

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



PROPUESTA METODOLOGICA PARA DETERMINAR LOS
LIMITES DE VELOCIDAD EN VIALIDADES URBANAS.

POR

CARLOS ALEJANDRO SILVA CARRIZALES

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRIA EN INGENIERIA
DE TRANSITO

MAYO DE 2005

CASC

PROPUESTA METODOLOGICA PARA DETERMINAR LOS
LIMITES DE VELOCIDAD EN VIALIDADES URBANAS.

T

TE228

S5

2005

c.1

2005

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



T
TE2285
S5
2005
C.P.

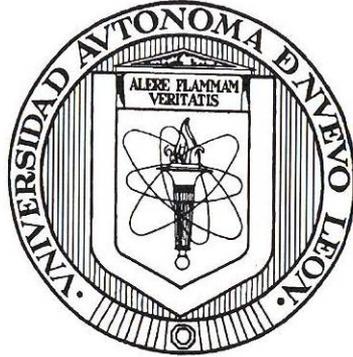
PROPUESTA METODOLOGICA PARA DETERMINAR LOS
LIMITES DE VELOCIDAD EN VIALIDADES URBANAS.

POR
CARLOS ALEJANDRO SILVA CARRIZALES

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER
EL GRADO DE MAESTRIA EN INGENIERIA
DE TRANSITO

MAYO DE 2005

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA DETERMINAR LOS LÍMITES DE
VELOCIDAD EN VIALIDADES URBANAS.**

Por

CARLOS ALEJANDRO SILVA CARRIZALES

**Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE TRÁNSITO**

Mayo de 2005

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

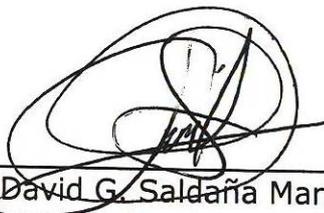
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**"PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS
LÍMITES DE VELOCIDAD EN VIALIDADES URBANAS"**

Aprobación de tesis:



M.C. Rafael Gallegos López
Director de tesis



M.C. David G. Saldaña Martínez
Evaluador de tesis



M.C. Luis F. Chapa González
Evaluador de tesis



M.I. Justino César González Alvarez
Subdirector de Estudios de Posgrado



Ing. Justino C. González Alvarez
Subdirector de estudios de posgrado
Presente.-

Con relación a la tesis "Propuesta metodologica para determinar los limites de velocidad en vialidades" del Ing. Carlos Alejandro Silva Carrizales, le informo que he realizado la evaluación respectiva, encontrándola en lo general correcta.

Las observaciones y/o sugerencias específicas en torno de las cuales sostuve reunión con el tesista el día 22 del actual, han sido debidamente atendidas.

Sin otro asunto de momento y agradeciendo la oportunidad de esta participación, me es grato quedar de Usted al pendiente de cualquier aclaración.

ATENTAMENTE
ALERE FLAMMAM VERITATIS
Cd. Universitaria, a 26 de Mayo de 2005


Ing. Luis Fco. Chapa González, MC

ccp archivo.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL



Ing. Justino C. González Alvarez
Subdirector de estudios de posgrado
Presente.-

Con relación a la tesis "Propuesta metodologica para determinar los limites de velocidad en vialidades" del Ing. Carlos Alejandro Silva Carrizales, le informo que he realizado la evaluación respectiva, encontrándola en lo general correcta.

Las observaciones y/o sugerencias específicas en torno de las cuales sostuve reunión con el tesista el día 22 del actual, han sido debidamente atendidas.

Sin otro asunto de momento y agradeciendo la oportunidad de esta participación, me es grato quedar de Usted al pendiente de cualquier aclaración.

ATENTAMENTE
ALERE FLAMMAM VERITATIS
Cd. Universitaria, a 26 de Mayo de 2005


Ing. Luis Fco. Chapa González, MC

ccp archivo.

M. en I. Justino César González Álvarez
Subdirector de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería Civil, U.A.N.L.

Presente.

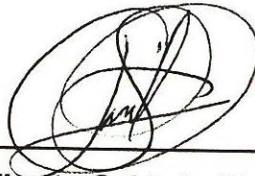
Por medio de la presente le comunico que he revisado y evaluado la tesis elaborada por el **Ing. Carlos Alejandro Silva Carrizales**, la cual lleva por título: **PROPUESTA METODOLOGICA PARA DETERMINAR LOS LIMITES DE VELOCIDAD EN VIALIDADES URBANAS.**

Estoy de acuerdo en que ha hecho una buena investigación; ha atendido a las recomendaciones sugeridas por un servidor y ha realizado las correcciones necesarias tanto en el ámbito técnico como en cuanto a la presentación de su trabajo, por lo cual considero solicitar que se le autorice continuar con los tramites correspondientes para la obtención de su título y grado de Maestro en Ciencias con Especialidad en Ingeniería de Tránsito.

Sin otro particular por el momento, le agradezco el haberme designado como Evaluador en esta tesis.

Atentamente

“ALERE FLAMMAM VERITATIS”
Cd. Universitaria, a 20 de Mayo de 2005



Ing. David Gilberto Saldaña Martínez M. en C.
Evaluador



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 Subdirección de Estudios de Posgrado



COMPROBANTE DE CORRECCION

Tesista: CARLOS ALEJANDRO SILVA CARRIZALES

Tema de la tesis: PROPUESTA METODOLÓGICA PARA DETERMINAR LOS LÍMITES DE VELOCIDAD EN VIALIDADES URBANAS.

Este documento certifica la corrección DEFINITIVA del trabajo de tesis arriba identificado, en los aspectos: ortográficos, metológico y estilístico.

Recomendaciones adicionales:

(NINGUNA ADICIONAL)

Nombre y firma de quien corrigió: *Ramón Longoria*
 ARQ. RAMON LONGORIA RAMIREZ

Jusitno César González
 ING. JUSITNO CÉSAR GONZÁLEZ ALVAREZ M.en I.

Ciudad Universitaria, a 6 de abril del 2005.

RESUMEN

Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Ingeniería Civil

Título del estudio: Propuesta metodológica para determinar los límites de velocidad en vialidades urbanas.

Número de páginas: 217

Candidato para el grado de maestría en Ingeniería de Tránsito

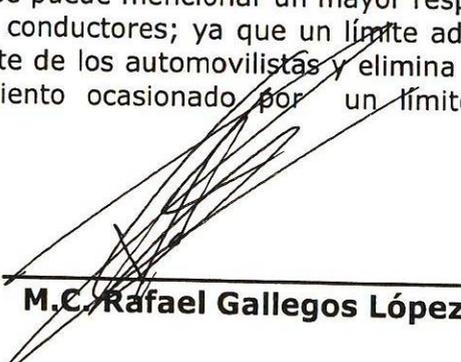
Área de estudio: señalamiento vial

Fecha: Mayo de 2005

Descripción del estudio y campo de aplicación: el presente trabajo es una propuesta metodológica que permite a las autoridades municipales, encargadas de establecer los límites máximos de velocidad, seleccionar el más conveniente en función de las condiciones particulares de la vialidad; en un estudio sencillo. Para lograr tal fin, se toman en cuenta diversos factores técnicos, tales como: la velocidad media practicada y la velocidad del 85 percentil, los volúmenes peatonales y vehiculares, las condiciones de la infraestructura peatonal, la densidad de accesos por kilómetro, la distancia libre lateral y la clasificación funcional; integrándolos en un esquema de árbol de decisión, para facilitar el uso y la interpretación de los resultados. Este método es aplicable a las vialidades urbanas de 2, 3, 4 y 6 carriles.

Objetivos del estudio. Homologar los criterios para establecer las velocidades límite en las vialidades urbanas e incrementar la seguridad de todos los usuarios de la vía, al implantar un límite de velocidad más acorde con el entorno. Entre otras ventajas del uso de este método, se puede mencionar un mayor respeto al señalamiento, en general, por parte de los conductores; ya que un límite adecuado al entorno tiene mejor aceptación por parte de los automovilistas y elimina el efecto negativo en la credibilidad del señalamiento ocasionado por un límite inadecuado para las condiciones del entorno.

Firma del asesor:


M.C. Rafael Gallegos López

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincera gratitud a mis padres, el **Sr. Edelmiro Silva Escamilla** y la **Sra. Esther Carrizales Torres**, y a **mis hermanos** por su guía, amor y apoyo incondicional en cada uno de los proyectos a lo largo de mi vida.

Quiero agradecer también al **M. C. Rafael Gallegos López** por sus asesoría y haber confiado en mi al brindarme tan valiosa oportunidad para la elaboración de esta tesis.

A los catedráticos de la Maestría de Ingeniería de Tránsito, en especial a la **M. C. Josefina Peña Leal** y el **Dr. Mohammad Hosein Badii Zabeh** por sus consejos que me permitieron concluir esta investigación.

Al **M.C. David Gilberto Saldaña Martínez** y al **M.C. Luis Francisco Chapa González** por sus sugerencias y comentarios.

A mis compañeros y amigos del Departamento de Ingeniería de Tránsito del Instituto de Ingeniería Civil por su apoyo para la culminación de este trabajo. (**Armando Velázquez, Alexis Mendoza, Sigifredo González y Fernando Mendoza**).

A mis compañeros de generación por su apoyo, comprensión y enseñanzas.

Al personal administrativo del departamento de Postgrado del Instituto de Ingeniería Civil, en especial al **Ing. Justino González** y al **Sr. Ramiro Torres** que tuvieron la gentileza de guiarme durante el proceso de la elaboración de esta tesis.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN	1
1.1 Aspectos generales.....	1
1.2 Definición del proyecto.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.4 Hipótesis.....	3
1.5 Historia de los límites de velocidad.....	3
1.5.1 Historia de los límites de velocidad en Europa.....	3
1.5.2 Historia de los límites de velocidad en los Estados Unidos.....	5
1.6 Definiciones.....	6
1.7 El papel y la importancia de los límites de velocidad.....	8
1.7.1 La relación entre la velocidad y los accidentes.....	9
1.7.2 La velocidad y la distancia de reacción, frenado y detención.....	11
1.7.3 La velocidad y la severidad de las colisiones.....	12
1.7.4 Factores que influyen la velocidad.....	14
1.7.5 Las actitudes del conductor y el comportamiento.....	14
1.8 La importancia de un límite de velocidad adecuado.....	15
1.8.1 Mayor seguridad para los usuarios e las vías públicas.....	15
1.8.2 Credibilidad del señalamiento en general.....	16
1.8.3 Transmitir un mensaje claro.....	16
1.8.4 Homologación intermunicipal de los límites de velocidad.....	17
1.9 Antecedentes extranjeros en materia de límites de velocidad.....	17
1.9.1 Métodos subjetivos.....	17
1.9.2 Métodos objetivos.....	18
1.10 El marco legal de los límites de velocidad en el área metropolitana de Monterrey.....	24

CAPÍTULO 2.- ANÁLISIS DE FACTORES A INCLUIRSE EN EL MODELO DE DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD	26
2.1 Generalidades	26
2.2 Objetivo	26
2.3 Campo de aplicación	27
2.4 Selección preeliminar de los factores que serán incluidos en el modelo	27
2.4.1 Recopilación de factores a tomar en cuenta	27
2.4.2 Factores que serán eliminados del modelo	29
2.4.3 Factores que serán utilizados en el modelo	32
2.5 Formulario para la recolección de datos	35
CAPÍTULO 3.- ESTUDIOS REALIZADOS Y MEMORIA FOTOGRAFICA	36
3.1 Zonas de estudio	36
3.2 Memoria fotográfica	36
3.3 Estudios de campo	52
3.3.1 Registros de campo	52
3.3.2 Estudios de velocidad de punto	63
3.4. Gráficas de velocidad de punto	74
3.5 Resumen de los datos de campo	96
3.6 Tamaño mínimo de la muestra	96
3.6.1 Prueba de normalidad de D'Agostino	96
3.6.2 Prueba de correlación entre V_{50} Y V_{85}	99
3.6.3 Obtención del tamaño mínimo de la muestra	100

CAPÍTULO 4 ELABORACIÓN DEL MODELO DE LÍMITES DE VELOCIDAD	102
4.1 Velocidades consideradas dentro del modelo	102
4.2 Factores a considerar en el modelo y su grado de importancia	102
4.3. Elaboración del modelo	104
4.3.1 Velocidades practicadas	104
4.3.2 Infraestructura peatonal	105
4.3.3. Volúmenes vehiculares y peatonales	105
4.3.3.1 Teoría de la probabilidad de ocurrencia de accidentes	106
4.3.3.2 Probabilidad de ocurrencia de accidentes en tramos sin banquetas	109
4.3.4 Densidad de accesos	110
4.3.4.1. Densidad de accesos de las vialidades estudiadas	110
4.3.4.2 El efecto de la densidad de accesos en el modelo	111
4.3.5. Distancia libre lateral	115
4.3.6 Jerarquía vial	115
4.3.7 La velocidad del 50 percentil	116
4.3.8 Longitud mínima de una zona de velocidad	116
4.3.9 Modelo preeliminar	116
CAPÍTULO 5.- GUÍA PARA LA APLICACIÓN DEL MÉTODO	118
5.1 Conceptos generales sobre límites de velocidad	118
5.1.1 Definición	118
5.1.2 Objetivo	118
5.1.3 Longitudes y transiciones de las zonas de velocidad	118
5.1.4 Colocación y espaciamiento de las señales de límite de velocidad (SR-9)	119
5.2 Descripción del método	119
5.3 Campo de aplicación	120

5.4 Aplicación del método.....	120
5.4.1 Estudios necesarios.....	120
5.4.2 Velocidad del 85 percentil (1).....	121
5.4.3 Porcentaje de longitud con banquetas (2).....	121
5.4.4 Longitud sin banquetas (3).....	121
5.4.5 Volumen peatonal (4).....	121
5.4.6 Probabilidad de ocurrencia de accidentes (5).....	122
5.4.7 Densidad de accesos por kilómetro (6).....	122
5.4.8 Distancia libre lateral (7).....	122
5.4.9 Alta actividad peatonal (8).....	122
5.4.10 Velocidad del 50 percentil o arteria (9).....	127
5.4.11 Velocidad del 50 percentil (10).....	127
5.5 Ejemplo práctico de la aplicación del modelo.....	129
5.5.1 Av. San Nicolás.....	129
5.5.2 Av. República Mexicana.....	131
5.5.3 Av. Movimiento Obrero.....	134
5.5.4 Av. Aarón Sáenz.....	134
5.5.5 Av. Chapultepec.....	137
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	139
REFERENCIAS.....	144
ANEXOS.....	147
ANEXO I Registro de Campo.....	148
ANEXO II Adaptación del método para justificar los pasos peatonales a desnivel, utilizando la distribución de Poisson.....	154
ANEXO III Estudio de seguridad peatonal.....	164
ANEXO IV Estudio de velocidad de punto.....	166
ANEXO V Estudios de volúmenes de tránsito.....	174

ANEXO VI Clasificación de sistemas viales urbanos.....	185
ANEXO VII Aforos vehiculares y peatonales.....	191
CURRICULUM VITAE.....	215

LISTA DE GRÁFICAS Y FIGURAS

Nº de Fig.	Descripción	Página
Figura 1.1	Distribución de la velocidad y riesgo de Accidente.	10
Figura 1.2	Distancia de detención de un vehículo.	12
Figura 3.1	Fotografía 1 Av. San Nicolás.	37
Figura 3.2	Fotografía 2 Av. San Nicolás.	37
Figura 3.3	Fotografía 3 Av. San Nicolás.	38
Figura 3.4	Fotografía 4 Av. San Nicolás.	38
Figura 3.5	Fotografía 5 Av. San Nicolás.	39
Figura 3.6	Fotografía 6 Av. San Nicolás.	39
Figura 3.7	Fotografía 1 Av. República Mexicana.	40
Figura 3.8	Fotografía 2 Av. República Mexicana.	40
Figura 3.9	Fotografía 3 Av. República Mexicana.	41
Figura 3.10	Fotografía 4 Av. República Mexicana.	41
Figura 3.11	Fotografía 5 Av. República Mexicana.	42
Figura 3.12	Fotografía 6 Av. República Mexicana.	42
Figura 3.13	Fotografía 1 Av. Movimiento Obrero.	43
Figura 3.14	Fotografía 2 Av. Movimiento Obrero.	43
Figura 3.15	Fotografía 3 Av. Movimiento Obrero.	44
Figura 3.16	Fotografía 4 Av. Movimiento Obrero.	44
Figura 3.17	Fotografía 5 Av. Movimiento Obrero.	45
Figura 3.18	Fotografía 6 Av. Movimiento Obrero.	45
Figura 3.19	Fotografía 1 Av. Aarón Sáenz.	46
Figura 3.20	Fotografía 2 Av. Aarón Sáenz.	46
Figura 3.21	Fotografía 3 Av. Aarón Sáenz.	47
Figura 3.22	Fotografía 4 Av. Aarón Sáenz.	47
Figura 3.23	Fotografía 5 Av. Aarón Sáenz.	48

