglón correspondiente de la hoja de campo, de acuerdo con el tiempo registrado.

La figura 55 es una hoja de campo para 3 longitudes diferentes de recorrido, cuenta además con una tercera columna para permitir la correlación del tiempo, con la velocidad para un tramo de recorrido que sea distinto a los dos indicados [Box y Oppenlander, 1985].

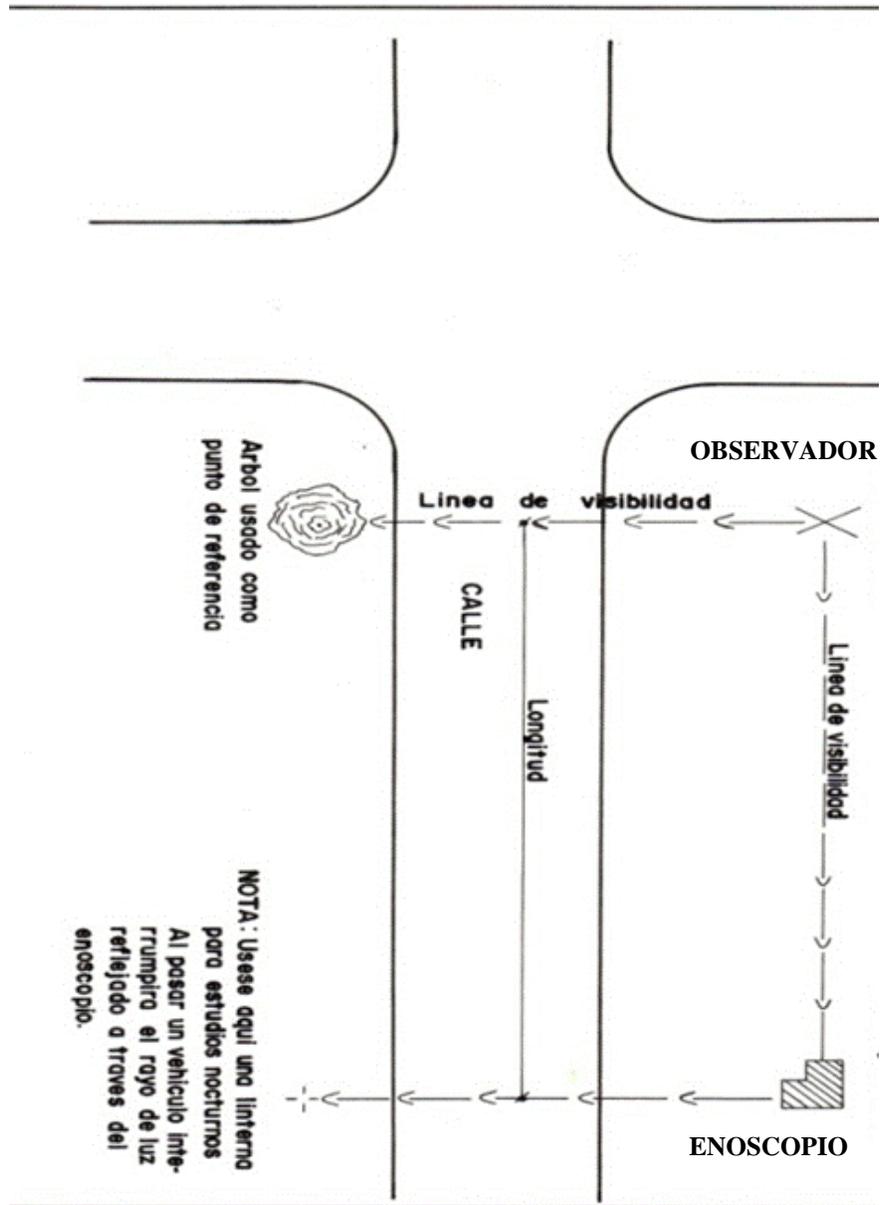


Figura 55. Plano del estudio de velocidad de punto.

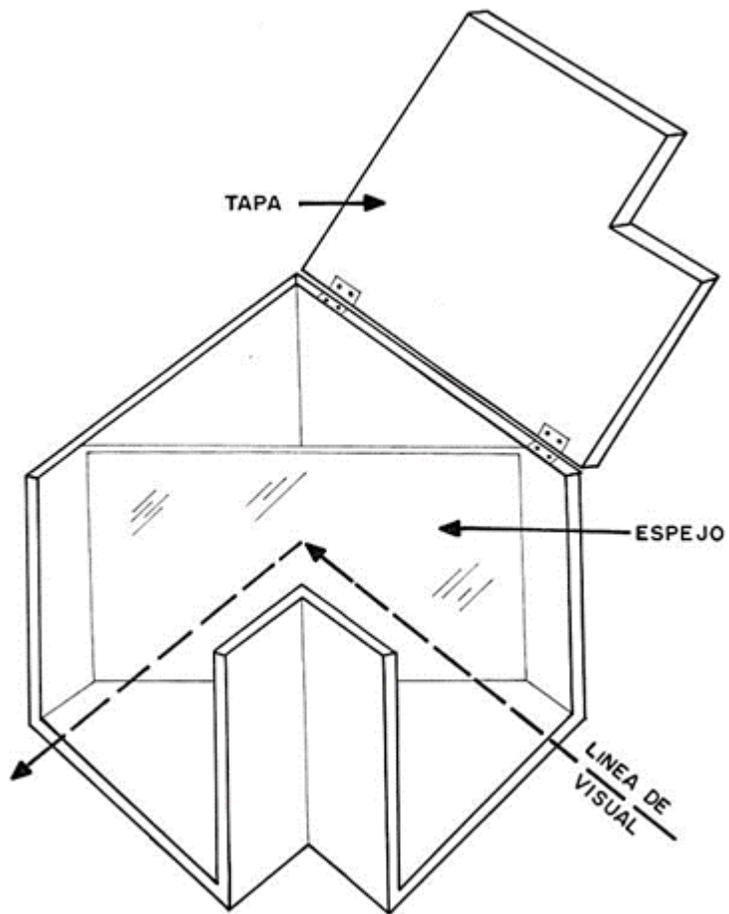


Figura56. Enoscopio (Box y Oppenlander, 1985).

ESTUDIO DE VELOCIDAD DE PUNTO

HOJA DE CAMPO

FECHA _____ UBICACIÓN _____ DIRECCION _____
 HORA _____ CONDICIONES ATMOSFERICAS _____
 ESTADO DEL PAVIMENTO _____ DISTANCIA BASE ELEGIDA _____
 OBSERVADOR _____

VELOCIDAD EN Km/h			Tiempo En Seg.	TOTAL	AUTOMOVILES SUMA			Autobuses S		Camiones S	
Distancia Base											
25M	50M	100M									
90			10								
82			11								
75			12								
69			13								
64	129		14								
60	120		15								
56	113		16								
53	106		17								
50	100		18								
47	96		19								
45	90		20								
43	86		21								
41	82		22								
39	78		23								
38	76		24								
36	70		25								
35	70	140	26								
33	67	134	27								
32	64	128	28								
31	62	124	29								
30	60	120	30								
29	58	116	31								
28	56	112	32								
27	54	109	33								
26	52	105	34								
25.5	51	102	35								
25	50	100	36								
24	49	97	37								
Total de Vehiculos											

Figura 57. Hoja de campo para Estudios de Velocidad de Punto.

La siguiente ecuación, se emplea para determinar la columna de velocidad para cualquier longitud de recorrido, que se elija:

$$V = \frac{3.6D}{T} \text{ (Sistema métrico)} \quad (10)$$

$$V = \frac{D}{1.47T} \text{ (Sistema ingles)} \quad (11)$$

V= Velocidad de punto (Km/h o mi/h).

D= Longitud del recorrido (metros o pies)

T= Tiempo transcurrido (segundos)

El observador, deberá indicar la columna apropiada para la longitud seleccionada del recorrido. Deberá emplearse una hoja de campo o una columna diferente para cada dirección de recorrido.

El número de automóviles, camiones o autobuses que transitan a la misma velocidad, se determina sumando horizontalmente el número de rayas registradas.

Este subtotal se registra en la columna de número de vehículos, para cada categoría de vehículos. La suma del total de automóviles, camiones y autobuses proporcionan el total de vehículos que transita a la misma velocidad. Así mismo, la suma vertical de cualquier tipo de vehículo es el número total de observaciones para ese tipo en particular.

Método automático

Se dispone de varios dispositivos, para medir las velocidades instantáneas de los vehículos en un lugar determinado de vialidad.

El equipo automático, es muy utilizado en la actualidad hay de dos tipos, el de Detectores

de Campo y el del Principio Doppler (radar).

Los detectores o medidores de campo operan con mangueras neumáticas, cintas o circuitos magnéticos situados sobre o dentro del pavimento.

Los impulsos de los detectores de vehículos, son transmitidos a una cinta o medidor, que indica el tiempo de paso entre los dos detectores que están espaciados a una distancia conocida o registra la velocidad del vehículo.

La hoja de campo antes señalada puede utilizarse para estudios de velocidad de punto que se efectúen con un medidor del Principio Doppler mediante la tabulación adecuada de los valores de la velocidad en la columna en blanco.

Las mediciones de velocidad con radar son hechas con todo el equipo montado dentro del vehículo, que se encuentra estacionado a un lado de la corriente del tránsito [Box y Oppenlander, 1985].

Análisis y resumen estadístico de los datos.

El resumen de los datos sobre velocidad de punto, se efectúan de acuerdo con el propósito del estudio. La hoja de la figura 57 es un ejemplo de una hoja de gabinete para este estudio la cual, se analiza gráficamente con las velocidades muestreadas en la gráfica de velocidad de punto (figura 56) mediante el trazo de la distribución de las frecuencias acumuladas.

Los valores porcentuales de la velocidad son, leídos adecuadamente del trazo de la curva de distribución de frecuencias acumuladas. Por ejemplo el 15 y 85 percentual de la velocidad de punto, para los datos del ejemplo en estudio son respectivamente 56 y 67 Km/hr [Box y ppenlander, 1985].