Nº de Fig.	Descripción	Página
Figura 3.24	Fotografía 6 Av. Aarón Sáenz.	48
Figura 3.25	Fotografía 1 Av. Chapultepec.	49
Figura 3.26	Fotografía 2 Av. Chapultepec.	49
Figura 3.27	Fotografía 3 Av. Chapultepec.	50
Figura 3.28	Fotografía 4 Av. Chapultepec.	50
Figura 3.28	Fotografía 5 Av. Chapultepec.	51
Figura 3.30	Fotografía 6 Av. Chapultepec.	51
Figura 3.31	Gráfica de Velocidad de Punto Av. San Nicolás (Nte-Sur).	76
Figura 3.32	Gráfica de Velocidad de Punto Av. San Nicolás (Sur-Nte).	78
Figura 3.33	Gráfica de Velocidad de Punto Av. República Mexicana (Nte-Sur).	80
Figura 3.34	Gráfica de Velocidad de Punto Av. República Mexicana (Sur-Nte).	82
Figura 3.35	Gráfica de Velocidad de Punto Av. Movimiento Obrero (Nte-Sur).	84
Figura 3.36	Gráfica de Velocidad de Punto Av. Movimiento Obrero (Sur-Nte).	86
Figura 3.37	Gráfica de Velocidad de Punto Av. Aarón Sáenz (Ote-Pte).	88
Figura 3.38	Gráfica de Velocidad de Punto Av. Aarón Sáenz (Pte-Ote).	90
Figura 3.39	Gráfica de Velocidad de Punto Av. Chapultepec (Ote-Pte).	92
Figura 3.40	Gráfica de Velocidad de Punto Av. Chapultepec (Pte-Ote).	94
Figura 4.1	Gráfica de probabilidad de accidentes para vialidad de 2 carriles.	107
Figura 4.2	Gráfica de probabilidad de accidentes para vialidad de 3 carriles.	108
Figura 4.3	Gráfica de probabilidad de accidentes para vialidad de 4 carriles.	108

Nº de Fig.	Descripción	Página
Figura 4.4	Gráfica de probabilidad de accidentes para vialidad de 6 carriles.	109
Figura 4.5	Distribución de la velocidad del 85 percentil contra número de accesos.	111
Figura 4.6	Zona con baja densidad de accesos.	112
Figura 4.7	Zona con baja-moderada densidad de accesos.	112
Figura 4.8	Zona con moderada densidad de accesos.	113
Figura 4.9	Zona con moderada densidad de accesos.	114
Figura 4.10	Zona con alta densidad de accesos.	114
Figura 4.11	Modelo preliminar del método.	117
Figura 5.1	Señal restrictiva de límite de velocidad (SR-9).	119
Figura 5.2	Gráfica de probabilidad de accidentes para una vialidad de 2 carriles.	123
Figura 5.3	Gráfica de probabilidad de accidentes para una vialidad de 3 carriles.	124
Figura 5.4	Gráfica de probabilidad de accidentes para una vialidad de 4 carriles.	125
Figura 5.5	Gráfica de probabilidad de accidentes para una vialidad de 6 carriles.	126
Figura 5.6	Diagrama de Flujo del Método.	128
Figura 5.7	Aplicación del método en la avenida San Nicolás.	130
Figura 5.8	Aplicación del método en la avenida República Mexicana (Nte-Sur).	132
Figura 5.9	Aplicación del método en la avenida República Mexicana (Sur-Nte).	133
Figura 5.10	Aplicación del método en la avenida Movimiento Obrero.	135
Figura 5.11	Aplicación del método en la avenida Aarón Sáenz.	136
Figura 5.12	Aplicación del método en la avenida Chapultepec.	138

LISTA DE TABLAS

Nº de Tabla	Descripción	Página
Tabla 1.1	Heridas en función del cambio en la velocidad (delta V), al momento del impacto.	13
Tabla 3.1	Vialidades estudiadas.	36
Tabla 3.2	Tabla de distribución de frecuencias Av. San Nicolás (Nte-Sur).	75
Tabla 3.3	Tabla de distribución de frecuencias. Av. San Nicolás (Sur-Nte).	77
Tabla 3.4	Tabla de distribución de frecuencias. Av. República Mexicana (Nte-Sur).	79
Tabla 3.5	Tabla de distribución de frecuencias. Av. República Mexicana (Sur-Nte).	81
Tabla 3.6	Tabla de distribución de frecuencias. Av. Movimiento Obrero (Nte-Sur).	83
Tabla 3.7	Tabla de distribución de frecuencias. Av. Movimiento Obrero (Sur-Nte).	85
Tabla 3.8	Tabla de distribución de frecuencias. Av. Aarón Saénz (Ote-Pte).	87
Tabla 3.9	Tabla de distribución de frecuencias. Av. Aarón Saénz (Pte-Ote).	89
Tabla 3.10	Tabla de distribución de frecuencias. Av. Chapultepec (Ote-Pte).	91
Tabla 3.11	Tabla de distribución de frecuencias. Av. Chapultepec (Pte-Ote).	93
Tabla 3.12	Resumen de los datos de campo y los estudios de velocidad.	95
Tabla 3.13	Resumen de los estudios de velocidad.	96
Tabla 3.14	Tabla para el cálculo de D_{cal} .	96

Nº de Tabla	Descripción	Página
Tabla 3.15	Cálculo del coeficiente de correlación (r).	98
Tabla 3.16	Cálculo de la varianza de V_{50} .	100
Tabla 3.17	Cálculo de la varianza de V_{85} .	100
Tabla 4.1	Resumen de densidad de accesos en las vialidades estudiadas.	110
Tabla 4.2	Resumen de clasificación de la densidad de accesos.	114
Tabla 6.1	Comparación entre los límites actuales y propuestos.	140
Tabla 6.2	Comparación entre los porcentajes de conductores que respetan los límites actuales y propuestos.	141
Tabla 6.3	Pendientes de las curvas de velocidad entre la V_{50} y V_{85} .	142
Tabla 6.4	Incrementos sugeridos en los límites de velocidad.	142

TABLA DE SÍMBOLOS

veh/hr/carril: vehículos ligeros/hora/carril.

peat/hr: peatones/hora.

H_0 : hipótesis nula.

H_1 : hipótesis alterna.

σ^2 : varianza de la población.

x: elemento u observación.

μ : media de la población.

n: número total de elementos de la población.

E: error máximo tolerable.

D_{cal} : valor calculado de la prueba de normalidad de D'Agostino.

D_1 : límite de significación inferior para la prueba de normalidad de D'Agostino.

D_5 : límite de significación superior para la prueba de normalidad de D'Agostino.

R: valor de significación para la prueba de correlación.

r: coeficiente de correlación calculado.

V_{85} : velocidad del 85 percentil.

V_{50} : velocidad del 50 percentil.

%LB: porcentaje de longitud con banquetas.

LSB: longitud sin banquetas.

VP: volumen peatonal en la hora de máxima demanda.

PAC: probabilidad de ocurrencia de accidentes.

Acces/km: densidad de accesos (accesos/kilómetro).

DLL: distancia libre lateral.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN.

1.1 Aspectos generales.

La velocidad se ha manifestado siempre como una respuesta al deseo del ser humano de comunicarse rápidamente desde el momento en que él mismo inventó los medios de transporte.

En este sentido, la velocidad se ha convertido en uno de los principales indicadores que se utilizan para medir la calidad de la operación, a través de un sistema de transporte. A su vez, los conductores, considerados de una manera individual, miden parcialmente la calidad de su viaje por su habilidad y libertad en conservar uniformemente la velocidad deseada. Se sabe por experiencia que el factor más simple a considerar en la selección de una ruta específica para ir de un origen a un destino, consiste en la minimización de las demoras, lo cual obviamente se logrará con una velocidad adecuada y sostenida y que, naturalmente, ofrezca seguridad. Esta velocidad está bajo el control del conductor, y su uso determinará la distancia recorrida, el tiempo de recorrido y el ahorro de tiempo, según la variación de ella.

La importancia de la velocidad, como elemento básico para el proyecto de un sistema vial, queda establecida por ser un parámetro de cálculo de la mayoría de los demás elementos del proyecto. Finalmente, un factor que hace la velocidad muy importante en el tránsito es que la velocidad de los vehículos actuales ha sobrepasado los límites que le permite alcanzar la carretera actual, las calles y la mayor parte de los reglamentos.

Así pues, por todas las razones anteriores, la velocidad debe ser estudiada, regulada y controlada con el fin de que origine un perfecto equilibrio entre el usuario, el vehículo y la vía, de tal manera que siempre se garantice la seguridad.

1.2 Definición del proyecto.

Establecer los límites de velocidad es un asunto controversial. Por una parte, a menudo los residentes de un vecindario exigen a los gobiernos municipales disminuir los límites de velocidad por razones de seguridad, especialmente después de un accidente de consecuencias graves. Mientras que, por otra parte, los automovilistas tienden a escoger velocidades que les parecen razonables según las condiciones del entorno, las cuales son, por lo general, más altas que la velocidad indicada en las señales; ya que de esta manera el conductor satisface sus necesidades individuales de ahorro de tiempo. Por lo tanto, los gobiernos municipales juegan un papel muy importante a la hora de establecer los límites de velocidad, ya que son éstos quienes deben balancear las exigencias y opiniones de los residentes y de los automovilistas, con fundamento en el Reglamento de Tránsito y en las recomendaciones de los expertos.

Por lo anterior, la necesidad de una herramienta que permita facilitar la decisión al momento de establecer el límite de velocidad más apropiado para un determinado tramo de vialidad ha sido la causa para la realización de esta investigación. El presente trabajo tiene como objetivo establecer un método sencillo que permita establecer un límite de velocidad máximo dentro del cual los usuarios de una vialidad interaccionen de manera segura. Para cumplir con el objetivo anterior, este trabajo propone un modelo selectivo de límites de velocidad que considera las velocidades del 50 y del 85 percentil, los volúmenes peatonales y vehiculares, las condiciones de la infraestructura peatonal, la densidad de accesos por kilómetro, la distancia libre lateral y la jerarquía de una vialidad para llegar a un valor límite de velocidad que sea segura para todos los usuarios.

1.3 Objetivos.

El objetivo principal de este estudio es obtener un método que permita establecer el límite de velocidad más adecuado para una determinada vialidad, de una manera sencilla y práctica, que mejore la seguridad de los usuarios de

las vías públicas al evaluar la probabilidad de ocurrencia de accidentes entre peatones y conductores. Además, este método servirá para dar mayor credibilidad, por parte del automovilista, a las señales restrictivas y preventivas de velocidad, establecer una uniformidad en la conducta de lo que se espera del conductor y homologar la manera en que los límites de velocidad se establecen en los municipios; por ejemplo, en el área metropolitana de Monterrey.

1.4 Hipótesis.

Si existe un límite máximo de velocidad dentro del cual los peatones y conductores interactúan con seguridad en las vialidades urbanas, entonces se puede encontrar un modelo selectivo que relacione los factores que garantizan la seguridad en dichas vialidades y que sirva como guía para establecer un límite de velocidad adecuado y seguro.

1.5 Historia de los límites de velocidad.

La existencia de leyes para controlar el tránsito data desde la invención del automóvil; sin embargo, se sabe que los romanos introdujeron ciertas reglas que regulaban el uso de sus caminos desde hace más de 2,000 años, los cuales consistían en moderar la velocidad de los carruajes, ahí donde existiera un alto volumen peatonal.

1.5.1 Historia de los límites de velocidad en Europa.

Inglaterra es uno de los países que cuentan con una larga historia sobre la regulación de los límites de velocidad. Desde 1835 se decretaron algunas leyes que prohibían que las carretas o caballos utilizaran las vías peatonales y establecían moderar su velocidad en las zonas urbanas. Después, con el empleo de la máquina de vapor, en 1861, se decretó una ley que limitaba el peso de éstas a 12 toneladas y les imponía un límite de velocidad de 12 mi/h. Cuatro años más tarde, un decreto que regulaba el uso de las locomotoras impuso un límite de 2 mi/h en las áreas urbanas y 4 mi/h fuera de éstas y hacía necesario que una persona situada a 60 yardas alertara la proximidad de la locomotora,

agitando una bandera roja. En 1878, el uso de la bandera roja se hizo opcional y se redujo la distancia de 60 a 20 yardas.

En las últimas décadas del siglo XIX, los automóviles hicieron su aparición e incrementaron gradualmente la velocidad a la que podían desplazarse. Esto trajo como consecuencia un incremento en el número de lesionados en accidentes en los caminos. En 1875, se estimó que 1,589 personas habían muerto en los caminos de la Gran Bretaña.

En 1903, con una flota vehicular más numerosa, con caminos en mejores condiciones y vehículos más rápidos, el límite de velocidad se fijó en 20 mi/h (32 km/h) y se establecieron multas muy altas por sobrepasar este límite. Esta ley se mantuvo hasta 1930, cuando fue abolida y en su lugar se estableció una variedad de límites para los diferentes tipos de vehículos existentes. Sin embargo, no se estableció ningún límite para aquellos vehículos que transportaran menos de 7 personas. En 1934, el gobierno inglés decretó que el límite de velocidad en las zonas urbanas fuera de 30 mi/h (48 km/h). En 1940, debido a la alta ocurrencia de accidentes nocturnos, se estableció que la velocidad máxima durante la noche fuese de 20 mi/h (32 km/h), con el fin de incrementar la seguridad vial. En 1965, se estableció temporalmente un límite de velocidad de 70 mi/h (112 km/h), como respuesta a las necesidades imperantes del parque vehicular en esa época. Dos años más tarde, este límite se hizo definitivo para todas las vías rápidas del país.

En 1973, debido a la guerra de Israel y Egipto, durante la cual los países árabes cortaron sus importaciones de petróleo, se redujo el límite de velocidad a 50 mi/h (80 km/h), de manera temporal, con el fin de disminuir el consumo nacional de combustible. Una vez superado el problema de la guerra, en 1978, se decretó un límite nacional de 60 mi/h (97 km/h) y de 70 mi/h (112 km/h) para las autopistas. Durante 13 años no se presentó ninguna novedad importante y fue hasta 1991 cuando se introdujo un nuevo límite de 20 mi/h (32 km/h), con el fin de reducir el número de accidentes en las vialidades urbanas con altas concentraciones de vehículos y peatones. Más recientemente,

en 1994, el gobierno implantó un límite de 65 mi/h (105 km/h), para todos los autobuses urbanos y suburbanos.

Actualmente, Inglaterra cuenta con un intervalo de límites de velocidad que varía de acuerdo con el tipo de camino y su ubicación a diferencia del criterio simplista del límite de 30 mi/h establecido en 1934 para las áreas urbanas. En nuestros días existen numerosas demandas para incrementar este límite (las cuales argumentan que los carros modernos frenan más rápidamente que aquellos de la primera mitad del siglo XX). Sin embargo, las evidencias muestran que los daños a los peatones, ocasionados por vehículos que se desplazan a altas velocidades, son mucho más severos y, por consecuencia, sugieren que los límites de velocidad bajos deberían ser mantenidos y utilizados en todas aquellas vialidades en donde existe la presencia de personas.

1.5.2 Historia de los límites de velocidad en los Estados Unidos.

En los Estados Unidos, las leyes concernientes a los límites de velocidad que datan de 1901, han sido tradicionalmente responsabilidad de cada estado. En 1909, el estado de Washington introdujo un límite de velocidad en el que se debía recorrer una milla cada 5 minutos, o dicho de otra manera, 12 mi/h (19 km/h) en las zonas urbanas con alta actividad y del doble (24 mi/h) para las áreas rurales. En aquellos días, los estados podían establecer sus límites máximos y para 1972, la mayoría de los estados habían establecido como límite de velocidad las 70 mph. Sin embargo, diez estados tenían un límite de 75 mph y dos (Montana y Nevada) no tenían límite máximo de velocidad. (Conviene aclarar que todos éstos eran límites de velocidad diurnos, para automóviles en caminos de alta velocidad; mientras que los límites para camiones, otros tipos de carreteras y durante la noche sí contaban con límites de velocidad menores).

Fue entonces cuando sobrevino la crisis del petróleo de 1973 y el gobierno de los Estados Unidos fue forzado a hacer algo para reducir el consumo masivo de combustible. La manera en que lograrían esto consistía en disminuir el límite de velocidad a 55 mph a todo lo largo y ancho del país; sin embargo, la Legislatura Federal no tuvo facultad para hacer tal acción y fue así como el gobierno ordenó

al Departamento de Transporte de los Estados Unidos condicionar el apoyo económico para carreteras a sólo aquellos estados que adoptaran esta medida. En otras palabras, los estados tuvieron que aceptar un límite de velocidad de 55 mph o la contribución federal a sus programas de carreteras serían cancelados.

El Consejo Nacional de Investigación declaró que en 1974 había habido 4000 muertes menos que en 1973, como consecuencia de la disminución del límite máximo de velocidad y estimó que el incrementar el límite nuevamente a su valor anterior causaría 500 muertes más cada año, es decir, un incremento del 20 al 25%. Conforme fueron desapareciendo las preocupaciones acerca de la disponibilidad y costo del combustible, las velocidades en las carreteras comenzaron a incrementarse gradualmente. A mediados de la década de los 80's, la gran mayoría de los vehículos que circulaban en las carreteras de ese país excedían las 55 mph. Como una respuesta a la críticas de que el límite de 55 mph había hecho de los Estados Unidos una nación de infractores y de las aseveraciones de las muertes, lesiones y daños materiales no se incrementarían debido a que la gente ya estaba viajando a velocidades a las cuales ellos se sentían cómodos; el Congreso permitió, en 1987, que los estados incrementaran los límites de velocidad a 65 mi/h en las zonas rurales de las carreteras interestatales.

Finalmente, en 1995, el gobierno federal dio de nuevo a los estados la facultad de establecer sus propios límites de velocidad, por primera vez desde 1974. Muchos estados incrementaron rápidamente los límites de velocidad, tanto en las carreteras interestatales urbanas y rurales como en sus caminos de acceso controlado. Hasta junio del 2003, veintinueve estados habían aumentado los límites de velocidad a 70 mi/h o más, en algún tramo de su red carretera.

1.6 Definiciones.

Velocidad.- Relación del movimiento de un vehículo, en una distancia por unidad de tiempo; se expresa en km/h o mi/h.

Límite de velocidad.- La velocidad máxima (o mínima) permitida en un tramo de vialidad. Este límite puede ser fijado por la ley o establecido con fundamento en un estudio de ingeniería de tránsito.

Velocidad de punto.- Medición instantánea de la velocidad en un lugar específico de una vía.

Velocidad media con base en el tiempo.- Promedio aritmético de varias mediciones de la velocidad de punto.

Velocidad promedio.- Tamaños de la tendencia central de varias mediciones de la velocidad de punto, tales como la media aritmética, la mediana o la moda.

Media aritmética o velocidad media de punto.- Suma de todas las velocidades de punto, divididas entre el número de observaciones.

Velocidad de punto "i" porcentual.- Aquel valor abajo del cual viaja el "i" por ciento de los conductores y arriba del cual viaja "100-i" por ciento de los conductores.

Velocidad del 85 percentil.- Es la velocidad a la cual viaja el 85 por ciento de la muestra de vehículos a flujo libre. Esta velocidad debería ser determinada realizando un estudio de velocidad de punto, siguiendo el procedimiento descrito en el Manual de Estudios de Ingeniería de Tránsito.

Velocidad recomendada.- Es la velocidad a la cual se puede conducir de manera segura sobre un tramo determinado de la vialidad.

Tolerancia.- La diferencia numérica entre el límite de velocidad y la velocidad mínima a la cual las autoridades toman medidas.

Velocidad de flujo libre.- También llamada velocidad libre, es la velocidad de marcha de aquellos vehículos cuyo avance no esta impedido ni por la interacción vehicular ni por la regulación del tránsito. Refleja, por lo tanto, otros factores

que inciden en la velocidad; como las características del conductor, del vehículo, de la vía y del medio ambiente.

Velocidad de marcha.- Se calcula por la relación entre la distancia recorrida por un vehículo y su tiempo de marcha al recorrer esa distancia. No se tiene en cuenta el tiempo en que pudiera haber estado detenido el vehículo. Es también una velocidad media individual.

Tiempo de marcha.- Periodo de tiempo durante el cual un vehículo se encuentra en movimiento.

Mediana de la velocidad de punto.- Valor medio de una serie de velocidades de punto que han sido clasificadas en el orden de su magnitud.

Moda de la velocidad de punto.- Valor más frecuente en una muestra de mediciones de velocidad de punto.

Paso.- Incremento específico de la velocidad de punto tal como 15 km/h. Incluye al mayor número de mediciones de velocidad.

Desviación normal de las velocidades de punto.- Raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones de la media de las velocidades de punto, dividida entre el número de mediciones, menos una.

1.7 El papel y la importancia de los límites de velocidad.

La reglamentación de la velocidad y los límites de velocidad tienen como objetivo complementar el juicio de los conductores, estableciendo velocidades razonables y convenientes para ciertas condiciones del tránsito, del clima y del entorno urbano. Los límites de velocidad son impuestos para alentar reducciones relativas de velocidad y mejores condiciones de circulación y para reducir la incidencia de accidentes.

El límite de velocidad debe representar, en condiciones ideales, un punto de equilibrio razonable entre la movilidad y la seguridad. Se entiende que tales condiciones son:

- Un conductor en pleno uso de sus facultades.
- Un vehículo en buen estado.
- Buenas condiciones de visibilidad.
- Una superficie de pavimento seca.
- Fluidez en las condiciones del tránsito.

1.7.1 Relación entre la velocidad y los accidentes.

En un determinado segmento vial, los conductores se desplazarán a diferentes velocidades y la dispersión de estas velocidades tomará la forma de la distribución normal mostrada con la curva verde en la Figura 1.1. La línea vertical que pasa por la cresta de la curva representa la velocidad promedio o la velocidad del 50 percentil (la velocidad bajo la cual el 50 por ciento de los conductores manejan). La otra línea vertical a la derecha de la gráfica, muestra la velocidad del 85 percentil –la velocidad no excedida por el 85 por ciento de los conductores-.

La línea punteada muestra el riesgo de accidente de los conductores, en relación a su velocidad, escogida dentro de la distribución de velocidad. Esta curva se basa en los resultados de estudios de accidentes y velocidad realizados en varios países. Se puede observar que, contrariamente a lo que podría esperarse de manera intuitiva, el riesgo de accidente no se incrementa en una relación simple con la velocidad sino es de hecho más baja para aquellos conductores que viajan dentro del intervalo de velocidad entre el 80 y 90 percentil. A velocidades superiores al 90 percentil, el riesgo de accidente se incrementa de manera considerable; sin embargo, también aumenta para las velocidades bajas y, por consecuencia, los conductores que conducen a muy bajas velocidades están en un riesgo similar (aunque con saldos potencialmente menores) que aquellos que manejan demasiado rápido.

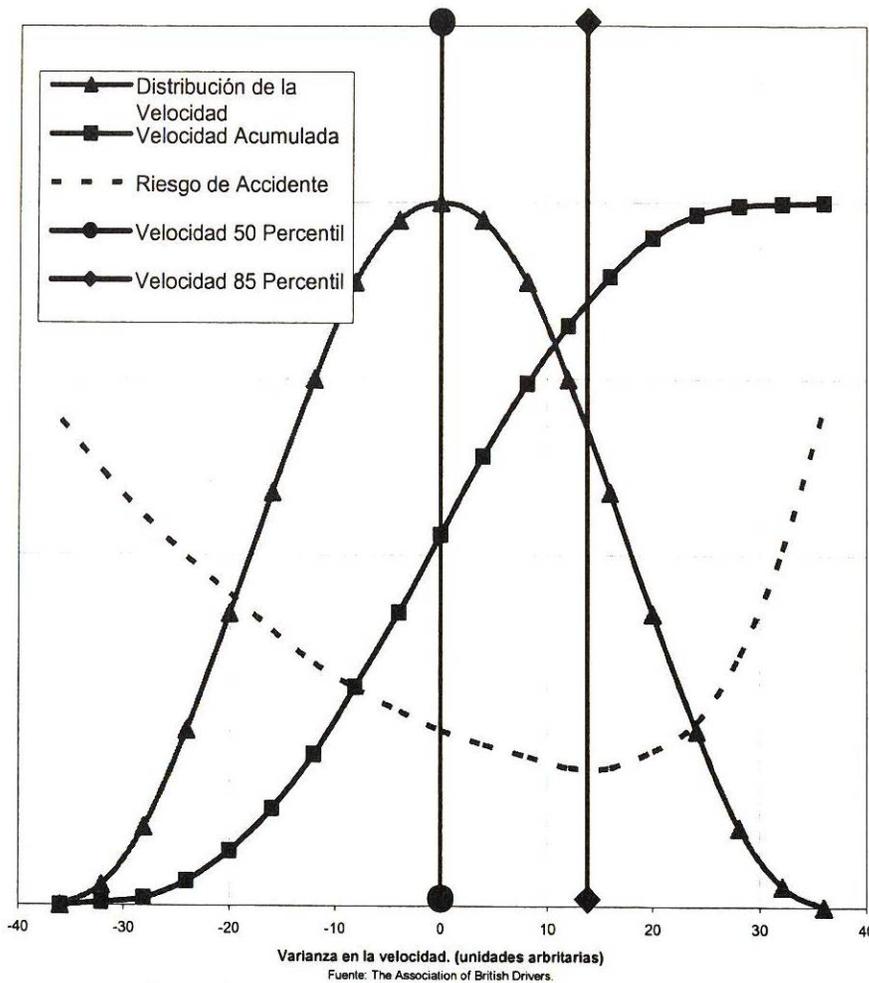


Figura 1.1. Distribución de la velocidad y riesgo de accidente.

Este es un fenómeno muy importante que debemos comprender: los conductores que viajan alrededor de la velocidad del 85 percentil son los más seguros y los más competentes. Entre los conductores más rápidos se encuentran aquellos que tienden a ser los más arriesgados, ya que carecen de la experiencia o de las habilidades necesarias para reconocer la presencia de peligros que obligan a disminuir la velocidad. Mientras que en el caso opuesto, los conductores más lentos son los menos seguros de sí mismos y por lo regular, sus habilidades de maniobrar también son pobres.

Gracias a estos hallazgos, la velocidad del 85 percentil es reconocida por los ingenieros de tránsito como el nivel óptimo para establecer los límites de velocidad. Cuando éstos son determinados en concordancia con la velocidad del

85 percentil, significa que la mayoría de los conductores, incluyendo los más seguros, están viajando dentro de la ley.

Los límites de velocidad basados en el 85 percentil reducen la dispersión de la distribución, principalmente reduciendo el número de conductores que viajan a las velocidades más altas: ya que al ver que el límite de velocidad ha sido establecido tomando en cuenta las acciones de la mayoría que conducen de manera responsable, es más fácil que el resto de los conductores lo acepte como razonable. Por otro lado, si los límites de velocidad se determinan debajo de la velocidad del 85 percentil, éstos serán ignorados por la gran mayoría, incluso por los conductores más seguros; la minoría formada por los conductores más arriesgados al ver que los límites no son respetados por la mayoría, los ignorarán completamente. Lo anterior puede llegar a provocar que la velocidad en ese tramo aumente cuando se coloca un límite de velocidad bajo y disminuya cuando se aumentan los límites. La Asociación de Conductores Británicos (ABD) cuenta con los estudios que demuestran tal efecto.

Existen otros efectos adversos de los límites de velocidad que no son acordes con las condiciones reales. Por ejemplo, aquellos conductores que siguen la ley al pie de la letra, ocasionarán una fila de automovilistas impacientes atrás de ellos, quienes a causa de la desesperación, podrían llegar a realizar maniobras inseguras de rebase que pondrían en riesgo al resto de los conductores.

1.7.2 La velocidad y la distancia de reacción, frenado y detención.

Si bien es cierto que la distancia para detener un vehículo es menor en los vehículos recientes, debemos estar conscientes que por las vialidades del área metropolitana aún circulan todo tipo de vehículos. Además, las condiciones geométricas o físicas del camino pueden restringir la velocidad límite ya sea por riesgo de accidente por ponchadura, descontrol o escasa visibilidad.

Entre los factores que afectan la distancia de frenado podemos mencionar:

- La velocidad y peso del vehículo.
- Las condiciones de la superficie del camino.

- Las condiciones de las llantas, de la suspensión y de los frenos.
- La técnica usada por el conductor.

La distancia total de frenado es la suma de los siguientes factores:

- La distancia de percepción del conductor.
- La distancia de reacción del conductor.
- La distancia de frenado del vehículo.

La figura 1.2 muestra la distancia total para detener un vehículo en marcha en terreno plano y condiciones de calzada seca y mojada.

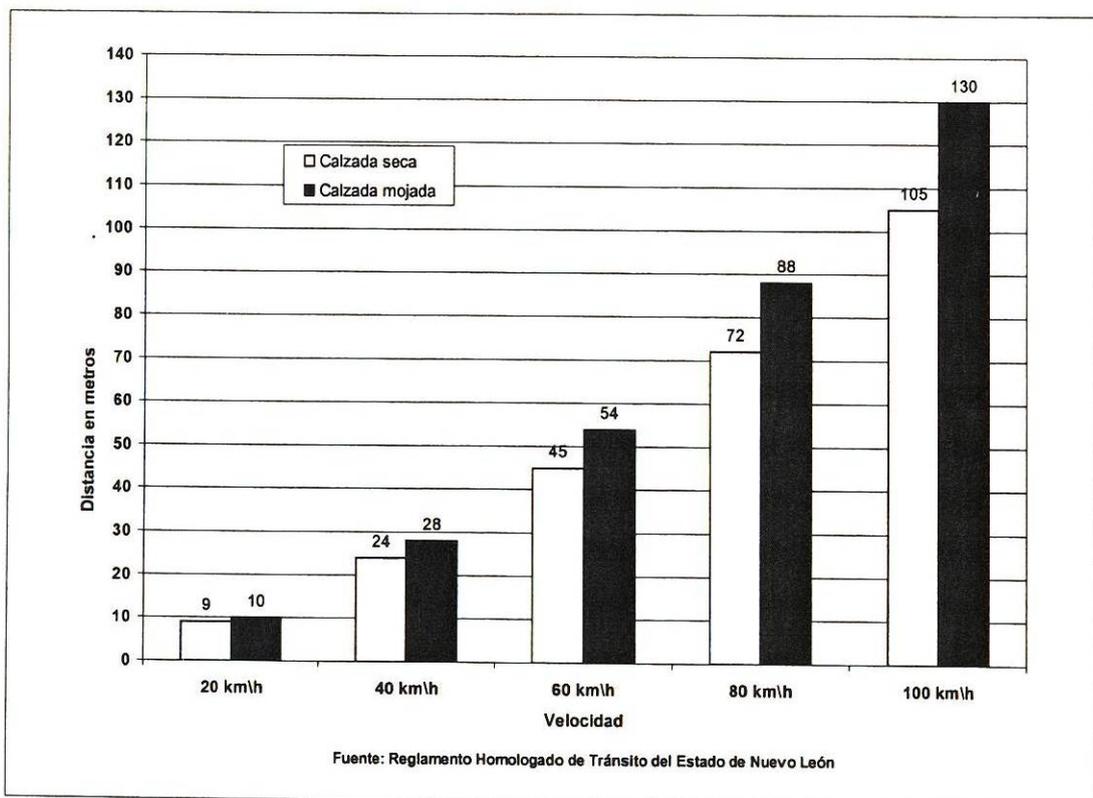


Figura 1.2. Distancia de detención de un vehículo.

1.7.3 La velocidad y la severidad de las colisiones.

La relación entre la velocidad vehicular y la severidad de las colisiones es bastante clara y se basa en las leyes de la física. La energía cinética de un vehículo en movimiento es función de su masa y de su velocidad al cuadrado. La energía cinética en una colisión se disipa mediante fricción, calor, y

deformación de la masa. Por lo general, entre más grande sea la energía cinética que se debe disipar, también será mayor el daño potencial de los ocupantes del vehículo. A consecuencia de que la energía cinética varía con el cuadrado de la velocidad, la probabilidad de resultar herido y la gravedad de las heridas que ocurren al momento de un impacto se incrementa exponencialmente con la velocidad del vehículo. Por ejemplo, un incremento del 30 por ciento en la velocidad (de 50 a 65 mi/h [80 a 105 km/h]) resulta en un incremento del 69 por ciento en la energía cinética de un vehículo.

La relación entre la velocidad de viaje y la severidad de las heridas sufridas en una colisión fue examinada por Solomon (1964), quién reportó un incremento en la severidad de las heridas al incrementarse las velocidades de los vehículos en las caminos rurales. De un análisis de 10,000 colisiones, Solomon concluyó que la gravedad de las heridas se incrementa rápidamente a velocidades que exceden las 60 mi/h (96 km/h) y la probabilidad de heridas mortales aumenta dramáticamente sobre las 70 mi/h (110 km/h).

Por otra parte, Bowie y Waltz (1994) encontraron que la probabilidad de resultar herido en una colisión dependía del cambio en la velocidad al momento del impacto (delta V). Como se muestra en la tabla 1, el riesgo de heridas moderadas o serias fue menor que el 5 por ciento cuando delta V fue menor que 10 mp/h (16 km/h) y se incrementa a más del 50 por ciento cuando delta V es superior a 30 mi/h (48 km/h).

TABLA 1.1 Heridas por cada 100 ocupantes en función del cambio en la velocidad (delta V) al momento del impacto.

delta V mi/h	Heridas Moderadas	Heridas Serias	delta V km/h
1-10	4.5	1.0	1-16
11-20	10.6	2.6	17-32
21-30	29.2	11.1	33-48
31-40	53.4	27.9	49-64
41-50	67.2	40.6	65-80
Más de 50	69.3	54.3	Mas de 80

Joksch (1993) encontró que el riesgo de que un conductor muera en una colisión se incrementa con el cambio en la velocidad, elevada a la cuarta potencia. El riesgo de muerte empieza a incrementarse cuando el cambio en velocidad, al momento del impacto, excede las 30 mi/h (48 km/h) y es más del 50 por ciento cuando el cambio de velocidad es superior a las 60 mi/h (96 km/h). La probabilidad de muerte de un impacto, a una velocidad de 50 mi/h (80 km/h) es 15 veces mayor a aquélla en un impacto de 25 mi/h (40 km/h).

La relación entre la velocidad de impacto y la severidad de las heridas es particularmente crítica para los peatones, quienes son los usuarios más vulnerables del camino. En una reciente revisión al respecto, por el Consejo Europeo de Seguridad del Transporte (1995), se estimó que solamente el 5 por ciento de los peatones murieron al ser embestidos por vehículos que viajaban a una velocidad de 20 mi/h (32 km/h); mientras que la proporción de muertes se incrementó al 45 por ciento, a 30 mi/h (48 km/h) y a 85 por ciento, a 40 mi/h (64 km/h).

1.7.4 Factores que influyen la velocidad.

Muchos diversos factores pueden influenciar la velocidad a la cual un automovilista elige conducir. La selección de la velocidad puede ser influenciada por la edad del conductor, su género, su actitud, y los riesgos percibidos de la aplicación de la ley o de un accidente. La opción de la velocidad también es influenciada por factores circunstanciales, tales como las condiciones del tiempo, del camino o del vehículo; los límites de velocidad, la adaptación de la velocidad, el cansancio o los problemas de salud, el efecto del alcohol o de las drogas o, simplemente, "el manejar rápido para no llegar tarde." Éstos y otros factores se tratan en los párrafos siguientes.

1.7.5 Las actitudes del conductor y el comportamiento.

En 1964, Solomon identificó las características del conductor y del vehículo asociadas a la velocidad en las carreteras rurales, al final de la década de los 50. Él reportó velocidades medias más altas en los conductores jóvenes, en los

vehículos con placas de otro estado, en autobuses y en vehículos de reciente modelo, especialmente modelos de alto rendimiento. Otros estudios anteriores relacionaban el conducir rápido con la edad, con la longitud del viaje, y con la presencia o ausencia de pasajeros. Más recientemente, Fildes et al. (1991) midieron las velocidades de vehículos en vialidades urbanas y rurales en la red vial de Victoria, Australia, ahí detuvieron a una muestra aceptable de los vehículos para entrevistar a los conductores y encontraron que los conductores más jóvenes, los conductores sin pasajeros, los conductores de coches más nuevos, los conductores que viajaban para los propósitos del negocio, y los conductores con más experiencia eran los más proclives a conducir más rápidamente que el promedio; esto es, a exceder el límite de velocidad.