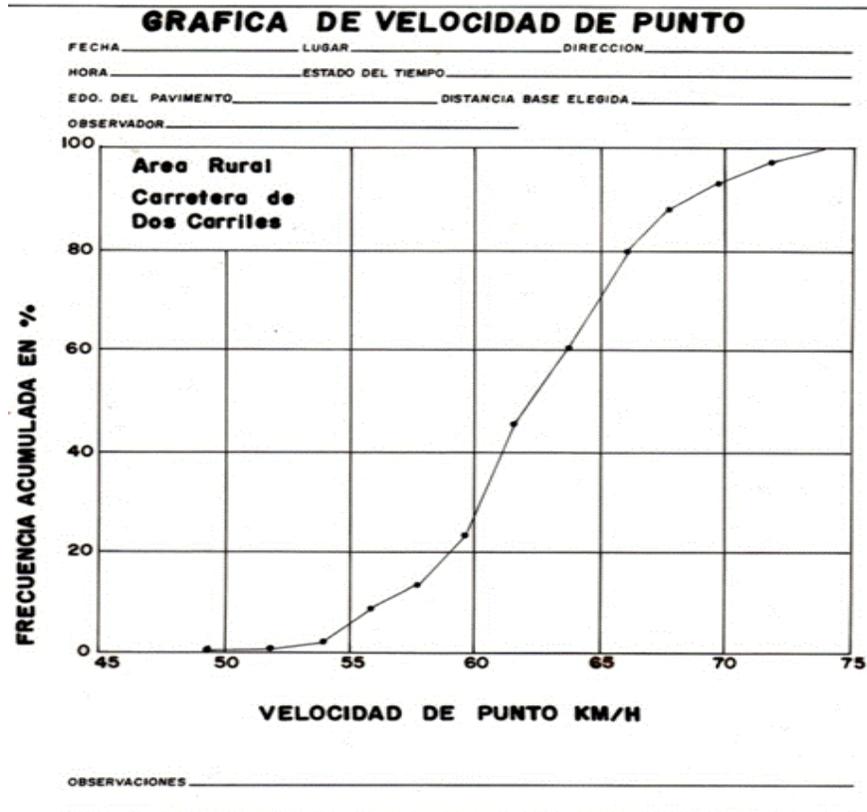


Figura 58. Ejemplo de una gráfica de velocidades de punto, en donde se muestra el trazo de la distribución de las frecuencias acumuladas (Box y Oppenlander, 1985).

CAPITULO 6. ORIGEN Y DESTINO

6.1 Aspectos generales.

Aplicación: el estudio de O. D. sirve para obtener datos del número y tipo de viajes en un área, incluyendo movimientos de vehículos y pasajeros o carga, de varias zonas de origen o varias zonas de destino. El estudio de O. D. es empleado primordialmente para los propósitos de la planeación del transporte y particularmente para la localización, proyecto y programación de nuevas carreteras o para mejorarlas y para obras del transporte público o servicios [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

- Ubicación de un estudio: un estudio de O. D. puede estar limitado a una vía rural o urbana en particular, o puede incluir cualquier parte o toda el área metropolitana de cualquier ciudad. En algunos casos incluye áreas de varios miles de kilómetros cuadrados.
- Personal y equipo: el número de hombres necesarios, varia ampliamente dependiendo del método usado y del alcance del estudio. Uno de los métodos más simples denominados de “luces encendidas”, requiere solo de unas cuantas personas en el campo; pero un estudio de O. D. puede emplear varios cientos de personas en el campo y otras tantas en oficina. Podrán ser necesarios policías con señales portátiles apropiadas, para detener a los conductores, para las entrevistas o para disminuir la velocidad de los vehículos, para la observación o entrega de tarjetas.
- Área de estudio: la mayoría de los estudios de O. D. empiezan con la delimitación del área por estudiar. A la frontera o límite del área se le denomina “línea de cordón exterior”. Para un estudio urbano integral, normalmente, se incluye toda el área urbanizada más una porción de la franja adyacente, en donde puede esperarse un desarrollo futuro. En algunos casos, las zonas de estudio han sido establecidas previamente. El uso de zonas existentes, puede facilitar la comparación directa de los datos nuevos con los antiguos y permite determinar las tendencias [Manual de

estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

El propósito principal al seleccionar zonas internas es el de permitir resumir, para áreas razonablemente pequeñas, los orígenes y destinos del tránsito. Normalmente se enumeran las zonas y todos los viajes con orígenes y destinos dentro de una zona y se supone que empiezan o terminan en el centro de la misma (centro de actividad). Debe tenerse cuidado, al establecer las zonas pues un número excesivo complica el análisis. Por otro lado un número reducido de zonas, también puede dar por resultado, que el agrupamiento de los destinos de los viajes, quede fuera de la realidad y no permita reconocer la verdad de los recorridos rutinarios. El tamaño de la zona está gobernado por el tamaño del área en estudio, la densidad de población, los datos deseados y el propósito del estudio. Las zonas son más pequeñas en el área del centro comercial y más grande en los alrededores. El área adyacente a una sola vía, que está siendo estudiada, puede dividirse en unas cuantas zonas, mientras que un área metropolitana deberá dividirse en varios cientos de zonas. Las zonas se pueden establecer de varias maneras. Así una buena regla es que el tiempo empleado en cruzarla conduciendo, no exceda de 3 a 5 minutos [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Para ciudades de tamaño mediano, las zonas se pueden establecer de la manera siguiente: primero, la ciudad puede dividirse en áreas principales denominadas "secciones" o "sectores". Un sector incluye el área del centro (sección O) mientras que las otras son generalmente cuneiformes, con el punto de la cuña coincidiendo en torno del sector "O". Las barreras naturales como ríos, vías férreas, terrenos en lomerío o abrupto u otros obstáculos que impidan el libre movimiento de vehículos, son ideales como líneas divisorias entre sectores. También deben considerarse las áreas de censo, la enumeración de las zonas postales o límites de las delegaciones políticas, pero no necesariamente como un factor limitante [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Cada sector debe subdividirse en no más de 10 diez distritos, de forma razonablemente cuadrada o rectangular, que define las áreas principales con las mismas características que las del uso del suelo. Estos distritos pueden subdividirse en zonas, que son normalmente

cuadradas o rectangulares. Estas zonas pueden subdividirse en sub-zonas.

En ciudades pequeñas se usan sistemas más simples y los límites se pueden fijar, solo con la designación de zonas, sin la necesidad de establecer secciones.

6.2 Métodos

Los procedimientos para realizar estudios de O-D son muchos y variados. En los métodos más extensos se obtiene los datos de una muestra de viajes, incluyendo la ubicación del origen y destino, propósito del viaje, tiempo del viaje, el modo (transporte público, automóvil, etc), viajes en camión y en taxi, uso del suelo en el origen y destino así como los datos socio-económicos del viajero y de su familia.

Obviamente este método proporciona muchos más datos de los que se necesitarían para un simple estudio de una sola ruta. El método que se seleccione para la recopilación de la información del O-D, se determina por: las necesidades de datos, personal del que se dispone, del presupuesto y las limitaciones de tiempo. A continuación se detallan los procedimientos más comunes junto con sus ventajas y desventajas probables [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Método 1).- Entrevista a un lado del camino.- en este método, los conductores son detenidos y se les pregunta su origen, su destino y otros datos deseados sobre el viaje. Este estudio esta usualmente dirigido a conductores de automóviles, camiones y autobuses, sin producir ningún dato relacionado con los pasajeros.

Si se desea obtener datos de todo el tránsito que entra y sale de una ciudad pequeña, es necesario seleccionar y localizar los puntos para las entrevistas, en todas las rutas que entran y salen de la ciudad. Debido a que gran parte del tránsito en ciudades pequeñas es de paso, este tipo de estudio puede proporcionar, con frecuencia la mayoría de los datos necesarios para la planeación o evaluación de un libramiento.

Antes de iniciar el estudio deberán tomarse todas las medidas necesarias para evitar que se provoque un congestionamiento; no solo por seguridad y el mantenimiento de buenas

relaciones con los conductores, sino que se puede provocar que los automovilistas locales eviten pasar por la estación, dando un rodeo y con esto se obtengan patrones de flujo del tránsito distorsionados. En una vía con altos volúmenes de tránsito solo se tomará una muestra de conductores para ser entrevistados.

En un camión de carriles múltiples deben tomarse una muestra proporcional de cada carril.

Una brigada típica, para una estación es un camión con volumen vehicular de 3000 a 5000 vehículos por día, en ambos sentidos, consta de jefe, dos anotadores, seis entrevistadores y uno o dos policías.

Los anotadores cuentan y registran todo el tránsito, mientras que los entrevistadores solo hablan con los conductores-muestra. Los datos de la muestra se incrementan para representar el volumen total del tránsito y así obtener el total, estimado de los orígenes y destinos. El tamaño de la muestra que debe ser entrevistado será del 20 al 50% del total del tránsito. En la práctica es común entrevistar a los conductores de tres vehículos y dejar pasar a los siguientes tres, para una muestra de 50% o entrevistar a tres conductores y dejar pasar los siguientes 9 nueve vehículos para una muestra del 25%. El número de entrevistadores deberá ser igual al número de vehículos detenidos en cada grupo [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Ventajas:

- Al tener un contacto personal entre entrevistador y entrevistado la información que se obtiene es más completa y precisa.
- El índice de respuesta es mayor (comparado con la técnica de devolución voluntaria) minimizando la distorsión del estudio.
- Se puede escoger las muestras de una corriente del tránsito, para satisfacer las normas estadísticas planeadas.

Desventajas:

- Esta técnica es más costosa que otras debido a que se necesita más personal.

- En carreteras con altos volúmenes de tránsito puede haber algunas demoras durante la encuesta especialmente en los periodos de máxima demanda vehicular.
- Con frecuencia esta técnica es peligrosa, especialmente en carreteras con altos volúmenes de tránsito debido a que el personal de campo debe operar en la carretera interfiriendo con el flujo vehicular [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Con mayor frecuencia, la información que se obtiene es: el origen, el destino, la ubicación del estacionamiento, la hora del día, el propósito del viaje y la duración o tiempo estacionado [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Método 2).- Tarjetas Postales al Conductor.- es un método similar al número 1, pero que puede usarse cuando el volumen vehicular es alto y no es posible detener al conductor el tiempo necesario para las entrevistas. Consiste en entregar a los conductores, mientras pasan las estaciones seleccionadas, unas tarjetas postales con las preguntas; solicitándoles llenarlas y dejarlas en algún buzón del correo. Las estaciones deben ubicarse, si es posible en lugares donde el tránsito circule lentamente [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Se debe esperar que sean devueltas del 25 al 35% de las tarjetas entregadas; ya que para tener un buen grado de precisión de los datos, es necesario como mínimo el 20%, para lo cual es casi siempre, necesario elaborar un buen programa anticipado de publicidad, para lograr la cooperación del público. También se necesitan aforos de volúmenes de tránsito en cada hora y en ambas direcciones, para extender la muestra [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Las tarjetas deben marcarse de antemano para indicar la estación donde serán distribuidas, la hora en que serán entregadas, el número de tarjetas que se entregaran y el tipo de vehículo.