1.8 La importancia de un límite de velocidad adecuado.

Al contar con un límite de velocidad adecuado se incrementa la seguridad de los usuarios de la vialidad, se fomenta una mayor credibilidad al señalamiento, se transmite un mensaje claro de lo que se espera del conductor y se homologan los criterios para establecer dichos límites.

1.8.1 Mayor seguridad para los usuarios de las vías públicas.

El objetivo principal de contar con un límite de velocidad adecuado dentro de las vialidades urbanas es, sin lugar a duda, la seguridad. Por lo tanto, se debe escoger una velocidad óptima que tome en cuenta la seguridad de todos los usuarios de la red vial y no sólo la de los automovilistas.

Una velocidad excesiva puede provocar dos tipos de inseguridad: la inseguridad objetiva, que puede medirse con base en los registros de accidentes originados por el exceso de velocidad y la inseguridad subjetiva, que es aquella que corresponde a la percepción de la población hacia una vialidad. Es necesario aclarar que los dos tipos de inseguridad son importantes.

Contrariamente a la creencia popular, los límites de velocidad bajos no necesariamente mejoran la seguridad. Entre más uniformes sean las

velocidades en un flujo vehicular habrá menos posibilidades de conflictos o choques entre ellos. Establecer límites de velocidad no acordes a la velocidad de la mayoría de los conductores produce dos diferentes grupos de éstos: 1) aquellos que respetan el límite establecido y 2) aquellos otros que conducen a la velocidad que ellos consideran razonable y prudente. Estas diferencias pueden resultar en un incremento de accidentes por alcance, por maniobras de rebase y manejo arriesgado.

1.8.2 Credibilidad del señalamiento, en general.

El señalamiento vial debe estar acorde con la realidad, para asegurar el respeto de la mayoría de los conductores. De lo contrario, una señalización que no guarde relación con las características de una vialidad incitará a los conductores a no respetarla.

Además, una señalización incoherente con la realidad perjudica a la señalización en general. De tal modo que si los conductores consideran como inapropiado o fuera de toda realidad un límite de velocidad dentro de una calle dada, estarán propensos a dudar de la validez de un límite idéntico y plenamente justificado dentro de una calle próxima. Por consecuencia, es importante asegurar una buena credibilidad de los límites de velocidad en todas partes.

En algunos casos particulares, como zonas escolares o en zonas con una alta concentración de peatones, las leyes estipulan que la velocidad límite debe ser 30 km/h para garantizar la seguridad de los usuarios más vulnerables del camino tales como residentes, peatones o ciclistas.

1.8.3 Transmitir un mensaje claro de lo que se espera del conductor.

Los conductores deben poder comprender en forma rápida y clara qué comportamiento se espera de ellos. De tal manera que la señal de límite de velocidad les debe proveer las indicaciones que necesitan. Los conductores desarrollan un conjunto de reflejos y de comportamientos que utilizan dentro de ciertas situaciones particulares. Este tipo de reacciones preprogramadas les

permiten circular con un nivel alto de seguridad. De tal modo que si ellos tuvieran que reflexionar todos los aspectos de la situación, cada vez que enfrentan un problema, la tasa de accidentes aumentaría considerablemente. Por lo tanto, es necesario estar conscientes de este fenómeno de reflejos y velar para que los conductores adopten un comportamiento similar cuando se encuentren en entornos similares.

1.8.4 Homologación intermunicipal de los límites de velocidad.

No todos los conductores que circulan por la red vial de un municipio habitan ahí mismo. Además, ciertas vialidades tienen una vocación intermunicipal. De tal manera que se necesita uniformar los límites de velocidad entre los diferentes municipios que integran una ciudad. Esto no quiere decir que se tenga que establecer una misma velocidad en toda la red vial. Sino que en caso de que exista una justificación para modificar el límite de velocidad dentro de un cierto municipio, se debe hacer lo mismo para un caso similar en otra municipalidad.

1.9 Antecedentes extranjeros en materia de límites de velocidad.

En general, los métodos utilizados para determinar los límites de velocidad pueden ser clasificados en dos grandes categorías: los métodos subjetivos, que no involucran elementos técnicos medibles y los métodos objetivos, que se apoyan sobre uno o varios criterios cuantificables.

1.9.1. Los métodos subjetivos.

Sin hablar del método en un sentido propio, ciertas autoridades utilizan procedimientos específicos para establecer los límites de velocidad, entre los principales se pueden destacar los siguientes:

a) La presión popular.

El límite se establece para responder a las demandas de la ciudadanía. Se trata principalmente de casos en donde, en una determinada vialidad, han tenido

lugar uno o varios accidentes mortales, o donde la presión popular se hace presente con frecuencia. Si bien, que este método satisface la petición de los demandantes, generalmente ocasiona una falta de respeto al nuevo límite de velocidad y no cambia considerablemente las velocidades practicadas en la zona. Además, existe la creencia, por parte de la ciudadanía, de que ciertas administraciones utilizan la presión popular para bajar el límite de velocidad y crear algunas zonas de "trampa" para los conductores, a fin de obtener altos ingresos por motivo de infracciones.

b) La prueba de velocidad de marcha (Test Run Speed).

Este es un examen en el que se determina el límite máximo de velocidad a través de una prueba de manejo sobre el camino. Idealmente, la persona designada deberá tener una amplia experiencia en la medida de las velocidades. El límite de velocidad será la media de la velocidad practicada de varios ensayos y que, según la persona, es segura y razonable.

c) El límite recomendado.

Se trata del caso de ciertos países europeos y algunos estados de la unión americana. En estos lugares, no se tiene ningún límite máximo de velocidad para ciertos tramos de caminos de accesos controlados. Sin embargo, sí se establece un límite de velocidad recomendado, del cual se carece de información de la manera en que se determina. Sin embargo, este debe ser inferior a la velocidad de diseño del camino.

1.9.2 Los métodos objetivos.

Los métodos objetivos se dividen principalmente en tres grandes categorías:

a) Los métodos con criterios estadísticos.

Basados principalmente en los estudios de Solomon (Ref. 23). Los argumentos de base son los siguientes:

- Las velocidades practicadas siguen una distribución normal.
- El 85 percentil se sitúa dentro del intervalo de velocidad donde la tasa de accidentes es menor.
- La variación entre las velocidades, y no las velocidades absolutas, es lo que afecta la tasa de accidentes.

a.1) La teoría de asimetría.

Este método se basa en la observación de datos de numerosos sitios en los cuales se muestra que la tasa de accidentes es mínima, cuando la distribución de velocidades practicadas sigue una distribución normal. Como el coeficiente de asimetría es directamente proporcional a la velocidad media, se obtiene un algoritmo de decisión que permite determinar el límite de velocidad apropiado para cada sitio. Cabe destacar que este método no es muy utilizado.

a.2) El método del 85 percentil.

Este método se apoya en el hecho de que el 85 percentil se sitúa a una desviación estándar de la media (para una distribución normal) y constituye, según la teoría, la velocidad a la cual la tasa de accidentes es mínima.

Este método consiste en medir las velocidades de una muestra de vehículos y de calcular la velocidad por debajo de la cual circula el 85% de los usuarios. Este método es de fácil aplicación y no amerita ningún tipo de interpretación si se cuenta con una muestra suficientemente grande. Frecuentemente usado, este criterio puede preferirse, ya sea solo o en conjunto con otros factores, para determinar el límite de velocidad a implantar en una vialidad. La mayoría de los estados de la unión americana y las provincias de Canadá utilizan este criterio para estimar los límites de velocidad, ya sea solo o combinado con otros criterios, entre algunos otros países que lo utilizan se pueden mencionar a Japón, Inglaterra, África del Sur y Australia.

Estos métodos con criterios estadísticos poseen algunas cualidades en común, entre las cuales se destacan:

- Son ampliamente utilizados, científicos y reconocidos por los profesionistas.
- Obtienen, de manera implícita, una buena tasa de respeto por parte de los conductores.
- La muestra de velocidad es simple y fácil de obtener.

Sin embargo, también presentan algunas deficiencias importantes:

- Estos métodos suponen que los usuarios de la ruta perciben perfectamente los riesgos, lo que no siempre es el caso.
- Son difíciles de entender para el público en general.
- Son inconsistentes en las zonas urbanas, puesto que la base de la teoría está fundamentada sobre la seguridad de los conductores de vehículos automotores y no sobre la del peatón, del ciclista y de los residentes.

b) Métodos de factores múltiples.

b.1) Las líneas directrices del Instituto de Ingenieros de Transporte (ITE por sus siglas en inglés).

Las líneas directrices emitidas por un comité de este organismo y publicadas dentro del Manual de la Ingeniería de Tránsito (Traffic Engineering Handbook), recomienda considerar los elementos siguientes a la hora de establecer un límite de velocidad:

I.- Velocidades vehiculares prevalecientes

- La velocidad del 85 percentil.
- Velocidad promedio de las pruebas de velocidad de marcha (test-run speeds).
- La distribución de la curva de velocidad.

II.- Características físicas:

- Velocidad de diseño
- Características físicas mesurables:
 - (1) La velocidad máxima confortable en curvas.
 - (2) El espaciamiento de las intersecciones.
 - (3) El número de accesos comerciales por km.
 - (4) La distancia de visibilidad.
 - (5) La longitud y la pendiente.
- Condiciones y características de la calzada:
 - (1) La rugosidad del pavimento.
 - (2) La presencia de bordos o vados.
 - (3) La presencia y condiciones de los acotamientos.
 - (4) La presencia y ancho de la faja separadora central.

III.- El historial de accidentes.

IV.- Características y control del tránsito:

- El volumen del tránsito.
- La presencia de vehículos estacionados y descargando.
- Los vehículos comerciales.
- Los movimientos de vuelta y su tipo de control.
- Los semáforos u otros dispositivos para el control del tránsito que afectan o que son afectados por las velocidades vehiculares.
- Los conflictos entre vehículos y peatones.

Sin embargo, estas líneas directrices no precisan la importancia de cada factor, ni las maneras de considerarlos. Lo que ocasiona que el ingeniero de tránsito utilice su juicio y experiencia creando un poco de subjetividad.

Partiendo de lo anterior, varios estados o países han desarrollado sus propios métodos, utilizando factores cuantitativos. De todos estos métodos, a continuación se mencionan brevemente algunos de ellos.

b.2) El método de regresión lineal.

El estado americano de Illinois ha desarrollado unas ecuaciones por regresión que permiten determinar la velocidad máxima. La hipótesis del método se basa en la relación lineal entre la variable dependiente (velocidad) y las variables independientes relacionadas con los conductores, los vehículos, las vialidades y las características del tránsito y del entorno. La regresión toma en cuenta, en un principio, hasta 50 factores diferentes, para después ser depurado a 12 factores, gracias a un estudio de correlación que permite eliminar aquellos factores que no tienen un efecto significativo sobre la variable dependiente. Estos factores son: el porcentaje de vehículos pesados, el grado de curvatura, las pendientes, los vehículos extranjeros, las distancias de visibilidad, el ancho de carril, la densidad de establecimientos comerciales y el volumen de circulación por sentido. El método provee ecuaciones diferentes según el número de carriles de la vialidad.

b.3) Tablas de velocidad.

El estado americano de Ohio propone una tabla de 10 factores representativos, donde para cada uno de ellos corresponde una velocidad, según el valor medido. Por lo tanto, solo hay que obtener la media aritmética de 10 valores para obtener la velocidad límite. El principio del sistema es que para cada criterio existe un nivel de valor apropiado a cada velocidad. Sin embargo, el método no precisa la fuente de los valores utilizados.

En África del Sur se utiliza un método similar al precedente, con la diferencia de que se toman 9 factores, en lugar de 10. En este método, se encuentra la velocidad correspondiente al valor de cada criterio y de tomar el valor más bajo de todos. Si se cree que éste es muy restrictivo, entonces se selecciona el segundo más bajo de todos.

Otro método interesante es el del Reino Unido, que consiste en utilizar un algoritmo del tipo de árbol de decisión, que toma en cuenta el valor de factores tales como la tasa de accidentes, el 85 percentil y el entorno para determinar el límite de velocidad.

b.4) El enfoque económico.

Este enfoque es otra manera de proceder utilizando factores, pero donde el único criterio es económico. No se trata más que de un análisis costo-beneficio entre los costos de operación, el ahorro de tiempo y el costo de los accidentes. La curva de los costos totales determina la velocidad apropiada.

Evidentemente, desde el punto de vista de la seguridad, este método ocasiona conflictos importantes en relación a la ética, ya que es difícil el comerciar las vidas humanas para obtener ahorros de combustible.

b.5) El enfoque mixto.

Esta categoría agrupa el mayor número de organismos. La mayoría de los estados de la unión americana utilizan el 85 percentil conjuntamente con el intervalo modal del 10 mi/h, los accidentes, u otros.

c) Los métodos legislativos.

Creado en Europa, este método es simple, puesto que se trata de determinar por defecto los límites de velocidad y colocar señales solamente en los casos en donde hay una excepción a la regla general. Un ejemplo de este tipo es el utilizado en Francia (Ref. 11).

Los límites se establecen legalmente, según el tipo de entorno del tramo en estudio: un límite para una autopista, un límite para la zona rural y otro para las zonas urbanas.

Sin embargo, para cumplir con la calidad primordial de un límite de velocidad que es la coherencia, es decir, un límite seguro y respetado por los conductores, es necesario efectuar nuevamente un estudio en todo lugar donde el límite establecido no es creíble, lo cual ocasiona costos considerables.

Además, es muy importante prestar la atención debida a la difusión a las reglas en que se establecen los límites de velocidad, ya que el empleo de señales que indican el límite de velocidad es reducido a lo mínimo posible.

1.10 El marco legal de los límites de velocidad en el área metropolitana de Monterrey.

Los límites de velocidad en las vialidades de los diferentes municipios que integran el área metropolitana de Monterrey están establecidos en el artículo 41 del Reglamento Homologado de Tránsito del área Metropolitana del Estado de Nuevo León el cual dice:

La velocidad máxima en el Municipio es de cincuenta kilómetros por hora, excepto en los lugares en que se especifique mediante el señalamiento respectivo una velocidad diferente. No obstante lo anterior, se debe limitar a la velocidad de treinta kilómetros por hora en zonas y horarios escolares, frente a hospitales, parques infantiles y lugares de recreo, ante concentraciones de peatones y en cualquier circunstancia en que la visibilidad y las condiciones para conducir estén por debajo de los límites normales.

Los vehículos con peso bruto mayor a cinco mil kilogramos, los de servicio público colectivo de pasajeros, los de transporte escolar y los que transporten material explosivo o peligroso, deberán limitar su velocidad a cincuenta kilómetros por hora aún cuando haya señales que autoricen velocidad mayor.

Por otro lado, en el capítulo décimo noveno del mismo reglamento se establecen las atribuciones de la autoridad municipal, entre ellas, se destaca en la fracción

X que el gobierno municipal tiene la facultad de hacer cambios y ajustes en la vialidad, de acuerdo con las circunstancias. Por consecuencia, es el gobierno municipal quien establece y/o modifica los límites de velocidad en las vialidades urbanas de acuerdo con sus condiciones de tal manera que estos creen un entorno seguro para los usuarios de las vías públicas.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE LOS FACTORES A INCLUIRSE EN EL MODELO DE DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE VELOCIDAD.

2.1 Generalidades.

Elaborar un modelo para establecer los límites de velocidad es una tarea compleja que requiere de mucha información de campo y observación. Al estudiar algunos de los métodos para establecer los límites máximos de velocidad en distintos países o regiones, podemos concluir que existe una gama bastante variable a este respecto. Cabe destacar que cada modelo presenta ventajas y desventajas sobre los otros y como consecuencia, cada método presenta fortalezas y debilidades. Lo más importante de todo esto es estar consciente de ellas para poder saber las limitantes de dicho método y saber aplicarlo de manera prudente para obtener los resultados deseados.

2.2 Objetivo.

La elaboración de un método para establecer los límites máximos de velocidad en el área metropolitana de Monterrey es una necesidad primordial en materia de vialidad en nuestra ciudad. Constantemente conducimos sobre vialidades en las que desconocemos cual es la velocidad límite a tomar, ya que una misma vialidad con las mismas condiciones geométricas y de entorno presenta diferentes velocidades límite. Es muy común también ver límites de velocidad que son sobrepasados por la mayoría de los conductores, por ser demasiado bajos.

Por lo tanto, el objetivo fundamental de este estudio es crear un método fácil de comprender y de utilizar, que permita a las autoridades establecer un límite máximo de velocidad que sea adecuado a las condiciones del entorno y que garantice la seguridad de todos los usuarios de la vía, además de incrementar la credibilidad y el respeto del conductor hacia el señalamiento y que ayude a la homologación de criterios.

2.3 Campo de aplicación.

Este modelo puede aplicarse a cualquier vialidad urbana pavimentada, de 1 a 3 carriles por sentido, sin importar las condiciones de la faja separadora central. Las vialidades de más de 3 carriles por sentido y/o las vialidades con accesos controlados deben analizarse en forma separada, ya que presentan generalmente altos volúmenes vehiculares, que exigen condiciones mínimas de seguridad en su infraestructura que se salen del área de estudio del presente trabajo. Sin embargo, si se cumplen las condiciones mínimas de seguridad, se puede utilizar la determinación de un límite de velocidad, siguiendo el criterio de la velocidad del 85 percentil (Véase 1.9.2.).

2.4 Selección preliminar de los factores que serán incluidos en el modelo.

Como lo hemos mencionado anteriormente, el objetivo principal de este estudio es obtener un modelo que permita estimar el límite de velocidad más adecuado para una determinada vialidad urbana, de una manera simple. Para lograr lo anterior, se efectuará una recopilación de todos los factores que deben ser tomados en cuenta para este fin, revisando los modelos usados en otros países y algunos estudios de nivel internacional.

2.4.1 Recopilación de los factores a tomar en cuenta.

Sin duda alguna, existen numerosos factores que influyen la velocidad que debe establecerse como límite en una determinada vialidad. Una buena guía es el de las "Líneas Directrices del Instituto de Ingenieros de Transporte", que se describe en el punto 1.9.2 del capítulo anterior. En esta guía se agrupan y se desglosan todos los factores que pudieran tener un efecto en la velocidad, tales como: las velocidades practicadas, las características físicas de la vialidad, el historial de accidentes así como las características y el control del tránsito. A continuación se enlistan los factores que pudieran ser tomados en cuenta para la elaboración del modelo los cuales proceden de la bibliografía consultada.

Factor

- La clasificación funcional.
- La longitud del tramo en estudio.
- El estado físico de la superficie de rodamiento.
- El revestimiento de los acotamientos.
- La topografía de la zona.
- La presencia de peatones o ciclistas.
- La presencia de vehículos estacionados.
- El número de semáforos.
- El número de semáforos de destello.
- El número de señales de alto.
- El tránsito promedio diario anual.
- El porcentaje de vehículos pesados.
- El número de accesos comerciales por kilómetro.
- El número de accesos residenciales por kilómetro.
- El número de accesos industriales por kilómetro.
- El número de intersecciones por kilómetro.
- La tasa de accidentes.
- Los daños materiales equivalentes por accidentes.
- La presencia de banquetas.
- El ancho de banquetas.
- La proporción de longitud con banquetas.
- La proporción de longitud con pendientes.
- La distancia libre lateral.
- La proporción de la longitud con curvas pronunciadas.
- El ancho de carriles.
- El ancho de acotamientos.
- La velocidad del 50 percentil.
- La velocidad del 85 percentil.
- El volumen vehicular en la hora de máxima demanda.
- El volumen peatonal en la hora de máxima demanda.

2.4.2 Factores que serán eliminados del modelo.

De la lista anterior, se deberán tomar en cuenta los factores que discriminen mejor la velocidad recomendada; sin embargo, debe tenerse en cuenta que, debido a que el principal objetivo de este estudio es obtener una guía que permita que una persona que no es experta en el área de la ingeniería de tránsito pueda seleccionar un límite de velocidad adecuado para una determinada vialidad de una manera simple, se debe tener en cuenta que los factores a seleccionar sean también fáciles a obtener y comprender.

A continuación, se vuelve a elaborar una lista de aquellos factores eliminados y que por lo tanto no serán incluidos en el modelo, así como una explicación del porqué se tomó esta decisión.

Factor	Razón de eliminación
El estado físico de la superficie de rodamiento.	Todos los sitios estudiados presentan características similares del estado de la superficie de rodamiento.
El revestimiento de los acotamientos.	Ninguno de los sitios estudiados presentaba acotamientos.
La topografía de la zona.	Presenta relación con la escala de visibilidad en curvas verticales y la distancia de frenado y se elimina ya que el modelo es aplicable solamente en aquellas vialidades donde no existen restricciones de diseño.
El número de semáforos.	Debido a que, en los sitios estudiados, los semáforos se presentaban en intersecciones, las cuales pueden

representarse como un acceso, se prefiere tomar este último para un modelo más simple. Por otra parte, no se considera el efecto que los semáforos pudieran tener sobre la velocidad de operación, ya que el límite de velocidad indica la velocidad máxima a la que se puede circular sobre una determinada vialidad bajo condiciones de tránsito ideales.

- El número de semáforos de destello. Debido a que los semáforos de destello se utilizan para indicar una situación peligrosa, ya sea por falta de visibilidad o un alto cruce de peatones y/o vehículos, el efecto de este factor será tomado en cuenta en los factores de densidad de accesos y de presencia de peatones, por ser estos dos factores considerados más importantes.
- El número de señales de alto. Al igual que en el factor de número de semáforos, las señales de alto en los sitios estudiados están relacionadas con el número de bocacalles, las cuales pueden ser consideradas como un acceso, por lo tanto, el efecto de las señales de alto es considerada dentro del factor de densidad de accesos para así mantener el modelo simple.
- El tránsito promedio diario anual. El TPDA se elimina, ya que es un dato que no es fácilmente determinado. Además, su efecto será incluido en el

	factor de volumen vehicular en la hora de máxima demanda.
El porcentaje de vehículos pesados.	No se toma en cuenta ya que es difícil estimar su efecto sobre los límites de velocidad y la seguridad de los usuarios de la vía.
La tasa de accidentes.	No se cuenta con el historial de accidentes en las vialidades en estudio.
Los daños materiales de los accidentes.	Idéntico al anterior.
La proporción de longitud con pendientes.	No se toma en cuenta, ya que es difícil estimar su efecto sobre los límites de velocidad y la seguridad de los usuarios de la vía.
La proporción de la longitud con curvas pronunciadas.	No se toma en cuenta por la misma razón que la del factor de topografía de la zona. Ya que ambos factores presentan relación con la escala de visibilidad en curvas verticales y la distancia de frenado y se elimina ya que el modelo es aplicable solamente en aquellas vialidades donde no existen restricciones de diseño.
El ancho de acotamientos.	Se descarta, ya que en ninguno de los sitios estudiados se presentan acotamientos. Además, su efecto puede

ser incluido dentro del de distancia libre lateral para fines prácticos.

El ancho de carril.

Es bien sabido que la velocidad del 85 percentil refleja ya el efecto que tiene el ancho de carril en la velocidad que un conductor elige tomar. Por lo tanto, se elimina, ya que su efecto es incluido dentro de la velocidad del 85 percentil y se prefiere éste último por ser más utilizado en este dominio.

Como se pudo observar, las principales causas de la eliminación de factores dentro del modelo se pueden destacar que algunos de éstos presentan una fuerte correlación con algún otro factor e incluir ambos sería un tanto redundante; también se eliminaron algunos otros ya que su efecto aislado es menos evidente que el que se tiene, si se combina con otros factores (tal es el caso del de ancho de acotamientos) y finalmente porque la estimación y aplicación de algunos harían un modelo más complejo ocasionando que no se alcance el objetivo principal del estudio de obtener un modelo simple de usar.

2.4.3 Los factores que se utilizarán en el modelo.

Después de efectuar una eliminación preliminar de factores, se ha llegado a la siguiente lista preeliminar de los factores con los que se estructurará el modelo para la determinación de los límites de velocidad, en la que se explica el motivo de su uso en el modelo.

La clasificación funcional.

Se ha decidido incluir este factor ya que presenta cierta influencia sobre el comportamiento del conductor. Es decir, un conductor tiende a desesperarse más rápidamente si es obligado a circular a 30 km/h en una arteria, que si se es

	obligado a circular a 30 km/h en una calle colectora o local.
La longitud del tramo en estudio.	Se deben evitar los tramos demasiado cortos excepto para los casos en donde la velocidad de 30 km/h es aplicable (parques, escuelas, salidas de fábricas, etc) ya que éstos son inefectivos y difíciles de controlar por parte de las autoridades. Revisando la bibliografía se puede establecer como regla general que ningún tramo (a excepción de las zonas escolares) debe ser menor a la distancia recorrida en 25 segundos a la velocidad límite ó a 400 m, la que resulte menor.
La presencia de peatones o ciclistas.	Sin duda alguna, la presencia de peatones y/o ciclistas es de capital importancia para establecer un límite de velocidad que sea seguro para los todos los usuarios de la vía, por ser éstos los más vulnerables.
La presencia de vehículos estacionados.	La presencia de vehículos estacionados reduce la distancia libre lateral de los conductores y debe ser tomada en cuenta por razones de seguridad.
El número de accesos comerciales por kilómetro.	Numerosos estudios han concluido que el número de accesos comerciales por kilómetro es uno de los factores más importantes para establecer un límite de

	velocidad seguro para todos los usuarios. Por lo tanto, debe ser incluido también por razones de seguridad.
El número de accesos residenciales por kilómetro.	Mismas razones que el factor anterior.
El número de accesos industriales por kilómetro.	Mismas razones que el factor anterior.
El número de intersecciones por kilómetro.	Mismas razones que el factor anterior.
La presencia de banquetas.	Se incluye por razones de seguridad.
El ancho de banquetas.	Mismas razones que el factor anterior.
La proporción de longitud con banquetas.	Mismas razones que el factor anterior.
La distancia libre lateral.	Mismas razones que el factor anterior.
La velocidad del 85 percentil.	Este factor es ampliamente utilizado en el dominio de establecer los límites de velocidad, en el nivel mundial, por lo que será incluido dentro del modelo.
La velocidad del 50 percentil.	Será incluida debido a la importancia que representa este valor ya que es un valor medio de las velocidades practicadas en el tramo en estudio.

El volumen vehicular en la hora de máxima demanda.

Será incluido para fines de verificar la interrelación segura entre vehículos y peatones.

El volumen peatonal en la hora de máxima demanda.

Misma razón que punto anterior.

2.5 Formulario para la recolección de datos.

Con base en el análisis preliminar de selección y rechazo de factores a ser incluidos en el modelo, se ha elaborado un formulario de campo que facilitará la recolección de datos. Este formulario permitirá obtener, de una manera rápida, la información necesaria para la elaboración definitiva del modelo de determinación de límites de velocidad. En el Anexo I se puede observar el formulario y se incluye un glosario de los términos empleados.

CAPÍTULO 3

LOS ESTUDIOS REALIZADOS Y LA MEMORIA FOTOGRAFICA.

3.1 Las zonas de estudio.

Se seleccionaron 5 vialidades urbanas, en distintas zonas del área metropolitana de Monterrey las cuales presentan uniformidad en cuanto a geometría y condiciones del pavimento. Sin embargo, el número de accesos y las velocidades practicadas varían considerablemente. A continuación se enlistan tales vialidades.

TABLA 3.1 Vialidades estudiadas.

Vialidad	Entre	Municipio
Av. San Nicolás	Nogalar y Av. de la Juventud	San Nicolás de los Garza
Av. República Mexicana	Av. de la Juventud y Anillo Vial	San Nicolás de los Garza
Av. Movimiento Obrero	Blvd. Díaz Ordaz y Constitución	Santa Catarina
Av. Aarón Sáenz	Viaducto de la Unidad y Av. Rogelio Cantú	Monterrey
Av. Chapultepec	José E. Gzz y Agustín Lara	Monterrey

3.2 La memoria fotográfica.

En cada zona de estudio se tomaron 6 fotografías, en la que se pueden ver las características geométricas y de tránsito de las zonas estudiadas. Para obtener una idea general de la totalidad de la zona estudiada, se tomaron dos fotografías en cada uno de sus extremos y dos en la zona central o donde se realizó el estudio de velocidad. De cada par de fotografías, se tomó una en cada dirección.

a) Av. San Nicolás.



Figura 3.1 Av. San Nicolás, desde el extremo próximo a Av de la Juventud, hacia el norte.



Figura 3.2 Av. San Nicolás, desde el extremo próximo a Av de la Juventud, hacia el sur.



Figura 3.3 Av. San Nicolás, desde el punto del estudio de velocidad, hacia el norte.



Figura 3.4 Av. San Nicolás, desde el punto del estudio de velocidad, hacia el sur.



Figura 3.5 Av. San Nicolás, desde el extremo próximo a la Av. Nogalar, hacia el norte.



Figura 3.6 Av. San Nicolás, desde el extremo próximo a la Av. Nogalar, hacia el sur.

b) Av. República Mexicana.



Figura 3.7 Av. Rep. Mexicana, desde el extremo próximo al Anillo Vial, hacia el norte.



Figura 3.8 Av. Rep. Mexicana, desde el extremo próximo al Anillo Vial, hacia el sur.



Figura 3.9 Av. Rep. Mexicana, desde el punto del estudio de velocidad, hacia el norte.



Figura 3.10 Av. Rep. Mexicana, desde el punto del estudio de velocidad, hacia el sur.



Figura 3.11 Av. Rep. Mexicana, desde extremo próximo a Av. de la Juventud, hacia el norte.



Figura 3.12. Av. Rep. Mexicana, desde extremo próximo a Av. de la Juventud, hacia el sur.

c) Av. Movimiento Obrero.

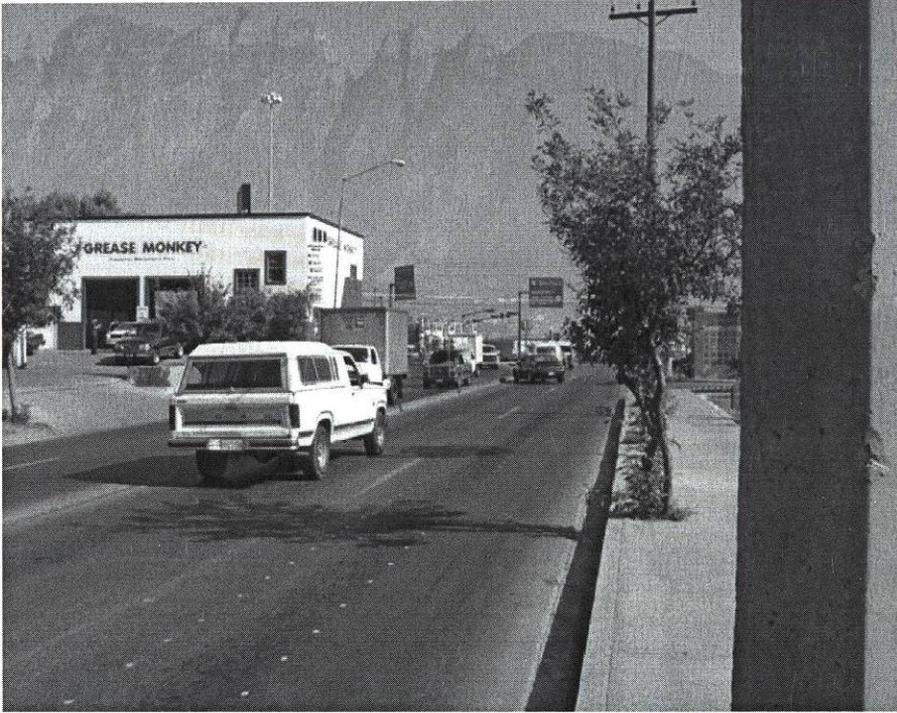


Figura 3.13 Av. Mov. Obrero, desde el extremo próximo a Blvd. Díaz Ordaz, hacia el norte.

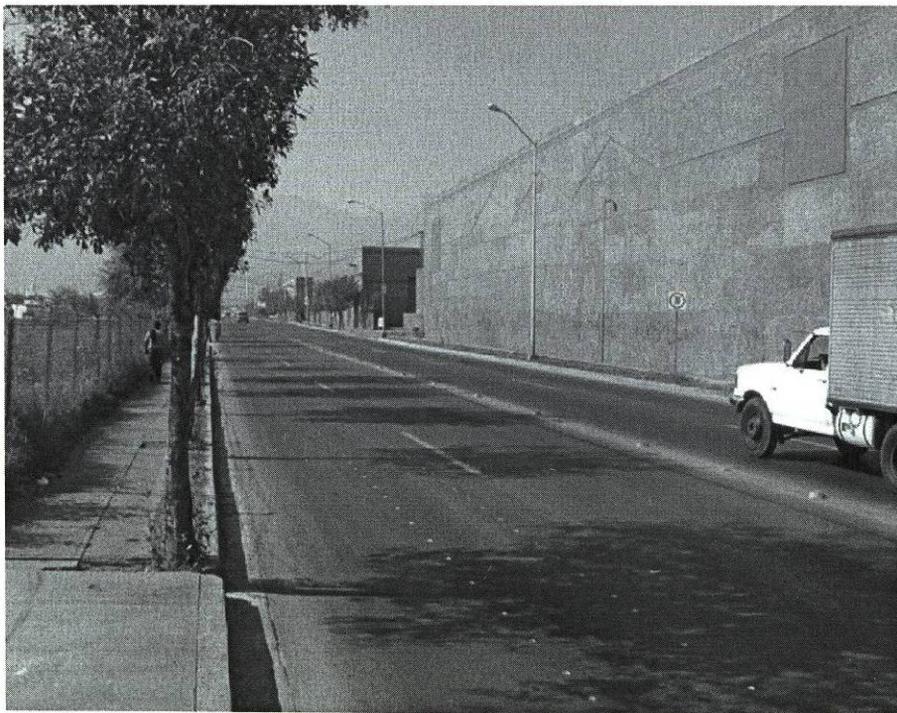


Figura 3.14 Av. Mov. Obrero, desde el extremo próximo a Blvd. Díaz Ordaz, hacia el sur.



Figura 3.15 Av. Mov. Obrero, desde el punto del estudio de velocidad, hacia el norte.



Figura 3.16 Av. Mov. Obrero, desde el punto del estudio de velocidad, hacia el sur.

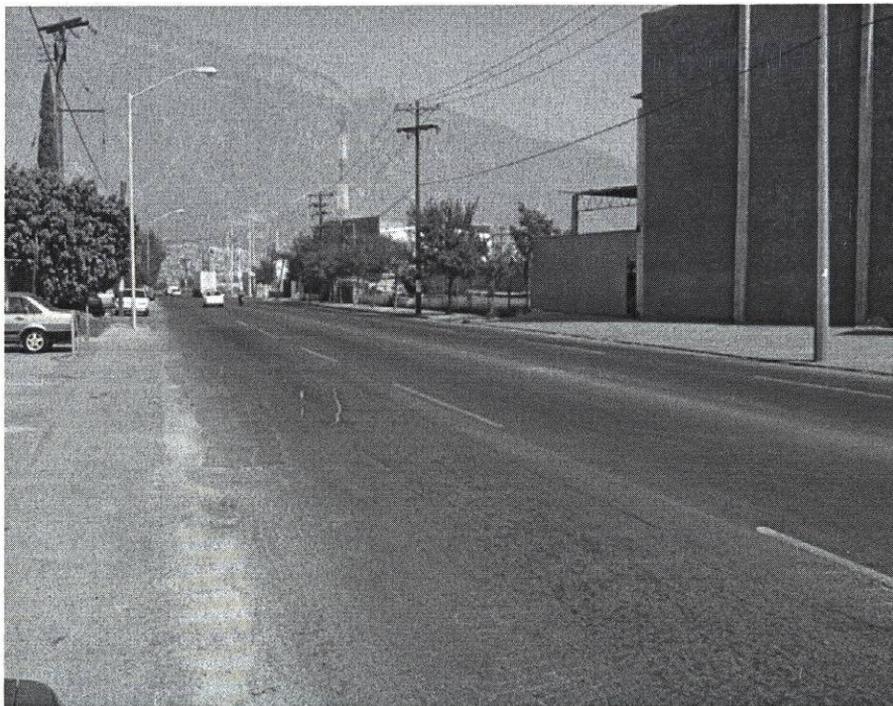


Figura 3.17 Av. Mov. Obrero desde el extremo próximo a Av. Constitución, hacia el norte.