Ventajas:

- El trabajo de campo puede terminarse en un día.

- Las demoras al tránsito son menores que cuando se hace la entrevista directa.
- Puede utilizarse personal sin entrenamiento pues es sencillo el trabajo de entregar las tarjetas.
- Este método es relativamente barato.

Desventajas:

- Posible distorsión de los datos debido al deseo de cooperación de algunos conductores.
- Se requiere mucho cuidado en la ubicación de los puntos de distribución, para interceptar una muestra representativa de los viajes transversales.
- Los camiones y automóviles de paso no proporcionan un alto porcentaje de regreso de tarjetas.
- Hay dificultad de incluir todos los movimientos importantes de vehículos, especialmente en las ciudades grandes.
- Persiste la necesidad de detener el tránsito [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Método 3).- Número de Placas en los Vehículos en Movimiento.- Este método es similar a los dos anteriores. En vez de entrevistar o entregar tarjetas a los conductores, los observadores de cada una de las estaciones, anotan todos o algunos de los dígitos de las placas por periodos cortos (como por ejemplo, un minuto). Se anota la hora en cada forma al final de cada intervalo, pueden usarse tarjetas de expediente, para estudios pequeños con la dirección del viaje, identificando el punto de distribución con tarjetas de color y la hora del paso, anotada en la tarjeta [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Conforme pasa un vehículo por cada estación, se anota una parte del número de placas, lo que permite trazar el viaje a través del área de estudio. Para el propósito de este estudio el origen es el lugar donde el vehículo se observa por vez primera y el destino es el lugar donde fue visto por última vez [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo

XII.,1994].

Este método se adapta, particularmente, a lugares en donde el tránsito es demasiado pesado para ser detenido en la entrevista de los conductores.

Por otro lado debe, tenerse mucho cuidado al elegir los puntos de observación,

Si la información que se está recopilando, es solo del tránsito de paso; entonces solo se necesitan dos estaciones, una representando el origen (para una dirección) y la otra para el destino. Si se desea el trazo de los movimientos vehiculares a través de un área, debe investigarse cualquier entrada y salida con volúmenes razonablemente altos. Ocurren errores al transcribir los números de las placas. En las estaciones de recopilación, se han empleado cámaras y grabadoras para el registro y teniendo la ventaja de permitir la grabación del mayor porcentaje de número de placas, que ningún otro sistema. Con la ayuda de estos elementos se puede lograr una gran exactitud en el trabajo [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

El resumen requiere de gran cantidad de horas-hombre. Se necesita una gran cantidad de trabajo para cotejar los números de las placas enlistadas en las hojas de campo; de cada estación de O-D, contra de las estaciones vecinas, para definir la ruta de origen y destino de cada vehículo. Otra alternativa, mucho más detallada del método de placas, consiste en registrarse el número completo de las mismas e identificar al dueño del vehículo, acudiendo a los registros oficiales y enviar por correo a cada propietario, un cuestionario con el porte de retorno pagado. Los pros y los contras de este cuestionario son los siguientes [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Ventajas:

- Esta técnica tiene las mismas ventajas que el método de la devolución voluntaria de las tarjetas postales, además de ser una variación de la misma.
- Esta técnica es más segura debido a que no hay que detener al tránsito.
- Si se usa una cámara para registrar los números de las placas, habrá un menor número de personal de campo. .

- la investigación indica que el grado de respuesta puede ser mayor comparado con la técnica de la devolución voluntaria de tarjetas postales.

Desventajas:

- No se hace contacto personal, con los que contestan.
- solo se puede hacer unas cuantas preguntas debido a la respuesta voluntaria.
- La operación nocturna es difícil
- Persiste la distorsión de las respuestas que deben ser controladas con mucho cuidado.
- Es difícil emplearse económicamente y eficientemente hablado; a menos de que todos los vehículos de motor estén registrados en una cinta de computadora para tener, rápido acceso a los domicilios y poder enviar, por correo los cuestionarios (deben enviarse dentro de las 24 horas para obtener resultados efectivos).

Método 4).- Etiqueta en el Vehículo.- Otro método del vehículo en movimiento, que no depende de la cooperación total de los conductores, es el método de la etiqueta en el vehículo, puede usarse cuando el tránsito sea demasiado pesado, para realizar las entrevistas o cuando las limitaciones de personal hacen prohibitivo el uso del método de placas. Se entrega al conductor una tarjeta codificada, o bien, se fija a su vehículo, al entrar a la ruta o zona en estudio. Se informa al conductor acerca de la naturaleza del estudio y de que la tarjeta será recogida al salir de la vía o área de estudio. Cuando el vehículo sale de la ruta o zona, se registran en la tarjeta, la hora, la estación, la dirección y cualquier otra información observada. Si el tránsito es demasiado pesado, las tarjetas pueden agruparse de acuerdo con los intervalos de tiempo, anotándose el periodo en la primera tarjeta de cada paquete. Este método produce resultados con las mismas ventajas y desventajas del método número 3; pero se requiere de alguna cooperación del conductor [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Una variación de este procedimiento es el llamado método de “luces encendidas”. En este método se usan señales para indicar a los conductores que entran a la zona de estudio. Se afora a los vehículos con luces encendidas en cada punto de salida. Se debe efectuar un

aforo de los vehículos, en el punto de entrada, para determinar el número de conductores que cumplen con la indicación de “luces encendidas”. Esta información permite ajustar los resultados incluyendo a los conductores que no colaboran.

El método puede emplearse cuando es denso ya que no se interfiere en el flujo del mismo. Obviamente el método solo puede usarse durante las horas del día. Dado que solo puede investigarse una entrada, en una hora dada, debe estudiarse otros puntos, en días similares. Debido a que se requiere la cooperación voluntaria del conductor, es especialmente, anticipar una publicidad adecuada, para que el estudio se realice con éxito [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Método 5).- Encuesta Domiciliaria.- Este es un tipo de estudio amplio, para obtener información sobre todos los viajes de los residentes de una zona, incluyendo viajes en transporte público, camiones, taxis y automóviles particulares. Generalmente es parte de un estudio integral de O-D de un área metropolitana, para realizar un estudio de este tipo, es necesario consultar el método 10.

Las tarjetas se marcan de acuerdo con la zona postal, de la dirección antes de depositar al correo, tabulando el número de tarjetas para cada clase de vehículos, que se enviaron a cada zona. Esto permite hacer estimaciones apropiadas del total de viajes, basados en el número de tarjetas devueltas, comparado con la lista del total de los vehículos de la zona.

Los propietarios de flotillas de camiones (tres o más camiones) pueden encuestarse personalmente, para asegurar mayor exactitud, de este relativamente pequeño pero importante grupo.

Algunas variaciones de este estudio es la de enviarse los cuestionarios a los motoristas con la solicitud de renovación de placas o enviarlos con los recibos de servicios (energía eléctrica, teléfono, etc.), enviando estos a los propietarios de las casas en cuestión [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Método número 6).- Cuestionarios a Empleados.- Este es un estudio de un generador del tránsito. Se pueden distribuir los cuestionarios a todos los empleados de un centro de

trabajo, como una gran planta industrial o un grupo de edificios de oficinas. Las formas, una vez llenas, se recogen el mismo día que fueron distribuidas. La información de estudios grandes, es clasificada y transferida a tarjetas perforadas para el proceso electrónico de datos. Los datos sobre el lugar de residencia de los empleados, como llegan al lugar de trabajo, la hora de entrada y salida, información sobre el estacionamiento y costo de los viajes se puede obtener para conductores de vehículos o para pasajeros de un transporte. Es importante propiciar buenas respuestas preparando un cuestionario corto.

Este método es el más adecuado, cuando están involucrados pocos empleados. Si se logra la cooperación de la administración, generalmente cada empresa distribuye y recoge los cuestionarios dentro de su propia organización. Este tipo de estudio, refleja con frecuencia información de valor directo para el empleado, lo que ayuda a garantizar su colaboración.

Es importante conservar el registro del número total de formas distribuidas en cada empresa, así con el de los empleados de las mismas de modo tal, que los datos de los viajes de cada compañía puedan ampliarse adecuadamente [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Método número 7).- Cuestionario en Terminales de Transporte Público.- Este estudio proporciona datos útiles para la planeación de carreteras, transporte público de pasajeros, estacionamientos y proyecto de terminales. El método consiste en entregar cuestionarios en tarjetas postales retornables y lápices a todas las personas que abordan o bajan de autobuses, trenes o aviones en la terminal, durante las 24 horas de un día o en las horas de máxima demanda. El cuestionario está preparado para obtener información sobre como viaja el pasajero, el origen, el destino, el propósito del viaje y la hora de arribo a la terminal.

Si el cuestionario se entrega a personas bajando de un vehículo público entonces se indica que lo depositen en el buzón. Si las tarjetas se entregan a personas abordando el vehículo, el operador recoge todas las tarjetas durante el viaje.

Suponiendo que todos los pasajeros reciben un cuestionario, los datos devueltos son extrapolados, para representar todos los viajes multiplicando el número de devoluciones por

la relación total de tarjetas distribuidas al total devuelto. Con el objeto de asegurar una mayor exactitud en esta estimación, es aconsejable calcular factores separados de extrapolación, para diferentes periodos del día, ya que el porcentaje devuelto puede variar. Las tarjetas devueltas son clasificadas y la información transferida a tarjetas perforadas para el procesamiento de los datos [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Método número 8).- Cuestionario a los Pasajeros de una Ruta de Transporte Público.- Este estudio está limitado a precisar los orígenes y destinos de pasajeros que usan una ruta específica del transporte público y se usa primordialmente para planear las mejoras de una ruta o programa los horarios de las unidades. Uno de los investigadores aborda cada autobús o carro del tren y distribuyen una tarjeta cuestionario a cada pasajero que sube al vehículo. En algunos casos las tarjetas son entregadas por el conductor del autobús. La tarjeta debe ser recogida y llenada por el personal de campo, cuando el pasajero baja del vehículo, o deberá ser devuelta por correo. Este estudio es más conveniente para líneas con poca demanda, donde todos los pasajeros van sentados y tienen la oportunidad de llenar la tarjeta cuestionario. Los datos resultantes son extrapolados, para representar el 100% de los pasajeros, con base a la relación total de usuarios, al número de tarjetas que se contestaron.

Cuando el número de pasajeros hace imposible realizar todo el estudio sobre vehículos en movimiento, puede considerarse el uso de tarjetas postales con la dirección y el porte de retorno incluidos, las cuales se entregan a los pasajeros al subir o bajar y pueden llenarse y devolverse después. Esta alternativa tiene la desventaja de cualquier estudio con tarjeta postal. Es decir que puede producirse un bajo porcentaje de retorno y debe tenerse mucho cuidado con el análisis, para tener la certeza de que la devolución no está distorsionada. Por ejemplo puede existir la tendencia al interés de devolver las tarjetas, solo de los pasajeros habituales, o de aquellos que están sujetos a aglomeraciones o incomodidades [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Método número 9).- Método de Síntesis.- Se ha iniciado un método para calcular, tanto en ciudades grandes como en pequeñas, la información de origen y destino. Este método depende de la determinación del número de viajes generado y el número de viajes atraído

de y hacia ciertos tipos de actividad del uso del suelo. Por ejemplo puede determinarse que en una ciudad dada, se generan por vivienda 21 viajes al trabajo y que 1.7 viajes de trabajo son atraídos por cada lugar de empleo. El conocimiento de la distribución de las viviendas y los empleados de una comunidad, permite el cálculo de los orígenes y destinos de los viajes por trabajo de toda el área.

Para otro tipo de viajes tales como, los de compras, recreativos, escolares, etc., pueden determinarse relaciones similares.

Estas relaciones pueden ser establecidas realizando un muestreo de encuestas domiciliarias, (ver método 5).

Después de que se calcula el total de viajes generado y atraído por cada zona, entonces se pueden distribuir por medio de una fórmula o modelo de distribución. Durante los últimos años se ha empleado el modelo gravitacional para este propósito. Los detalles y ventajas de este método son: que pueden emplearse con rapidez y a costos relativamente bajos. Es también relativamente simple, proyectar los datos para pronosticar la demanda futura de viajes; las desventajas son: uso complejo, ya que se hace necesario la utilización de computadoras electrónicas, además de que no se puede esperar que la exactitud de los datos sea tan confiable como la de los métodos convencionales [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Método número 10).- Estudio Integral de Origen y Destino.- El método proporciona generalmente un inventario completo de la información de origen y destino, recopilando para una área urbana. La información se recopila para los viajes realizados por los residentes del área metropolitana en todos los modos (automóvil, autobús, taxi, camión, etc.) Y para todos los propósitos del viaje. Aunque falten algunos viajes en el intervalo, tal como viajes de visitantes al área se registran en el estudio, el grueso de la demanda de deseos de viaje dentro de la ciudad.

Muchos de estos estudios se han realizado por los departamentos estatales, con la cooperación de la Dirección Federal de Carreteras [Manual de estudios de Ingeniería de

Tránsito Tomo XII.,1994].

6.3 Relación del tamaño de la ciudad con los métodos de estudio.

Conforme aumenta el tamaño del área urbana, se eleva la necesidad de información detallada, así como la complejidad y el costo para obtenerla. Las orientaciones siguientes relacionan los métodos de O-D con el número de habitantes de la localidad.

Área urbana de 5 000 a 75 000 habitantes.

Cuando el problema principal es el tránsito de paso, con frecuencia es satisfactorio, usar el cordón exterior y el trazo del vehículo en movimiento. Sin embargo cuando una gran proporción del tránsito tiene como destino el centro de la localidad y no existen mayores diferencias fuera de ese centro deberán usarse las entrevistas al conductor (método 1) en el cordón exterior y de nuevo en un cordón interior que rodé al centro comercial.

Área urbana de más de 75 000 habitantes.

Cuando la población del área metropolitana excede de 75 000 habitantes generalmente, se necesitarán los estudios más completos y detallados (métodos del 5 al 10).

6.4 Verificación de la precisión del estudio.

Hay varios métodos para verificar la precisión de todo o de alguna parte del estudio de O-D, algunos de ellos se citan a continuación:

- Cuando las rutas de los viajes se obtienen en las entrevistas se seleccionan dos o tres puntos de control, que pueden ser viaductos importantes, puentes u otros puntos bien conocidos en relación con el flujo del tránsito. La información obtenida en los estudios internos y externos, se amplía para representar el 100% del tránsito que pasa por tales puntos y se compara con los aforos reales.
- Se elige una barrera natural, como un río o la vía del tren como pantalla que divide el área interna en dos partes. La estimación del 100% del tránsito que cruza la línea

divisoria, derivada de los estudios interno y externo, se compara con aforos reales tomados en el campo.

- Una comparación de línea de cordón, involucra la derivación del tránsito, de una estación de la línea de cordón, de un estudio interno y compararlo con los viajes similares de residentes del área derivados del estudio externo.
- Los pasajeros del transporte público, derivado de un estudio interno pueden compararse con los pasajeros totales observados en el campo u obtenidos de los expedientes de la empresa del transporte público.
- La precisión del reporte de viaje, puede estimarse seleccionando una zona de alta densidad de empleados, para lo cual se dispone de los datos y se compara el número de personas empleadas con el número de viajes de trabajo hacia la zona determinada por el medio de la extrapolación de los datos de las entrevistas. En esta comparación, se debe incluir a los viajes de trabajo por todos los modos de transporte. Debe aceptarse una tolerancia adecuada por aquellas personas que camina o van al trabajo en bicicleta, el promedio de ausencia la probabilidad de los empleados que hacen viajes de compras o de negocios a medio día, hacia y desde el área [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Si estas comparaciones revelan discrepancias notables, entonces pueden y deben hacerse ajustes en los datos del estudio, para corregirlos.

6.5 Análisis

La gran cantidad de información recopilada en la mayoría de los estudios de O-D, requiere que estos datos sean transferidos a cintas magnéticas, discos o tarjetas perforadoras para su análisis mecanizado.

Se recomienda un número de tablas normales, para resumir los datos básicos de viaje y disponer de los números y porcentajes del total de viajes realizados en automóvil, transporte público, taxi, etc., así como los números y porcentajes de viajes hechos para diferentes propósitos. En otras tablas se puede mostrar los números de viajes entre zonas

por modo y propósito.

Los datos obtenidos en estas tablas son; usualmente graficados y dibujados en mapas para su interpretación. Un estudio y evaluación cuidadosos de estas gráficas y mapas, proporcionan una “sensación” de la imagen total del transporte urbano de un área en particular, que es invaluable en la planeación de nuevas obras.

Los estudios integrales de O-D, son generalmente, la base para la preparación de planes globales de transporte para un área. Debido a que los planes integrales son a lo largo plazo y lentos en su implantación y ya que las obras de transporte deben construirse para muchos años de uso, la información de O-D recopilada, debe proyectarse para proporcionar datos de la demanda futura de transporte [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

CAPITULO 7. TIEMPOS DE VIAJES Y DEMORAS

7.1. Propósito

A menudo, la eficiencia de sistemas de tránsito se evalúa en términos de velocidad de los vehículos. Existen dos tipos de velocidades medias para medir la tasa de movimiento del tránsito. El primer tipo, velocidades instantáneas, ya fue descrito anteriormente. La segunda expresión de velocidad media en una vía es la velocidad media de viaje, que se calcula como la distancia de viaje dividida por el tiempo promedio de viaje de varios viajes sobre la vía en estudio.

Los propósitos de los estudios de tiempos de viaje y estudios de demora son para evaluar la localización 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.

Las informaciones de demora son tomadas cuando el flujo de tránsito se encuentra parado o con retardo excesivo. La duración de la demora de tránsito es medida en unidades de

tiempo, anotando la ubicación correspondiente, la causa y la frecuencia de demoras en el viaje [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII., 1994].

7.2. Aplicaciones

Los resultados de tiempos de viaje y demora son de utilidad en la evaluación general de movimientos de tránsito dentro de un área o a lo largo de una ruta seleccionada. Datos de demora ayudan al ingeniero de tránsito a definir las localidades con problemas donde las mejoras de diseño y operacionales son esenciales para incrementar la movilidad y la seguridad. A continuación se presenta una lista de aplicaciones para la información de tiempos de viaje y demoras:

- Determinación de la eficiencia de una ruta para mover tránsito.
- Identificación de localidades congestionadas en los sistemas viales
- Definición de la congestión acorde a la localidad, tipo de demora, la duración y la frecuencia de la fricción de tránsito.
- Evaluación de las mejoras al tránsito mediante el uso de estudios de "antes y después".
- Cálculo de costos del usuario en la evaluación económica de vías y mejoras al tránsito.
- Establecimiento de las tendencias de las velocidades de viaje mediante el muestreo de rutas principales.
- Cálculo de volúmenes de servicio y capacidades para tránsito discontinuo.
- Establecimiento de velocidades o tiempos de viaje a lo largo de segmentos para la aplicación de modelos de distribución de viajes y/o asignación de viajes en planeación de transporte.

A continuación se definen algunos conceptos necesarios.

Tiempo de viaje: Tiempo que dura un vehículo para transitar por un segmento de vía.

Tiempo de recorrido: Tiempo durante el cual el vehículo está en movimiento.

Velocidad: Tasa de movimiento del vehículo en distancia por unidad de tiempo.

Velocidad de viaje: La distancia dividida por el tiempo de viaje total, incluyendo el tiempo de recorrido y los tiempos de demora.

Velocidad de recorrido: Distancia de viaje dividida por el tiempo de recorrido.

Velocidad media de viaje: La distancia dividida por el valor medio de los tiempos de viaje de diversos viajes sobre un segmento determinado de vía.

Velocidad media de recorrido: Distancia de viaje dividida por el valor medio de los tiempos de recorrido sobre un segmento determinado de vialidad.