Figura 3.18 Av. Mov. Obrero, desde el extremo próximo a Av. Constitución, hacia el sur.

d) Av. Aarón Sáenz.



Figura 3.19 Av. A. Sáenz, desde el extremo próximo al Camino al Club de Tiro, hacia el ote.



Figura 3.20 Av. A. Sáenz, desde el extremo próximo al Camino al Club de Tiro, hacia el pte.

d) Av. Aarón Sáenz.



Figura 3.19 Av. A. Sáenz, desde el extremo próximo al Camino al Club de Tiro, hacia el ote.

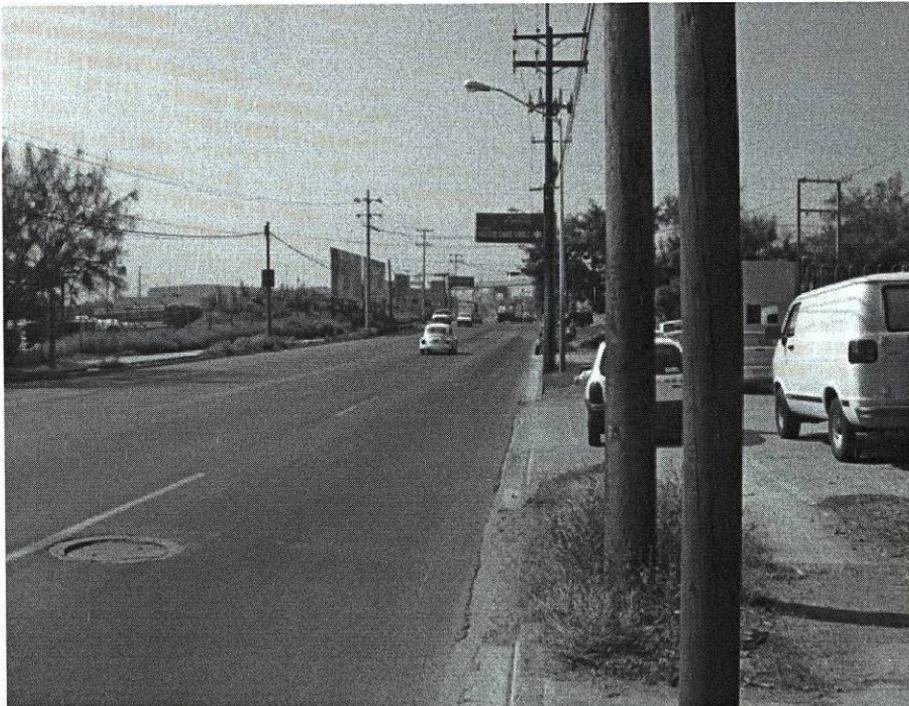


Figura 3.20 Av. A. Sáenz, desde el extremo próximo al Camino al Club de Tiro, hacia el pte.



Figura 3.21 Av. A. Sáenz, desde el punto del estudio de velocidad, hacia el ote.



Figura 3.22 Av. A. Sáenz, desde el punto del estudio de velocidad, hacia el pte.

e) Av. Chapultepec.

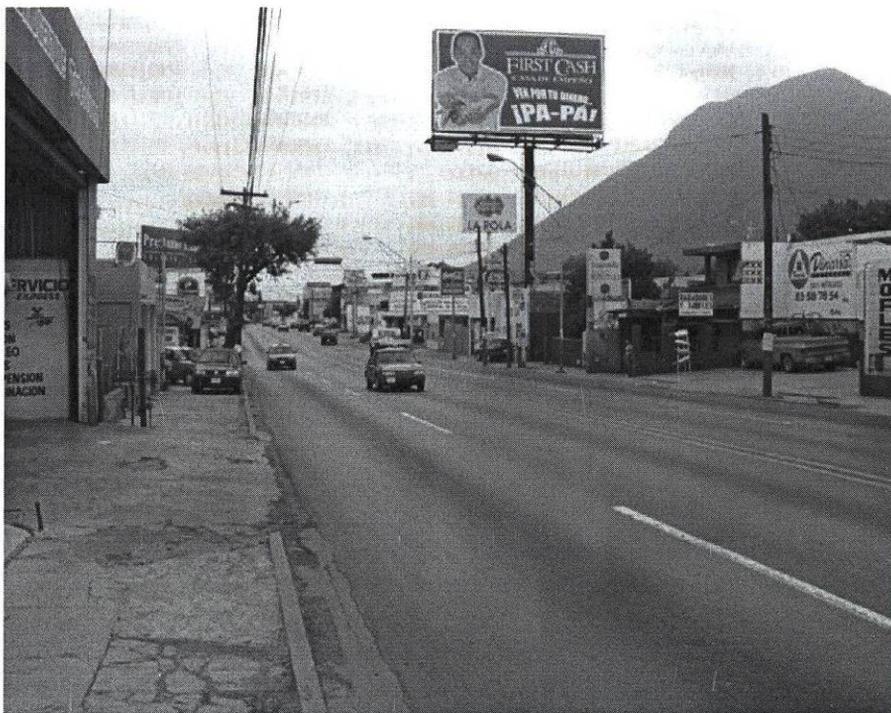


Figura 3.25 Av. Chapultepec, desde el extremo próximo a José E. Gzz, hacia el ote.



Figura 3.26 Av. Chapultepec, desde el extremo próximo a José E. Gzz, hacia el pte.



Figura 3.27 Av. Chapultepec, desde el punto del estudio de velocidad, hacia el ote.



Figura 3.28. Av. Chapultepec, desde el punto del estudio de velocidad, hacia el pte.



Figura 3.29. Av. Chapultepec, desde el extremo próximo a Agustín Lara, hacia el ote.



Figura 3.30. Av. Chapultepec, desde el extremo próximo a Agustín Lara, hacia el pte.

3.3 Estudios de campo realizados.

A continuación se presentan los estudios de campo realizados en cada una de las 5 vialidades analizadas.

3.3.1 Registros de campo.

Dichos estudios consistieron en establecer sub-tramos homogéneos, medir el ancho de la calzada y de la línea central que divide los sentidos de circulación, verificar la existencia de banquetas y sus anchos así como de alguna obstrucción en éstas que restrinja la visibilidad lateral de los conductores. Se tomó en cuenta también si se permite el estacionamiento paralelo en la calzada, la presencia de dispositivos para el control del tránsito, así como el número de accesos residenciales, comerciales e industriales y las bocacalles que intersectan la vialidad en estudio.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD
REGISTRO DE CAMPO

Clave: SN-01

IDENTIFICACIÓN

Fecha: 09 nov 04
 D M A

Responsable: Carlos Silva

Tramo en estudio: Ave. San Nicolás

Entre: Ave. Nogalar y Ave. De la Juventud

Municipio: San Nicolás de los Garza, N.L.

Clasificación funcional: Colectora

Fotografías:

Anexe seis fotografías e identifíquelas. Éstas deben de ser tomadas al principio, en el sitio del estudio de velocidad y al final de la zona de estudio para cada sentido de la vialidad.

Comentarios y/o observaciones:
Ninguna

Límite de Velocidad: 40 km/hr Sentidos de circulación: 2 Carriles por sentido: 2

MEDICIONES DE CAMPO

Topografía de la zona: Plano Pendiente suave Pendiente pronunciada

1) Configuración y geometría

Subtramo	Longitud (m)	Anchos (m)		Ancho banquetas ^C (m)		Vegetación u obstáculos al límite de banqueta	LSB ^D > 15 m	
		Calzada ^A	Línea central ^B	N S E W	N S E W		Si	No
1	<u>360</u>	<u>13.9</u>	<u>0.6</u>	<u>6.0</u>	<u>6.0</u>	<u>Ninguno</u>	Si	No
2	<u>740</u>	<u>13.9</u>	<u>0.6</u>	<u>8.0</u>	<u>6.0</u>	<u>Ninguno</u>	Si	No
3	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Si	No
4	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Si	No
5	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Si	No
Longitud Total: <u>1100</u>		% Longitud con banquetas = <u>100%</u>						

- A Calzada: Superficie destinada al tránsito vehicular
- B Línea central: Marcas sobre el pavimento que sirven para separar los sentidos de circulación
- C Banqueta: Superficie revestida o no cuya función es la proveer un espacio para el tránsito peatonal.
- D LSB: Longitud sin banqueta



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD
REGISTRO DE CAMPO



Clave: SN-01

INFORMACIÓN A VERIFICAR

2) Presencia de estacionamiento en la calzada

Sí

No

3) Presencia de edificios públicos con fuerte concentración de peatones

Sí

No

Especifique: _____

INFORMACIÓN A RECOLECTAR

4) Presencia de dispositivos para el control del tránsito:

	Número	Observaciones
Señal de alto	0	_____
Semáforos	1	En cruce con Ave. Titán
Semáforo de destello	0	_____
Bordos o bollas	0	_____

5) Número de accesos por ambos lados

	Acera 1				Acera 2				Total	
	N	S	E	W	N	S	E	W		
Entradas a cocheras (residenciales)	Número				Número					
	0				14				14	
Entradas a comercios y lugares públicos	2				8				10	
Intersecciones	1				18				19	
Entradas a industrias	11				1				12	
									Total	55



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD
REGISTRO DE CAMPO

Clave: SN-02

IDENTIFICACIÓN

Fecha: 09 nov 04
D M A

Responsable: Carlos Silva

Tramo en estudio: Ave. República Mexicana

Entre: Ave de la Juventud y Anillo Vial Metropolitana

Municipio: San Nicolás de los Garza, N.L.

Clasificación funcional: Colectora

Fotografías:

Anexe seis fotografías e identifíquelas. Éstas deben de ser tomadas al principio, en el sitio del estudio de velocidad y al final de la zona de estudio para cada sentido de la vialidad.

Comentarios y/o observaciones:

Ninguna

Límite de Velocidad: 40 km/hr (N-S) Sentidos de circulación: 2 Carriles por sentido: 2
30 km/hr (S-N)

MEDICIONES DE CAMPO

Topografía de la zona: Plano Pendiente suave Pendiente pronunciada

1) Configuración y geometría

Subtramo	Longitud (m)	Anchos (m)		Ancho banquetas ^C (m)		Vegetación u obstáculos al límite de banqueta	LSB ^D > 15 m	
		Calzada ^A	Línea central ^B	N S - W	N S E W		Si	No
1	<u>252</u>	<u>14.3</u>	<u>0.45</u>	<u>2.5</u>	<u>1.5</u>	<u>Ninguno</u>	Si	No
2	<u>120</u>	<u>14.3</u>	<u>0.45</u>	<u>0.9</u>	<u>1.2</u>	<u>Ninguno</u>	Si	No
3	<u>264</u>	<u>14.3</u>	<u>0.45</u>	<u>2.5</u>	<u>1.5</u>	<u>Ninguno</u>	Si	No
4	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	Si	No
5	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	<u> </u>	Si	No
Longitud Total:	<u>636</u>	% Longitud con banquetas = 100%						

- A Calzada: Superficie destinada al tránsito vehicular
- B Línea central: Marcas sobre el pavimento que sirven para separar los sentidos de circulación
- C Banqueta: Superficie revestida o no cuya función es la proveer un espacio para el tránsito peatonal.
- D LSB: Longitud sin banqueta



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD
REGISTRO DE CAMPO



Clave: SN-02

INFORMACIÓN A VERIFICAR

2) Presencia de estacionamiento en la calzada

Sí

No

3) Presencia de edificios públicos con fuerte concentración de peatones

Sí

No

Especifique: _____

INFORMACIÓN A RECOLECTAR

4) Presencia de dispositivos para el control del tránsito:

	Número	Observaciones
Señal de alto	0	_____
Semáforos	0	_____
Semáforo de destello	0	_____
Bordos o bollas	0	_____

5) Número de accesos por ambos lados

	Acera 1				Acera 2				Total
	N	S	E	W	N	S	E	W	
Entradas a cocheras (residenciales)	Número				Número				
	0				0				0
Entradas a comercios y lugares públicos	0				0				0
Intersecciones	0				0				0
Entradas a industrias	1				0				1
									Total
									1



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD
REGISTRO DE CAMPO

Clave: SC-01

IDENTIFICACIÓN

Fecha: 10 nov 04
 D M A

Responsable: Carlos Silva

Tramo en estudio: Ave. Movimiento Obrero

Entre: Blvd. Díaz Orzaz y Ave. Constitución

Municipio: Santa Catarina, N.L.

Clasificación funcional: Colectora

Fotografías:
 Anexe seis fotografías e identifíquelas. Éstas deben de ser tomadas al principio, en el sitio del estudio de velocidad y al final de la zona de estudio para cada sentido de la vialidad.

Comentarios y/o observaciones:
Ninguna

Limite de Velocidad: 40 km/hr Sentidos de circulación: 2 Carriles por sentido: 2

MEDICIONES DE CAMPO

Topografía de la zona: Plano Pendiente suave Pendiente pronunciada

1) Configuración y geometría

Subtramo	Longitud (m)	Anchos (m)		Ancho banquetas ^C (m)		Vegetación u obstáculos al límite de banquetas	LSB ^D > 15 m	
		Calzada ^A	Línea central ^B	N S E W	N S E W		Si	No
1	<u>280</u>	<u>14.0</u>	<u>0.45</u>	<u>2.0</u>	<u>4.4</u>	<u>Ninguno</u>	Si	No
2	<u>220</u>	<u>14.0</u>	<u>0.45</u>	<u>2.5</u>	<u>4.0</u>	<u>Ninguno</u>	Si	No
3	<u>280</u>	<u>14.0</u>	<u>0.45</u>	<u>3.6</u>	<u>3.6</u>	<u>Ninguno</u>	Si	No
4	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Si	No
5	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Si	No
Longitud Total:	<u>780</u>	% Longitud con banquetas = 100%						

- A Calzada: Superficie destinada al tránsito vehicular
- B Línea central: Marcas sobre el pavimento que sirven para separar los sentidos de circulación
- C Banqueta: Superficie revestida o no cuya función es la proveer un espacio para el tránsito peatonal.
- D LSB: Longitud sin banquetas



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD
REGISTRO DE CAMPO

Clave: SC-01

INFORMACIÓN A VERIFICAR

2) Presencia de estacionamiento en la calzada

Sí No

3) Presencia de edificios públicos con fuerte concentración de peatones

Sí No

Especifique: _____

INFORMACIÓN A RECOLECTAR

4) Presencia de dispositivos para el control del tránsito:

	Número	Observaciones
Señal de alto	0	_____
Semáforos	0	_____
Semáforo de destello	0	_____
Bordos o bollas	0	_____

5) Número de accesos por ambos lados

	Acera 1				Acera 2				Total
	N	S	E	W	N	S	E	W	
Entradas a cocheras (residenciales)	Número				Número				
	0				0				0
Entradas a comercios y lugares públicos	1				1				2
Intersecciones	2				1				3
Entradas a industrias	4				6				10
									Total
									15



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD
REGISTRO DE CAMPO



Clave: MT-01

IDENTIFICACIÓN

Fecha: 10 nov 04
D M A

Responsable: Carlos Silva

Tramo en estudio: Ave. Aarón Sáenz

Entre: Viaducto de la Unidad y Camino al Club de Tiro

Municipio: Monterrey, N. L.

Clasificación funcional: Arteria

Fotografías:

Anexe seis fotografías e identifíquelas. Éstas deben de ser tomadas al principio, en el sitio del estudio de velocidad y al final de la zona de estudio para cada sentido de la vialidad.

Comentarios y/o observaciones:

Ninguna

Límite de Velocidad: 40 km/hr

Sentidos de circulación: 2

Carriles por sentido: 2

MEDICIONES DE CAMPO

Topografía de la zona: Plano Pendiente suave Pendiente pronunciada

1) Configuración y geometría

Subtramo	Longitud (m)	Anchos (m)		Ancho banquetas ^C (m)		Vegetación u obstáculos al límite de banqueta	LSB ^D > 15 m	
		Calzada ^A	Línea central ^B	N S E W	N S E W		Si	No
1	<u>480</u>	<u>14.0</u>	<u>0.45</u>	<u>4.5</u>	<u>2.0</u>	<u>Ninguno</u>	Si	No
2	<u>110</u>	<u>14.0</u>	<u>0.45</u>	<u>4.5</u>	<u>2.6</u>	<u>Ninguno</u>	Si	No
3	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Si	No
4	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Si	No
5	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Si	No
Longitud Total:	<u>590</u>	% Longitud con banquetas = <u>100%</u>						

- A Calzada: Superficie destinada al tránsito vehicular
- B Línea central: Marcas sobre el pavimento que sirven para separar los sentidos de circulación
- C Banqueta: Superficie revestida o no cuya función es la proveer un espacio para el tránsito peatonal.
- D LSB: Longitud sin banqueta



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD
REGISTRO DE CAMPO



Clave: MT-01

INFORMACIÓN A VERIFICAR

2) Presencia de estacionamiento en la calzada

Sí

No

3) Presencia de edificios públicos con fuerte concentración de peatones

Sí

No

Especifique: _____

INFORMACIÓN A RECOLECTAR

4) Presencia de dispositivos para el control del tránsito:

	Número	Observaciones
Señal de alto	0	
Semáforos	1	En cruce con Ave. R. Cantú
Semáforo de destello	0	
Bordos o bollas	0	

5) Número de accesos por ambos lados

	Acera 1		Acera 2		Total
	N	S	N	S	
Entradas a cocheras (residenciales)	Número		Número		
	0	0	0	0	0
Entradas a comercios y lugares públicos	3	0	0	0	3
Intersecciones	1	0	0	0	1
Entradas a industrias	7	0	8	0	15
					Total
					19



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD
REGISTRO DE CAMPO

Clave: MT-02

IDENTIFICACIÓN

Fecha: 10 nov 04
 D M A

Responsable: Carlos Silva

Tramo en estudio: Ave. Chapultepec

Entre: José Eleuterio González y Agustín Lara

Municipio: Monterrey, N. L.