Demora: Tiempo de viaje perdido debido a fricciones del tránsito y dispositivos para el control del tránsito.

Demoras Fijas: Componente de demoras que es causado por los dispositivos del control de tránsito, independientemente de los volúmenes de tránsito e interferencias presentes.

Demoras Operacionales: Componente de las demoras que es causado por la presencia e interferencia de otros vehículos.

Demoras de tiempo parado: Componente de la demora durante el cual el vehículo no está en movimiento.

Demoras de tiempo de viaje: Diferencia entre el tiempo de viaje total y el tiempo calculado basado en atravesar la ruta en estudio a una velocidad media correspondiente a un flujo de tránsito descongestionado sobre la ruta [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII., 1994].

7.3. Requerimientos del tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra para estudios de velocidades de viaje y demoras depende de las necesidades específicas para las cuales la información haya sido recopilada. A continuación se sugieren ciertos rangos para errores permitidos en el estimado de la velocidad media de viaje para diferentes estudios.

1. Planeación de transporte y necesidades para los estudios en carreteras - +/- 5,0 a +/- 8,0 kph.
2. Operaciones del tránsito, análisis de tendencias y evaluaciones económicas - +/- +/- 3,5 a +/- 6,5 kph.

3. Estudios de antes y después - +/- 2,0 a +/- 5,0 kph.

A pesar de que la determinación de los requerimientos para el tamaño de la muestra paratiempos de viaje y demoras es dificultosa, la información que se presenta en la tabla 13 da valores aproximados para diseñar estudios de demora y de tiempo de viaje. Usando el siguiente cuadro, se determina el tamaño aproximado del muestreo para cada dirección de viaje, después de haber determinado el error permitido de la muestra de acuerdo con el propósito del estudio.

Después que el primer grupo de velocidades de viaje ha sido observado, se obtiene un conjunto de diferencias absolutas entre el primer y el segundo valor, el segundo y el tercer valor, etc. Estas diferencias se suman y el total se divide entre el número de diferencias, de esta manera se calcula la media del rango en velocidades de viaje para los datos iniciales.

Este procedimiento es representado por la siguiente ecuación (12) :

$$R = \frac{\sum S}{N-1} \quad (12)$$

Donde,

R = rango medio en velocidades de viaje (kph)

S = sumatoria de los valores de las diferencias en velocidad

N = número de recorridos

El rango medio en velocidades de recorrido se calcula usando la ecuación anterior después que el primer conjunto de velocidades ha sido aforado utilizando la técnica del vehículo flotante. El tamaño mínimo aproximado de la muestra se obtiene usando la tabla 13 para el valor medio del rango de velocidades y el error permitido deseado. Si el tamaño de la muestra requerido es mayor que el número inicial de recorridos, entonces se deben hacer recorridos adicionales bajo condiciones similares a las iniciales [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII., 1994].

Tabla 13. Requerimientos aproximados del tamaño mínimo del muestreo para tiempos de viaje y estudios de demora.

Rango Medio velocidades Viaje (kph)	Número Mínimo del muestreo Para el Error Permitido Especificado				
	+/- 2,0 kph	+/- 3,5 kph	+/- 5,0 kph	+/- 6,5 kph	+/- 8,0 kph
5,0	4	3	2	2	2
10,0	8	4	3	3	2
15,0	14	7	5	3	3
20,0	21	9	6	5	4
25,0	28	13	8	6	5
30,0	38	16	10	7	6

7.4. Método del vehículo de prueba

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 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

7.5. Análisis de datos y sumario de estadísticas

En el análisis de tiempos de viaje, las medidas de tiempo son convertidas en velocidades medias de viaje. Se pueden desarrollar diversos tipos de sumarios de estadísticas de acuerdo a las terminologías de tiempos de viajes y demoras presentadas al inicio de este capítulo. Los sumarios usados dependen del tipo de estudio y su finalidad. Como se mencionó anteriormente, el método del vehículo prueba ofrece alta flexibilidad en la determinación de las velocidades de viaje y demoras. Se pueden desarrollar sumarios de estadísticas para varias secciones de vías entre puntos de control seleccionados y para toda la ruta en estudio. Las velocidades de viaje y de recorrido se calculan a partir de los tiempos totales de viaje y derecorrido, aplicando las ecuaciones que se presentan a continuación [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Las velocidades de viaje se calculan a partir del tiempo de recorrido mediante la fórmula siguiente:

$$S = \frac{60D}{T} \quad (13)$$

Donde,

S = velocidad de viaje (kph)

D = longitud de la ruta en estudio o sección (kilómetros)

T = tiempo de viaje (min)

La velocidad media de viaje se puede calcular usando la ecuación siguiente:

$$S = \frac{60ND}{\sum T} \quad (14)$$

Donde,

S = velocidad de viaje (kph)

D = longitud de la ruta en estudio o sección (kilómetros)

T = tiempo de recorrido (min)

N = número de viajes de prueba.

7.6. Estudios de demoras en intersecciones

Aplicación

A continuación se enumeran las aplicaciones de estudios de demoras en intersecciones:

1. Evaluación de la eficiencia de diversos tipos de control del tránsito en intersecciones.
2. Desarrollo de secuencias de tiempos de semáforos apropiadas.
3. Determinación de la necesidad de un semáforo en una intersección determinada.
4. Cálculos del costo de las demoras en la evaluación económica de mejoras a la vialidad.
5. Evaluación de la geometría de la intersección.
6. Análisis de la efectividad de mejoras al tránsito usando estudios de antes y después.
7. Investigación relacionada con el flujo del tránsito en intersecciones [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Métodos para Medir Demoras en Intersecciones

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, etc.

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 siguientes valores se calculan usando las siguientes fórmulas:

Demora total de tiempo parado (veh-seg.)

$$DTP = (VTP)X(IM) \quad (15)$$

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.)

$$DMP = \frac{DTP}{VTP} \quad (16)$$

Donde, DMP = demora media de los vehículos que se paran

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

$$DMPT = \frac{DTP}{VT} \quad (17)$$

Donde, DMPT = demora media de parada para todos los vehículos en el afluyente.

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

Porcentaje de vehículos que paran (%)

$$\%VP = \left(\frac{VTP}{VT} \right) \times 100 \quad (18)$$

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

El procedimiento anterior se ilustra con un ejemplo [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].:

Tabla 14. Ejemplo de un estudio de demoras en intersecciones.

ESTUDIO DE DEMORAS EN INTERSECCIONES						
Intersección: Calle 20 con 69		Afluyente: Norte		Giros: todos		No. de
carriles: 2		Longitud de Ciclo: 60 seg.		Clima: soleado		
Tiempo de fase verde: 30 seg.						
TIEMPO en minutos	NÚMERO TOTAL DE VEHÍCULOS PARADOS EN EL AFLUENTE EN EL INSTANTE DE OBSERVACIÓN				VOLUMEN TOTAL DEL AFLUENTE	
	+ 0	+ 15	+ 30	+ 45	No. que paran	No. que no paran
8:00 AM	0	0	2	6	8	10
01:10	2	0	4	4	10	9
02:20	3	3	6	0	12	15
03:30	1	4	0	5	10	8
04:40	0	5	0	1	5	11
05:50	9	1	2	6	15	12

06:00	3	0	7	0	10	7
07:10	1	2	6	2	9	8
08:20	5	7	5	0	16	13
09:30	4	3	6	9	18	26
SUBTOTAL	28	25	38	33	113	119
TOTAL	124				232	

Demora Total de Tiempo parado, $DTP = 124 \times 15 = 1860$ veh-seg

Demora media de vehículos que se paran, $DMP = 1860/113 = 16.5$ seg.

Demora media de parada para todos los vehículos en el afluente,

$DMPT = 1860/232 = 8.0$ seg

Porcentaje de vehículos que se paran durante el muestreo, % VP = $(113/232) \times 100 = 49$ %

CAPITULO 8. ESTUDIO DE ESTACIONAMIENTOS

8.1. Inventarios de Estacionamientos

El estacionamiento es uno de los elementos esenciales del transporte urbano. Hay dos tipos generales de estacionamiento; éstos son:

1. Estacionamiento ofrecido por propietarios en viviendas, negocios, oficinas, etc. Dentro de esta categoría se incluye el estacionamiento sobre la vía pública que no es controlado por parquímetros o algún otro tipo de control.
2. Estacionamiento comercial, que incluye lotes privados o estacionamientos donde se paga por uso. También incluye estacionamiento de pago sobre la vía y estacionamientos públicos privados.

Los estudios de estacionamientos tienen dos objetivos fundamentales:

- Establecer requerimientos de estacionamiento (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, etc. [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII., 1994].

8.1.1. Descripción y Uso

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:

1. Capacidad (número de espacios)
2. Límite de tiempo y horas de operación
3. Propiedad (público, privado, solo para empleados o clientes de algún negocio determinado)
4. Tasas (si existen) y sistema de cobranza.
5. Tipo de regulación de los espacios sobre la vía pública (zona de carga y descarga, zona

depasajeros, zona de taxis, o autobuses)

6. Tipo de estacionamiento (elevado o terreno destinado a estacionamiento) [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

8.1.2. Ubicación de Estudios

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, etc.) 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 [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Método

A continuación se hacen sugerencias sobre la metodología a seguir.

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.

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, etc. 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.

Los resúmenes de los estacionamientos cuadra por cuadra son tabulados en cédulas de inventario como la que se presenta en la cédula 5.1. 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 [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII., 1994].

8.1.3. Estudios del Uso de Estacionamiento

Hay dos tipos generales de estudios de uso de estacionamientos:

- Estudios de acumulación o generación
- Chequeo de placas.

Estos estudios son hechos en el campo. Los estudios de acumulación o chequeo de la ocupación de estacionamiento, rotación y duración son muy útiles para determinar qué tipo de mejoras pueden ser usadas para aumentar la capacidad de estacionamiento. Los análisis de duración dan información acerca del uso ineficiente de estacionamiento sobre la vía. Se puede obtener una medida de eficiencia relativa si se comparan las tasas de rotación con otras conocidas. Las prácticas de estacionamiento que causan el uso ineficiente de

FECHA _____

AFORADA POR _____

Los chequeos de ocupación son útiles para determinar la necesidad de mejorar la carga y descarga de mercancía. Estacionamiento doble de vehículos de carga puede indicar la necesidad de vigilancia de manera que los vehículos de carga obedezcan las reglamentaciones de carga y descarga o que los vehículos privados respeten la prohibición de estacionarse en áreas destinadas a ello. Este tipo de chequeos es también útil para evaluar el impacto de cambios del control de estacionamientos en la vía pública, como por ejemplo la prohibición de estacionamiento para aumentar la capacidad vial o reducir accidentes.

En estudios de acumulación y generación de estacionamiento, el ingeniero de tránsito se interesa fundamentalmente en la relación entre la oferta existente y la demanda pico. Por ejemplo, son de particular interés los aforos durante las horas de mayor demanda a lo largo de corredores donde se intenta restringir el estacionamiento sobre la vía durante las horas de mayor demanda de tránsito.

Estos estudios son hechos en el campo. Los estudios de acumulación o chequeo de la ocupación de estacionamiento, rotación y duración son muy útiles para determinar qué tipo de mejoras pueden ser usadas para aumentar la capacidad de estacionamiento.

La ecuación para rotación, para un periodo dado es:

$$T = \frac{\# \text{ de vehiculos diversos estacionados}}{\# \text{ de espacios de estacionamiento}} \quad (19)$$

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

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 cuadradas 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.

Una cédula típica usada en este tipo de estudios se presenta en la tabla 16. 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 tabla 17 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.

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 de 30 minutos, quiere decir que cada vehículo estuvo estacionado 1.5 horas, entonces el número de horas-vehículo es de 15 durante 1 hora y media de estudio.

$$HRAS - VEH. = \sum T_i \quad (20)$$

Donde, T_i = tiempo que dura el vehículo y estacionado.

La duración media de estacionamiento se calcula dividiendo el total de vehículos-hora entre el número total de vehículos diferentes observados ($15/10 = 1.5$ horas). Nótese que esta media es levemente más alta que la media verdadera, ya que todos los vehículos estacionados no son observados, dependiendo del intervalo de recorridos.

5-10	0.5	0.5	2.8	0.5	0.7	1.0
10-25	0.6	0.6	3.1	0.6	0.9	1.1
25-50	0.6	0.7	3.4	0.6	1.0	1.3
50-100	0.7	0.7	3.8	0.6	1.1	1.4
100-250	1.0	0.9	3.8	0.5	1.3	1.6
250-500	1.3	1.1	4.8	0.7	1.4	1.9
500-1000	1.3	1.3	4.8	1.0	1.4	2.2
más de 1000	1.8	1.5	5.6	1.0	1.9	3.0

Tabla 20. Rotación de Estacionamientos sobre la Vía.

Población del Área Urbana	Rotación Promedio de Estacionamiento sobre la Vía
10000-25000	6.7
25000-50000	6.4
50000-100000	6.1
100000-250000	5.7
250000-500000	5.2
500000-1000000	4.5
más de 1000000	3.8

Nótese que los valores ilustrados en los cuadros anteriores están basados en estudios realizados en los Estados Unidos. Valores para México pueden diferir, sin embargo, debido a la carencia de estudios en el país, estos valores pueden ser utilizados como una guía de comparación de los estudios de campo [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII., 1994].

8.1.4. Encuestas de Origen y Destino en Estacionamientos

Uso y Descripción

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.

Encuestas Personales

Los sitios donde se pueden hacer este tipo de entrevistas es variado. Se pueden llevar a cabo en estacionamientos sobre la vía, en estacionamientos públicos y privados o a la salida de edificios de viviendas tales como centros comerciales, edificios de oficinas, hospitales, etc.

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). En la tabla 24 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 preguntarle 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.

Los vehículos que ya están estacionados cuando en el momento que el entrevistador llega, se notan 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.

En la tabla 21 que se presenta a continuación, se indican las distancias promedio de viaje a pie para choferes que se estacionan, de acuerdo con el propósito del viaje. La tabla 22 indica las distancias que son consideradas aceptables. Ambos cuadros sirven de comparación con los resultados obtenidos por las encuestas de origen y destino. Sin embargo, deben ser usadas solo como guía, ya que los comentarios hechos a los cuadros anteriores también se aplican para estos.

Tabla 21. Distancia Promedio a Pie para Propósitos de Viaje en metros.

Población	Trabajo	Compras	Ventas y Servicios
25000-50000	130	90	70
100000-250000	170	170	70
500000-1000000	220	200	130

Tabla 22. Criterios Sugeridos para Distancias Aceptables a Pie en metros.

Población	Distancia a pie
bajo 25000	100
25000-50000	110
50000-100000	150
100000-250000	170
250000-500000	230
más de 500000	250

8.1.5. Guía para Estimar la Demanda por Espacios de Estacionamientos en el Centro

A continuación se presenta en la tabla 23 que relaciona el tipo de establecimiento en el centro de la ciudad, con el número de estacionamientos que son necesarios.

Tabla 23. Número de Cajones por Tipo de Uso de Suelo.

Tipo de Establecimiento	Cajones por cada 100 metros cuadrados	
	Promedio	Rango
Bancos	5.4	1.8-10.8
Bibliotecas	4.1	3.9-4.3
Edificios de Servicios Médicos	3.8	1.1-8.6
Supermercados	3.7	1.4-7.5
Oficinas Municipales	3.6	1.2-6.0
Correos	3.4	2.0-4.9
Oficinas de Utilidades (Agua, Luz)	2.9	0.4-10.7
Farmacias	2.8	1.4-5.1
Tiendas por Departamentos	2.5	1.1-6.3
Tiendas de Ropa	2.1	0.9-3.3
Restaurantes	1.5	0.4-2.9
Oficinas	1.1	0.6-1.9
Tiendas de Variedades	0.6	0.4-1.0
Hoteles		

Como se mencionó anteriormente, las tasas aquí indicadas están basadas en estudios realizados en Estados Unidos, donde el uso del transporte público es proporcionalmente mucho menor que en México. Por lo tanto, es posible que las tasas para México sean menores. Sin embargo, hasta no tener una base de datos nacional, las tasas anteriores pueden ser usadas como una guía [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

8.1.6 Determinación del Factor de Espacios de Estacionamiento para la Zona Centro

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 60.
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 [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

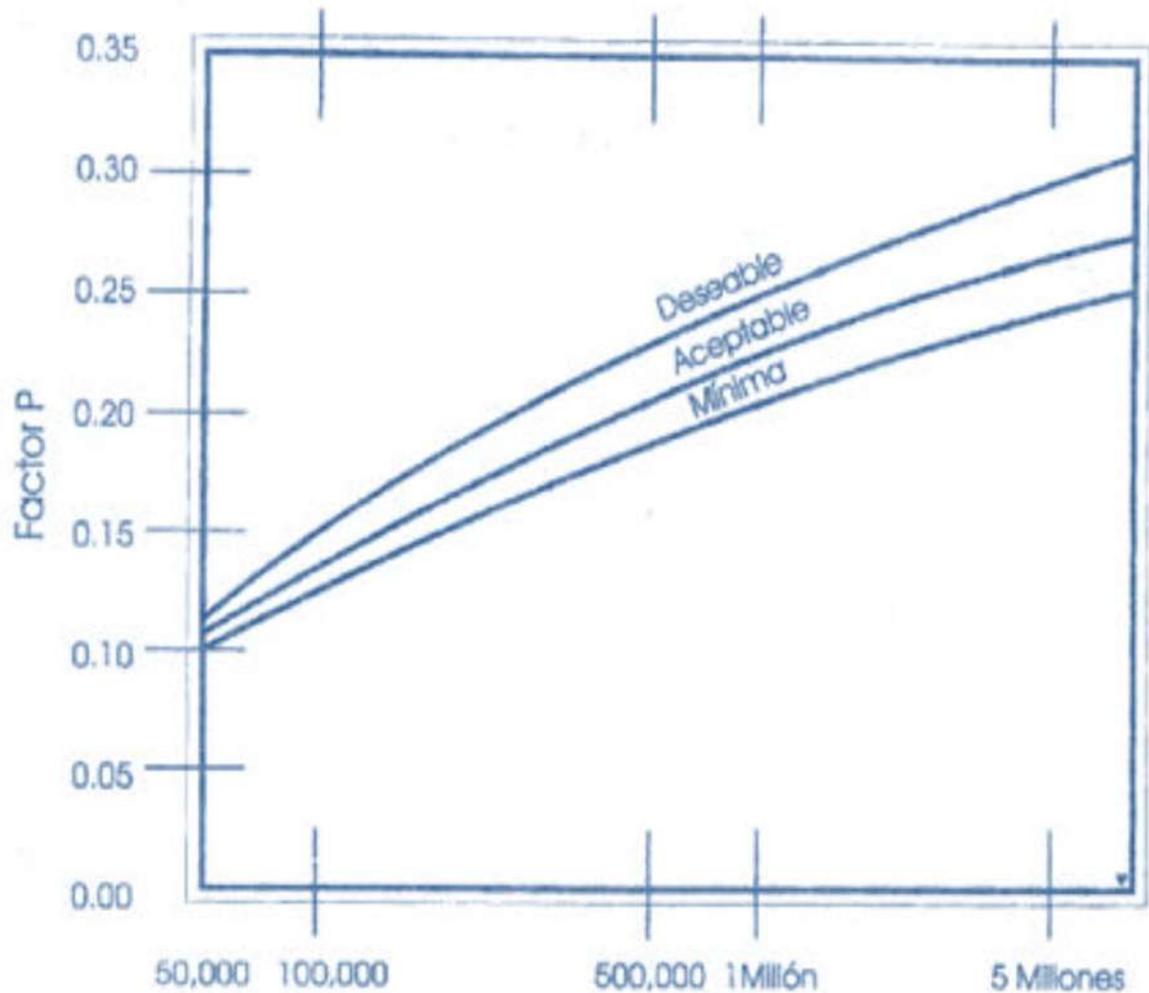


Figura 60. Factor de Demanda para Espacios de Estacionamientos.

La tabla 24 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.

Tabla 24. Tarjeta de entrevista de estacionamientos.