Clasificación funcional: Arteria

Fotografías:
 Anexe seis fotografías e identifíquelas. Éstas deben de ser tomadas al principio, en el sitio del estudio de velocidad y al final de la zona de estudio para cada sentido de la vialidad.

Comentarios y/o observaciones:
Ninguna

Límite de Velocidad: No hay señal Sentidos de circulación: 2 Carriles por sentido: 2

MEDICIONES DE CAMPO

Topografía de la zona: Plano Pendiente suave Pendiente pronunciada

1) Configuración y geometría

Subtramo	Longitud (m)	Anchos (m)		Ancho banquetas ^C (m)		Vegetación u obstáculos al límite de banqueta	LSB ^D > 15 m	
		Calzada ^A	Línea central ^B	N S E W	N S E W		Sí	No
1	<u>536</u>	<u>13.9</u>	<u>0.45</u>	<u>3.1</u>	<u>3.0</u>	<u>Ninguno</u>	Sí	No
2	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Sí	No
3	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Sí	No
4	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Sí	No
5	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Sí	No
Longitud Total: <u>536</u>		% Longitud con banquetas = 100%						

A Calzada: Superficie destinada al tránsito vehicular
 B Línea central: Marcas sobre el pavimento que sirven para separar los sentidos de circulación
 C Banqueta: Superficie revestida o no cuya función es la proveer un espacio para el tránsito peatonal.
 D LSB: Longitud sin banqueta



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL



DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD
REGISTRO DE CAMPO

Clave: MT-02

INFORMACIÓN A VERIFICAR

2) Presencia de estacionamiento en la calzada

Sí

No

3) Presencia de edificios públicos con fuerte concentración de peatones

Sí

No

Especifique: _____

INFORMACIÓN A RECOLECTAR

4) Presencia de dispositivos para el control del tránsito:

	Número	Observaciones
Señal de alto	0	_____
Semáforos	1	En cruce con Ave.Herreros
Semáforo de destello	0	_____
Bordos o bollas	0	_____

5) Número de accesos por ambos lados

	Acera 1		Acera 2		Total
	N	S	E	W	
Entradas a cocheras (residenciales)	Número		Número		
	4	0	2	0	6
Entradas a comercios y lugares públicos	31	0	18	0	49
Intersecciones	5	0	3	0	8
Entradas a industrias	0	0	0	0	0
Total					63

3.3.2 Estudios de velocidad de punto.

A continuación se presentan los estudios de velocidad de punto que se realizaron en ambos sentidos en las vialidades estudiadas, en los que se tomaron en cuenta todos los tipos de vehículos que circulan por la vialidad.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL**



ESTUDIO DE VELOCIDAD DE PUNTO CON RADAR

Clave: SN-01

Fecha: 09-Nov-04

Hora de inicio: 10:00

Hora de terminación: 10:30

Responsable: Carlos Silva

Estado del Tiempo: Soleado

Vialidad: Ave. San Nicolás

Sentido: Nte-Sur

Velocidad (km/h)	Vehículos Ligeros		Autobuses		Camiones		Total
	Registro	No.	Registro	No.	Registro	No.	
25							
26							
27		0		0		0	0
28							
29							
30							
31							
32		3		1		0	4
33							
34							
35							
36							
37		6		2		1	9
38							
39							
40							
41							
42		10		2		1	13
43							
44							
45							
46							
47		16		1		0	17
48							
49							
50							
51							
52		14		3		2	19
53							
54							
55							
56							
57		18		2		1	21
58							
59							
60							
61							
62		9		3		0	12
63							
64							
65							
66							
67		3		0		0	3
68							
69							
70							
71							
72		2		0		0	2
73							
74							
75							
76							
77		1		0		0	1
78							
79							
80							
81							
82		0		0		0	0
83							
84							
85							
86							
87		0		0		0	0
88							
89							
Total							101



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL



ESTUDIO DE VELOCIDAD DE PUNTO CON RADAR

Clave: SN-01
 Fecha: 09-Nov-04 Hora de inicio: 10:30 Hora de terminación: 11:00
 Responsable: Carlos Silva Estado del Tiempo: Soleado
 Vialidad: Ave. San Nicolás Sentido: Sur-Nte

Velocidad (km/h)	Vehículos Ligeros		Autobuses		Camiones		Total
	Registro	No.	Registro	No.	Registro	No.	
25							
26							
27	27		0		0		0
28							
29							
30							
31							
32	32		1		0		1
33							
34							
35							
36							
37	37		9		2		11
38							
39							
40							
41							
42	42		18		4		22
43							
44							
45							
46							
47	47		36		1		37
48							
49							
50							
51							
52	52		28		4		32
53							
54							
55							
56							
57	57		17		1		18
58							
59							
60							
61							
62	62		9		0		9
63							
64							
65							
66							
67	67		1		1		2
68							
69							
70							
71							
72	72		1		0		1
73							
74							
75							
76							
77	77		1		0		1
78							
79							
80							
81							
82	82		0		0		0
83							
84							
85							
86							
87	87		0		0		0
88							
89							
Total							134



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL**



ESTUDIO DE VELOCIDAD DE PUNTO CON RADAR

Clave: SN-02

Fecha: 09-Nov-04

Hora de inicio: 15:45

Hora de terminación: 16:10

Responsable: Carlos Silva

Estado del Tiempo: Soleado

Vialidad: Ave. República Mexicana

Sentido: Nte-Sur

Velocidad (km/h)	Vehículos Ligeros		Autobuses		Camiones		Total
	Registro	No.	Registro	No.	Registro	No.	
25							
26							
27	27						0
28		0					
29							
30							
31							
32	32						0
33		0					
34							
35							
36							
37	37						3
38		3					
39							
40							
41							
42	42						17
43		17					
44							
45							
46							
47	47						25
48		25					
49							
50							
51							
52	52						28
53		28					
54							
55							
56							
57	57						32
58		32					
59							
60							
61							
62	62						20
63		20					
64							
65							
66							
67	67						12
68		12					
69							
70							
71							
72	72						5
73		5					
74							
75							
76							
77	77						3
78		3					
79							
80							
81							
82	82						0
83		0					
84							
85							
86							
87	87						0
88		0					
89							
Total							145



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL



ESTUDIO DE VELOCIDAD DE PUNTO CON RADAR

Fecha: 09-Nov-04 Hora de inicio: 16:15 Hora de terminación: 16:40 Clave: SN-02
 Responsable: Carlos Silva Estado del Tiempo: Soleado
 Vialidad: Ave. República Mexicana Sentido: Sur-Nte

Velocidad (km/h)	Vehículos Ligeros		Autobuses		Camiones		Total
	Registro	No.	Registro	No.	Registro	No.	
25							
26							
27		1					1
28							
29							
30							
31							
32		2					2
33							
34							
35							
36							
37		5					5
38							
39							
40							
41							
42		16					16
43							
44							
45							
46							
47		30					30
48							
49							
50							
51							
52		32					32
53							
54							
55							
56							
57		26					26
58							
59							
60							
61							
62		22					22
63							
64							
65							
66							
67		8					8
68							
69							
70							
71							
72		4					4
73							
74							
75							
76							
77		1					1
78							
79							
80							
81							
82		0					0
83							
84							
85							
86							
87		0					0
88							
89							
Total							147



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL



ESTUDIO DE VELOCIDAD DE PUNTO CON RADAR

Clave: SC-01

Fecha: 10-Nov-04

Hora de inicio: 10:00

Hora de terminación: 10:20

Responsable: Carlos Silva

Estado del Tiempo: Soleado

Vialidad: Ave. Movimiento Obrero

Sentido: Nte-Sur

Velocidad (km/h)	Vehículos Ligeros		Autobuses		Camiones		Total
	Registro	No.	Registro	No.	Registro	No.	
25	27	0					0
26							
27							
28							
29	32	0					0
30							
31							
32							
33	37	3					3
34							
35							
36							
37	42	13					13
38							
39							
40							
41	47	22					22
42							
43							
44							
45	52	30					30
46							
47							
48							
49	57	22					22
50							
51							
52							
53	62	15					15
54							
55							
56							
57	67	8					8
58							
59							
60							
61	72	4					4
62							
63							
64							
65	77	1					1
66							
67							
68							
69	82	0					0
70							
71							
72							
73	87	0					0
74							
75							
76							
77							
78							
79							
80							
81							
82							
83							
84							
85							
86							
87							
88							
89							
Total							118



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL



ESTUDIO DE VELOCIDAD DE PUNTO CON RADAR

Clave: SC-01

Fecha: 10-Nov-04 Hora de inicio: 10:30 Hora de terminación: 10:55
 Responsable: Carlos Silva Estado del Tiempo: Soleado
 Vialidad: Ave. Movimiento Obrero Sentido: Sur-Nte

Velocidad (km/h)	Vehículos Ligeros		Autobuses		Camiones		Total
	Registro	No.	Registro	No.	Registro	No.	
25							
26							
27	27						0
28		0					
29							
30							
31							
32	32						1
33		1					
34							
35							
36							
37	37						4
38		4					
39							
40							
41							
42	42						10
43		10					
44							
45							
46							
47	47						18
48		18					
49							
50							
51							
52	52						31
53		31					
54							
55							
56							
57	57						24
58		24					
59							
60							
61							
62	62						14
63		14					
64							
65							
66							
67	67						9
68		9					
69							
70							
71							
72	72						5
73		5					
74							
75							
76							
77	77						1
78		1					
79							
80							
81							
82	82						1
83		1					
84							
85							
86							
87	87						0
88		0					
89							
Total							118



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL**



ESTUDIO DE VELOCIDAD DE PUNTO CON RADAR

Clave: MT-01

Fecha: 11-Nov-04

Hora de inicio: 09:45

Hora de terminación: 10:20

Responsable: Carlos Silva

Estado del Tiempo: Soleado

Vialidad: Ave. Aarón Sáenz

Sentido: Ote-Pte

Velocidad (km/h)	Vehículos Ligeros		Autobuses		Camiones		Total
	Registro	No.	Registro	No.	Registro	No.	
25							
26							
27		0					0
28							
29							
30							
31							
32		0					0
33							
34							
35							
36							
37		2					2
38							
39							
40							
41							
42		6					6
43							
44							
45							
46							
47		14					14
48							
49							
50							
51							
52		25					25
53							
54							
55							
56							
57		25					25
58							
59							
60							
61							
62		20					20
63							
64							
65							
66							
67		14					14
68							
69							
70							
71							
72		8					8
73							
74							
75							
76							
77		2					2
78							
79							
80							
81							
82		1					1
83							
84							
85							
86							
87		0					0
88							
89							
Total							117



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL



ESTUDIO DE VELOCIDAD DE PUNTO CON RADAR

Fecha: 11-Nov-04 Hora de inicio: 10:30 Hora de terminación: 11:00
 Responsable: Carlos Silva Estado del Tiempo: Soleado
 Vialidad: Ave. Aarón Sáenz Sentido: Pte-Ote

Velocidad (km/h)	Vehículos Ligeros		Autobuses		Camiones		Total
	Registro	No.	Registro	No.	Registro	No.	
25							
26							
27		0					0
28							
29							
30							
31							
32		0					0
33							
34							
35							
36							
37		0					0
38							
39							
40							
41							
42		5					5
43							
44							
45							
46							
47		12					12
48							
49							
50							
51							
52		25					25
53							
54							
55							
56							
57		34					34
58							
59							
60							
61							
62		39					39
63							
64							
65							
66							
67		21					21
68							
69							
70							
71							
72		8					8
73							
74							
75							
76							
77		4					4
78							
79							
80							
81							
82		1					1
83							
84							
85							
86							
87		0					0
88							
89							
Total							149



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL**



ESTUDIO DE VELOCIDAD DE PUNTO CON RADAR

Clave: MT-02

Fecha: 11-Nov-04

Hora de inicio: 15:00

Hora de terminación: 15:25

Responsable: Carlos Silva

Estado del Tiempo: Soleado

Vialidad: Ave. Chapultepec

Sentido: Ote-Pte

Velocidad (km/h)	Vehículos Ligeros		Autobuses		Camiones		Total
	Registro	No.	Registro	No.	Registro	No.	
25							
26							
27	27	0					0
28							
29							
30							
31							
32	32	5					5
33							
34							
35							
36							
37	37	25					25
38							
39							
40							
41							
42	42	30					30
43							
44							
45							
46							
47	47	31					31
48							
49							
50							
51							
52	52	17					17
53							
54							
55							
56							
57	57	8					8
58							
59							
60							
61							
62	62	4					4
63							
64							
65							
66							
67	67	0					0
68							
69							
70							
71							
72	72	0					0
73							
74							
75							
76							
77	77	0					0
78							
79							
80							
81							
82	82	0					0
83							
84							
85							
86							
87	87	0					0
88							
89							
Total							120



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL**



ESTUDIO DE VELOCIDAD DE PUNTO CON RADAR

Clave: MT-02

Fecha: 11-Nov-04

Hora de inicio: 16:00

Hora de terminación: 16:25

Responsable: Carlos Silva

Estado del Tiempo: Soleado

Vialidad: Ave. Chapultepec

Sentido: Pte-Ote

Velocidad (km/h)	Vehículos Ligeros		Autobuses		Camiones		Total
	Registro	No.	Registro	No.	Registro	No.	
25							
26							
27		0					0
28							
29							
30							
31							
32		4					4
33							
34							
35							
36							
37		15					15
38							
39							
40							
41							
42		27					27
43							
44							
45							
46							
47		33					33
48							
49							
50							
51							
52		21					21
53							
54							
55							
56							
57		9					9
58							
59							
60							
61							
62		3					3
63							
64							
65							
66							
67		1					1
68							
69							
70							
71							
72		1					1
73							
74							
75							
76							
77		0					0
78							
79							
80							
81							
82		0					0
83							
84							
85							
86							
87		0					0
88							
89							
Total							114

3.4. Gráficas de velocidad de punto.

Son las gráficas que se obtienen de los estudios de velocidad y permiten obtener la velocidad del 85 percentil, la cual permite obtener una idea de las condiciones del tránsito en esa vialidad. Este valor del 85 percentil es muy importante para la elaboración del modelo y es un factor ampliamente usado, en el nivel internacional, para la determinación de los límites máximos de velocidad.



Tabla de Distribución de Frecuencias

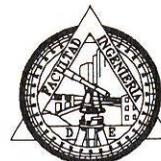


TABLA 3.2. Av. San Nicolás (Nte-Sur).

Velocidad km/h	Frecuencia de vehículos	Frecuencia Acumulada	% Acumulado
25	27	0	0.0
26			
27			
28			
29			
30	32	4	4.0
31			
32			
33			
34			
35	37	9	12.9
36			
37			
38			
39			
40	42	13	25.7
41			
42			
43			
44			
45	47	17	42.6
46			
47			
48			
49			
50	52	19	61.4
51			
52			
53			
54			
55	57	21	82.2
56			
57			
58			
59			
60	62	12	94.1
61			
62			
63			
64			
65	67	3	97.0
66			
67			
68			
69			
70	72	2	99.0
71			
72			
73			
74			
75	77	1	100.0
76			
77			
78			
79			
80	82	0	100.0
81			
82			
83			
84			
85	87	0	100.0
86			
87			
88			
89			

V₅₀ = 49.0 km/h

V₈₅ = 58.2 km/h

Gráfica de velocidad de punto
Av. San Nicolás (Nte-Sur)

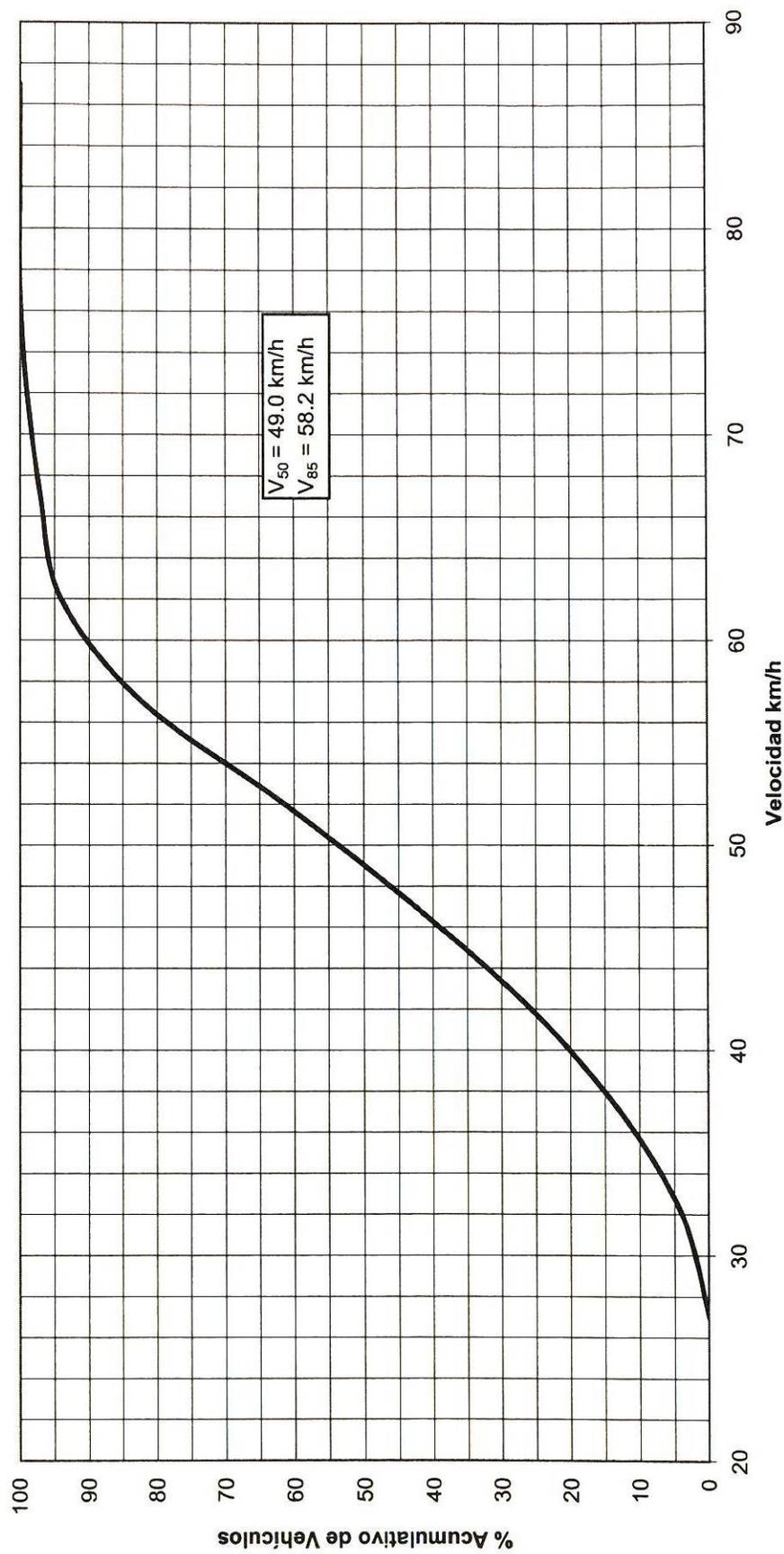


Figura 3.31



Tabla de Distribución de Frecuencias



TABLA 3.3. Av. San Nicolás (Sur-Nte).