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

La encuesta anterior tiene el problema de la respuesta, que muchas veces no es muy efectiva. La tabla 25 que se presenta a continuación es para efectuar la entrevista personalmente a la hora de llegada o salida del cajón de estacionamiento. Las preguntas exactas varían de acuerdo a la ocasión. La selección de los entrevistadores es esencial [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Tabla 25. Entrevistas de Estacionamientos.

tercios de la capacidad de aquellas calles donde se prohíbe el estacionamiento. El efecto de estacionamiento sobre la vía varía con el número de carriles y con la condición de sitios en el medio de la cuadra o en la intersección.

Las maniobras de estacionamiento bloquean carriles de circulación, además de utilizar un carril de la calzada. Calles locales con calzadas menores de 5 metros requieren de prohibición de estacionamientos todo el tiempo.

Por lo general, se debe dejar un mínimo de 3.50 metros para la circulación de tránsito en un solo sentido y 7 metros para ambos sentidos. La tabla 26 presenta una serie de requerimientos para prohibir el estacionamiento sobre la vía [Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.,1994].

Tabla 26. Criterios para la Prohibición de Estacionamientos en Calles Principales.

Tipo de Prohibición	Número Máximo de Vehículos por Hora por Carril Cuando el Estacionamiento es Permitido (una dirección de flujo)	
	1 carril	2 o más carriles
Prohibición en toda la cuadra	400	600
Prohibición en la intersección hasta 50 metros a ambos lados de la intersección (llegada y salida)	300	500

CAPITULO 9. RESUMEN DE TRANSPORTE PÚBLICO

El uso del transporte público, junto con la estructura vial y el estacionamiento, son parte del sistema de movilidad urbana, un proyecto de mejoras al tránsito debe tomar en cuenta todos los elementos del transporte. Para tratar los problemas de movilidad urbana, es necesario establecer un equilibrio adecuado entre las mejoras a las calles, a los estacionamientos y a los sistemas de transporte público [Box y Oppenlander, 1985].

El estudio del uso del transporte público se realiza para obtener la información real sobre las características y el número de pasajeros que suben y bajan en horas y lugares determinados a lo largo de una ruta de transporte público. Aun cuando este estudio está referido al transporte superficial como son los autobuses sobre una calzada, es factible aplicarlos a otros modos de transporte como son taxis y ferrocarriles [Box y Oppenlander, 1985].

La información del uso del transporte público es necesaria en la evaluación de la operación del servicio del transporte público de pasajeros. La programación de salidas, así como la ubicación de las paradas, se basan fundamentalmente en la demanda de los pasajeros. Una adecuada operación del transporte, consiste en dar a los usuarios un servicio que cumpla razonablemente con sus requerimientos de tiempo y distancia, sobre todo para aquellos pasajeros que de una manera u otra dependen del transporte público para sus actividades [Box y Oppenlander, 1985].

9.1. Aplicaciones

Los datos que se obtienen del estudio de uso de transporte público de pasajeros son empleados en la planeación, diseño, y operación de sistemas de transporte masivo; así como; en la planeación o implantación de diversas mejoras a la red vial y al estacionamiento. Se garantiza una mayor coordinación, entre los tres aspectos básicos de la movilidad urbana y la relación, entre el transporte público, la red vial y el estacionamiento, se definen mejor con la información de las características del uso del transporte público de

pasajeros. Aun cuando este estudio de tránsito está orientado al servicio de transporte superficial de pasajeros; tal como autobuses sobre calzadas, existentes, es factible aplicarla a otros modos de transporte público, como autobuses foráneos en sus recorridos por calles dentro de la ciudad al levantar pasajeros, servicio de taxis, servicio colectivo y el de autobuses urbanos [Box y Oppenlander, 1985].

Las aplicaciones específicas son:[Box y Oppenlander, 1985].

- Determinación de requerimientos para horarios del servicio en tiempo y distancia.
- Evaluación de factibilidad de rutas existentes y propuestas.
- Determinación del tamaño (capacidad) y tipo de vehículos para cada ruta.
- Análisis de paradas, para establecer si se eliminan o reubican con el objeto de servir mejor a los usuarios y facilitar el tránsito en la calle.
- Establecer corridas especiales durante los periodos de mayor generación de tránsito, en escuelas, zonas comerciales, centros comerciales, áreas industriales, aeropuertos, etc.

9.2. Estudio de Rutas

Todas las rutas del transporte público son útiles para hacer una evaluación de acuerdo con los usuarios. Cada ruta debe ser estudiada periódicamente, con el fin de obtener patrones diarios, semanales, mensuales y anuales para la evaluación operacional y el análisis de las tendencias [Box y Oppenlander, 1985].

9.2.1. Tiempos de Estudio

Los estudios se realizan en una ruta de transporte público para determinar los patrones de ocurrencia de los autobuses así como las características del ascenso y descenso de pasajeros, para recorridos durante las horas dentro y fuera de la máxima demanda. Estas condiciones se identifican comúnmente con los periodos siguientes; aun cuando estas horas

pueden variar para ajustarse a situaciones particulares que ocurran en una determinada localidad, tales como; los cambios de turno en los centros de trabajo: [Box y Oppenlander, 1985].

0500 a 0700

0700 a 0900

1300 a 1500

1800 a 2000

9.2.2. Personal y Equipo

El aforo de pasajeros que viajan y el número de los que suben y bajan de un vehículo de transporte público, se realizan en forma manual.

El operador del vehículo, puede recabar información empleando un contador o aforador especial de mano o una hoja de conteo. Alternativamente se puede asignar uno o dos observadores en un autobús determinado, para que obtenga los datos deseados [Box y Oppenlander, 1985].

9.2.3. Tamaño Necesario de la Muestra.

Todos los ocupantes del autobús, así como los que suben y bajan deben ser contados dentro del tiempo de ocurrencia definiéndose este como el periodo en que el autobús se detiene en una parada, para subir y/o bajar pasajeros [Box y Oppenlander, 1985].

9.2.4. Procedimiento

Un investigador aborda el autobús que se le ha asignado en la terminal de la ruta y selecciona un asiento desde el cual pueda ver con facilidad, cuantos pasajeros suben y bajan del vehículo. Si el tamaño del autobús o el volumen de pasajeros requiere dos observadores,

Figura 61. Ejemplo de una hoja de campo para el recorrido de un autobús de transporte público

En cada parada el investigador registra la información siguiente: hasta que el recorrido del autobús termine o se complete el tiempo establecido para el estudio de varios recorridos sobre la misma ruta.

- 1.- Hora de llegada a la parada del autobús
- 2.- Hora de salida de la parada del autobús
- 3.- Localización de la parada del autobús
- 4.- Número de pasajeros que suben
- 5.- Número de pasajeros que bajan
- 6.- Cualquier observación adicional

Las horas de llegada y salida pueden medirse con aproximación al minuto, mediante un reloj ordinario. La columna de ocupantes se llenará al terminar el recorrido con la suma de los pasajeros que suben y restando el número de los que bajan, del número de pasajeros que salieron en el autobús de la parada anterior. La columna ocupantes (total) representan el número de pasajeros que hay en un autobús cuando este sale de una parada. Debe emplearse una hoja de campo diferente para cada recorrido de un autobús [Box y Oppenlander, 1985].

Los estudios de recorrido se programan para obtener los datos que se requieren en el desarrollo de patrones diarios, semanales, mensuales y anuales, todas las rutas de transporte deben ser investigadas para estudiar el total de los usuarios del transporte masivo para una comunidad [Box y Oppenlander, 1985].

9.2.5. Análisis de datos

Del Resumen de datos, se obtiene varias medidas y descripciones graficas del uso del transporte público. Un diagrama del número de pasajeros transportados se muestra en la figura 62 que indica el número de pasajeros para un recorrido en cualquier punto de la ruta. Este diagrama se preparó tomando como ordenadas al número de pasajeros, (escala vertical), con las distancia del tramo de la ruta como abscisa en la escala horizontal. Para ilustrar el movimiento de pasajeros en cada parada, se graficó el número de ascensos y descensos para cada recorrido del autobús. En esta grafica se definen las paradas principales por los grandes volúmenes de pasajeros que suben y bajan, según la tabla en resumen [Box y Oppenlander, 1985].

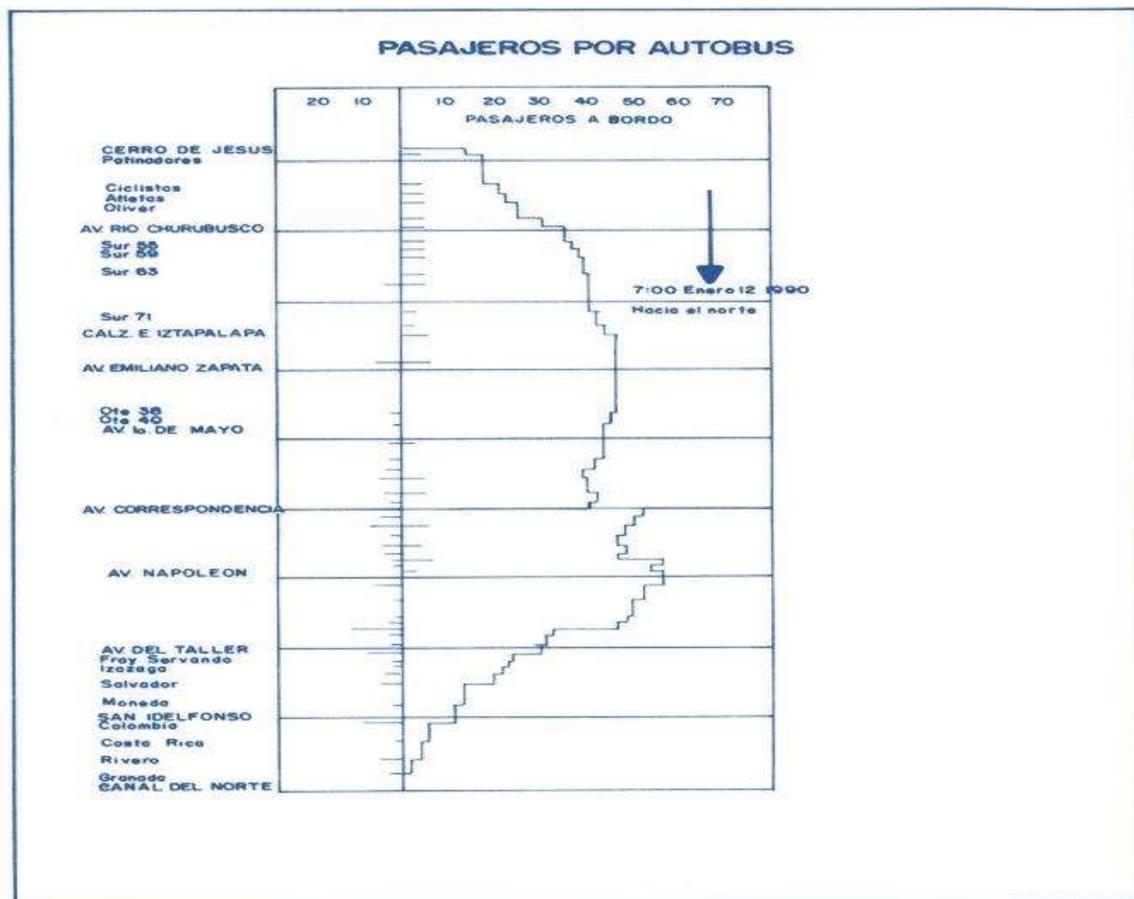


Figura 62. Gráfica de pasajeros que sube y baja durante el recorrido de un autobús.

9.2.6. Resumen de Datos

Se puede también obtener el dato de pasajeros – milla o pasajeros – kilómetro transportado con la suma de los productos de los pasajeros de un autobús para cada sección y la longitud de esa sección. Esta información y otros resúmenes para estudios de viajes de transporte público, pueden ser usados para calcular los siguientes promedios por ruta- milla o kilómetro [Box y Oppenlander, 1985].

- Pasajeros transportados
- Número de ascensos
- Número de descensos
- Número de ascensos y descensos

9.2.7. Uso de los Datos Obtenidos

Si se cuenta con los datos de tarifa, entonces se puede calcular el resumen de ingresos por pasajero – milla o kilometro o ingreso por autobús en servicio [Box y Oppenlander, 1985].

CONCLUSIONES

La importancia de conocer los elementos que integran el tránsito permite visualizar los problemas viales en nuestra sociedad, es por eso que conocer el significado de los señalamientos de tránsito, permite al usuario de las vialidades hacerlo de una forma ordenada, como es el caso de los semáforos en las intersecciones, además, de ayudar a bajar los índices de estrés que se pueden presentar en los conductores, mejorando el tiempo y las pérdidas de dinero al no llegar a sus destinos.

Además respetar las señales de tránsito es parte de una educación vial que se debe generalizar en toda la sociedad y con esto una cultura en la cual todos estén en la misma sintonía .

En el caso de los señalamientos horizontales dan seguridad al conductor, cuando se tienen las rayas marcadas, además, de las buenas condiciones de pavimento para se pueda transitar de una manera rápida, segura y eficiente.

Por todo lo anterior y tendiente a una sociedad que evoluciona constantemente es importante que se este actualizando los reglamentos de tránsito, cuidando además los aspectos relacionados con las emisiones contaminantes hacia el medio ambiente.

El ingeniero Civil debe tomar conciencia de ésta problemática, contribuyendo a los correctos análisis del tránsito y a dar la solución más adecuada. En la actualidad en la mayoría de los estados se toman modelos de vialidades como “modelos tipo”, cuando las condiciones no son generales para cada sitio, ya que cada uno de ellos cuenta con condiciones muy particulares como lo son tipo de vehículos, tasa vehicular, anchos de calzadas, entre otros aspectos que hacen simplemente imposible generalizar los modelos de diseño de vialidades.

El correcto procedimiento para obtener datos estadísticos en los análisis del tránsito, tiene una importancia trascendental, ya que con estos datos podemos llegar a predecir el tránsito futuro que se estima a medianos plazos, en el diseño de una vialidad, particularmente de la estructuración de un pavimento (flexible o rígido), se necesitan datos del tránsito vehicular. Todas las metodologías de diseño consideran aspectos como el TDPA, el factor de carril, el factor de sentido, la tasa de crecimiento vehicular, el no. de tránsito esperado, el peso de los

vehículos que transitaran por esa vialidad y velocidades de proyecto.

Además del diseño y análisis de los elementos que integran el tránsito, debemos participar en la labor de conciencia social acerca de este tema y transmitir este conocimiento, para así disminuir el índice de accidentes viales ya que en parte es culpa de los usuarios, sin omitir nuestra responsabilidad en los malos trazos de diseño, los exagerados grados de curvatura, la poca distancia de visibilidad que se tiene, la insuficiente implementación de señalamientos, los inadecuados métodos de aforo entre otros aspectos que nos responsabilizan por el alto índice de mortandad en accidentes viales.

Así pues, los elementos mencionados en este trabajo son elementos de interés para la Ingeniería de tránsito y surgen como una necesidad de la problemática existente en vialidades que no son operables, además de tener la responsabilidad de promoción y divulgación acerca de ellos, que servirán para formarnos de manera integral y así mejorar la calidad de vida de nuestra sociedad.

Los señalamientos de tránsito disminuyen notablemente la cantidad de accidentes y daños a las cosas pero principalmente a las personas y otorga una mayor fluidez en la dinámica del tránsito vehicular permitiendo reducir tiempos y movimientos horas-hombre las cuales pueden ser empleadas en otras actividades, aumentar la producción, estar mas tiempo con la familia y mientras por una parte las autoridades tengan un mejor señalamiento, se tenga un adecuado mantenimiento del mismo y por otra parte los usuarios respeten todo tipo de disposiciones, se podrá colaborar con el mejor país que todos necesitamos.

BIBLIOGRAFÍA

- Cal y Mayor R., Cárdenas J., 2007. Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones. Octava edición, Alfaomega Grupo Editor, México, D. F.
- México, Secretaría de Desarrollo Social, 1994. Programa de asistencia técnica en transporte urbano para las ciudades medias mexicanas: Manual de estudios de Ingeniería de Tránsito Tomo XII.
- Box, P.C. y Oppenlander, J. C. Manual de estudios de ingeniería de tránsito. 4.^a Ed. México:Representaciones y servicios de ingeniería. 238 p, 1985.
- Quintero González J. R., 2011. Road Inventories and the Road Net Categorization in the Traffic and Transport Engineering Studies. Revista Facultad de Ingeniería, UPTC, vol. 20, No. 30,pp 65-77.
- Etcharren Gutierrez, Rene, 1969. Manual de caminos vecinales. Miembro de la Cámara de la Industria Editorial núm. 663, México.
- Mier Suarez, J. A., 1980. Ingeniería de caminos en México: planeación, proyecto, construcción y conservación –tomo 1-.
- Garber N. J., Hoel L. A., 2005. Ingeniería de tránsito y carreteras, tercera edición THOMSON, ISBN 970-689-364-8.
- Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 1991. Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras. Primera edición, Cuarta reimpresión, México.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Norma oficial Mexicana NOM-034-SCT2-2011, Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas. México 2012.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Subsecretaria de infraestructura. Normativa para la infraestructura del transporte: Norma N-PRY-CAR-10-01-003/99, capitulo 003 Diseño de Señales Preventivas. Dirección General de Servicios Técnicos, México, 1999.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Subsecretaria de infraestructura. Normativa para la infraestructura del transporte: Norma N-PRY-CAR-10-01-004/99, capitulo 004 Diseño de Señales Restrictivas. Dirección General de

- Servicios Técnicos, México, 1999.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Subsecretaria de infraestructura. Normativa para la infraestructura del transporte: Norma N-PRY-CAR-10-01-005/99, capitulo 005 Diseño de Señales Informativas. Dirección General de Servicios Técnicos, México, 1999.
 - Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Subsecretaria de infraestructura. Normativa para la infraestructura del transporte: Norma N-PRY-CAR-10-01-006/99, capitulo 006 Diseño de Señales turísticas y de servicios. Dirección General de Servicios Técnicos, México, 1999.
 - Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Subsecretaria de infraestructura. Normativa para la infraestructura del transporte: Norma N-PRY-CAR-10-01-002/99, capitulo 002 Diseño de Señalamiento Horizontal. Dirección General de Servicios Técnicos, México, 1999.
 - Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Subsecretaria de infraestructura. Normativa para la infraestructura del transporte: Norma Norma N-PRY-CAR-10-01-008/13, capitulo 008 Diseño de Estructuras de Soporte para Señales Verticales. Dirección General de Servicios Técnicos, México, 2013.
 - Tapia Arandia J. G. ,Veizaga Balta R. D., 2006. Apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de ingeniería de tráfico.Universidad Mayor De San Simón Facultad De Ciencias Y Tecnología Carrera De Ingeniería Civil Cochabamba-Bolivia.
 - Secretaria de Comunicaciones y Transportes, Subsecretaría de Infraestructura, 1986. Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras. Quinta edición, Dirección General de Servicios Técnicos, México.
 - Secretaria de Comunicaciones y Transportes, 1992.Manual de señalamiento turístico y de servicios. Primera edición Dirección General de Proyectos, Servicios Técnicos y Concesiones México.
 - Merritt Frederick S., Loftin M. Kent, T. Ricketts Jonathan, 2008. Manual del Ingeniero Civil Tomo II, cuarta edición, editorial McGrawHill, ISBN 0-07-041597-08.

- Mayoral Grajeda Emilio, Cuevas Colunga Cecilia, 2014. “El peatón y la siniestrabilidad vial”. El operador de caminos frente a los retos mundiales, AMIVTAC, Organo Oficial de la Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres A. C. Número 28 Marzo- Abril.
- <http://haraldviking.blogspot.mx/2012/11/transporte-carreteras-mayas.html>. Consultada el 3 de Enero de 2015.
- <http://www.zonu.com/America-del-Norte/Mexico/Carreteras.html> . Consultada el 4 de Enero de 2015.
- http://www.academia.edu/6035172/SENSORES_Y_SOFTWARE_PARA_SEM%C3%81FOROS_INTELIGENTES_EN_5_INTERSECCIONES_DE_LA_AVENIDA_LUIS_GONZALES. Consultada el 28 de Enero de 2015.
- <http://www.logismarket.cl/mtp/3903937164-4293488062-c.html>. Consultada el 28 de Enero de 2015.
- <http://www.sunagaimpulse.com/Syozai/Lasersite/SpeedAce.html>. Consultada el 28 de Enero de 2015.
- <http://ntl.bts.gov/lib/10000/10000/10041/EIS1.pdf>. Consultada el 28 de Enero de 2015.