Velocidad km/h	Frecuencia de vehículos	Frecuencia Acumulada	% Acumulado
25	27	0	0
26			
27			
28			
29			
30	32	1	1.0
31			
32			
33			
34			
35	37	11	12
36			
37			
38			
39			
40	42	22	34
41			
42			
43			
44			
45	47	37	71
46			
47			
48			
49			
50	52	32	103
51			
52			
53			
54			
55	57	18	121
56			
57			
58			
59			
60	62	9	130
61			
62			
63			
64			
65	67	2	132
66			
67			
68			
69			
70	72	1	133
71			
72			
73			
74			
75	77	1	134
76			
77			
78			
79			
80	82	0	134
81			
82			
83			
84			
85	87	0	134
86			
87			
88			
89			

$V_{50} = 46.5 \text{ km/h}$

$V_{85} = 55.0 \text{ km/h}$

Gráfica de velocidad de punto
Av. San Nicolás (Sur-Nte)

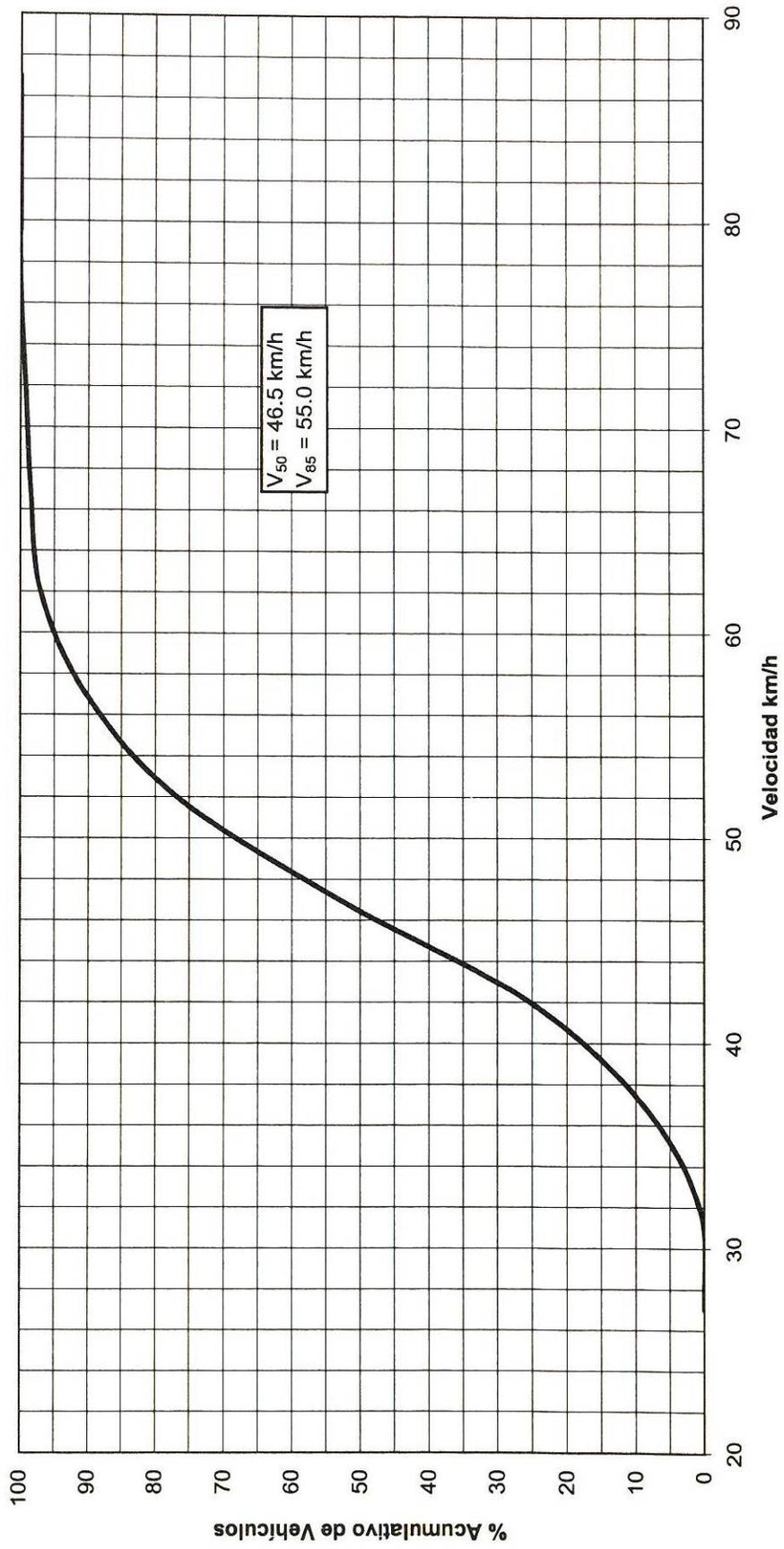


Figura 3.32



Tabla de Distribución de Frecuencias



TABLA 3.4. Av. República Mexicana (Nte-Sur).

Velocidad km/h	Frecuencia de vehículos	Frecuencia Acumulada	% Acumulado
25			
26			
27	0	0	0.0
28			
29			
30			
31			
32	0	0	0.0
33			
34			
35			
36			
37	3	3	3.0
38			
39			
40			
41			
42	17	20	19.8
43			
44			
45			
46			
47	25	45	44.6
48			
49			
50			
51			
52	28	73	72.3
53			
54			
55			
56			
57	32	105	104.0
58			
59			
60			
61			
62	20	125	123.8
63			
64			
65			
66			
67	12	137	135.6
68			
69			
70			
71			
72	5	142	140.6
73			
74			
75			
76			
77	3	145	143.6
78			
79			
80			
81			
82	0	145	143.6
83			
84			
85			
86			
87	0	145	143.6
88			
89			

$V_{50} = 51.9 \text{ km/h}$

$V_{85} = 61.6 \text{ km/h}$

Gráfica de velocidad de punto
Av. República Mexicana (Nte-Sur)

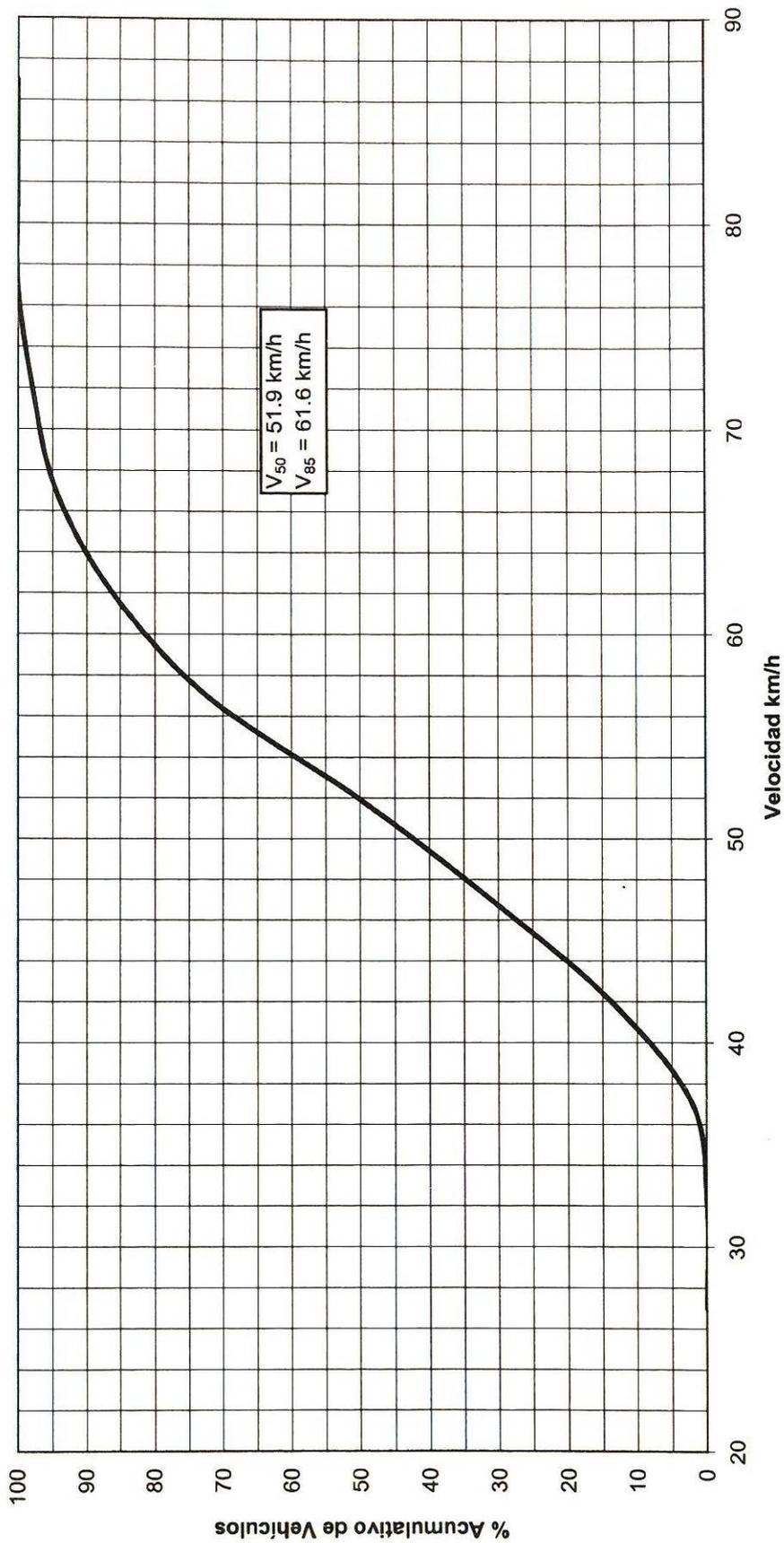


Figura 3.33



Tabla de Distribución de Frecuencias



TABLA 3.5. Av. República Mexicana (Sur-Nte).

Velocidad km/h	Frecuencia de vehículos	Frecuencia Acumulada	% Acumulado
25			
26			
27	1	1	1.0
28			
29			
30			
31			
32	2	3	3.0
33			
34			
35			
36			
37	5	8	7.9
38			
39			
40			
41			
42	16	24	23.8
43			
44			
45			
46			
47	30	54	53.5
48			
49			
50			
51			
52	32	86	85.1
53			
54			
55			
56			
57	26	112	110.9
58			
59			
60			
61			
62	22	134	132.7
63			
64			
65			
66			
67	8	142	140.6
68			
69			
70			
71			
72	4	146	144.6
73			
74			
75			
76			
77	1	147	145.5
78			
79			
80			
81			
82	0	147	145.5
83			
84			
85			
86			
87	0	147	145.5
88			
89			

$V_{50} = 50.0$ km/h

$V_{85} = 59.9$ km/h

Gráfica de velocidad de punto
Av. República Mexicana (Sur-Nte)

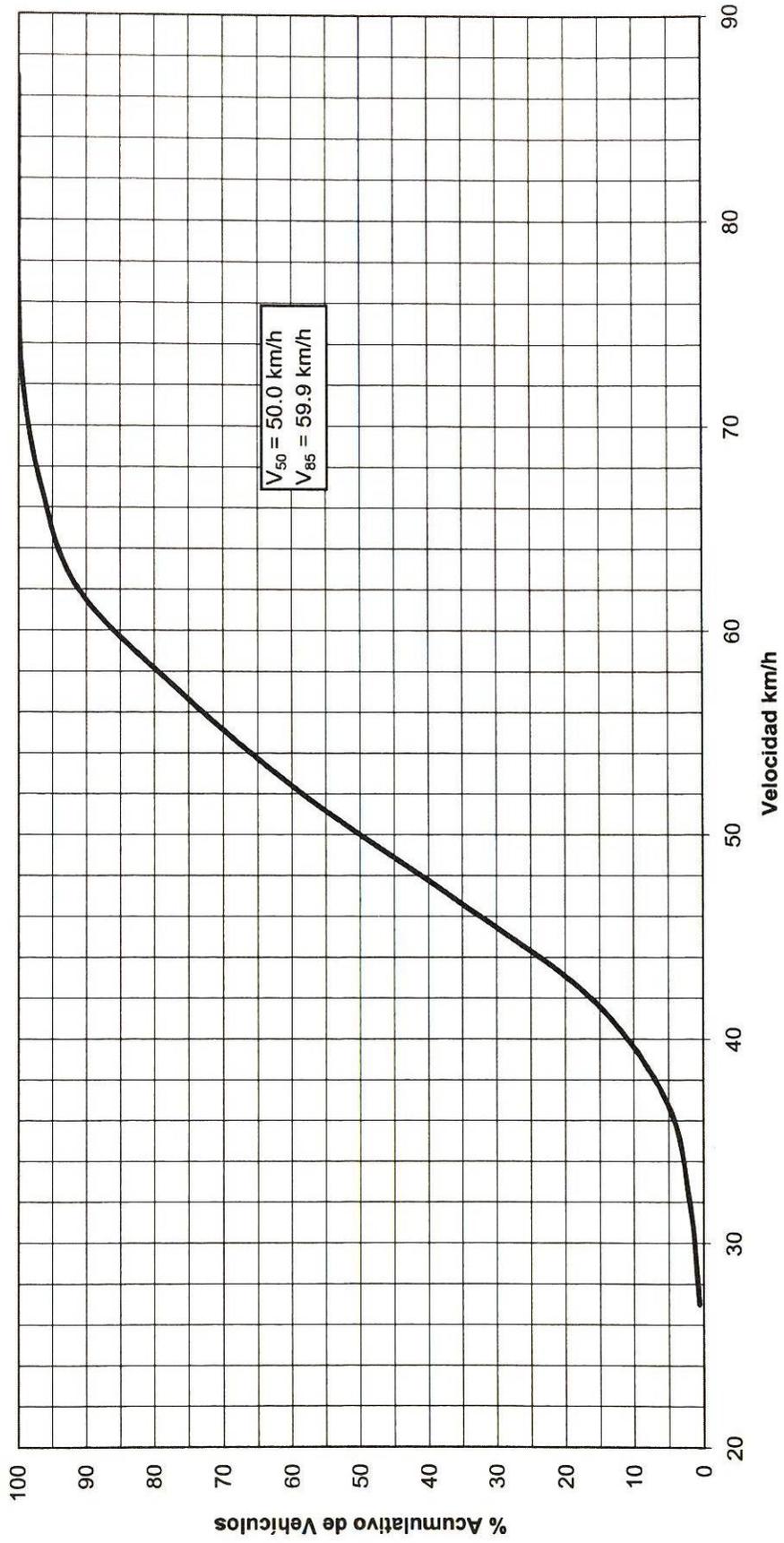


Figura 3.34



Tabla de Distribución de Frecuencias

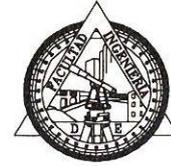


TABLA 3.6. Av. Movimiento Obrero (Nte-Sur).

Velocidad km/h	Frecuencia de vehículos	Frecuencia Acumulada	% Acumulado
25			
26			
27	0	0	0.0
28			
29			
30			
31			
32	0	0	0.0
33			
34			
35			
36			
37	3	3	3.0
38			
39			
40			
41			
42	13	16	15.8
43			
44			
45			
46			
47	22	38	37.6
48			
49			
50			
51			
52	30	68	67.3
53			
54			
55			
56			
57	22	90	89.1
58			
59			
60			
61			
62	15	105	104.0
63			
64			
65			
66			
67	8	113	111.9
68			
69			
70			
71			
72	4	117	115.8
73			
74			
75			
76			
77	1	118	116.8
78			
79			
80			
81			
82	0	118	116.8
83			
84			
85			
86			
87	0	118	116.8
88			
89			

$V_{50} = 50.5 \text{ km/h}$

$V_{85} = 60.4 \text{ km/h}$

Gráfica de velocidad de punto
 Av. Movimiento Obrero (Nte-Sur)

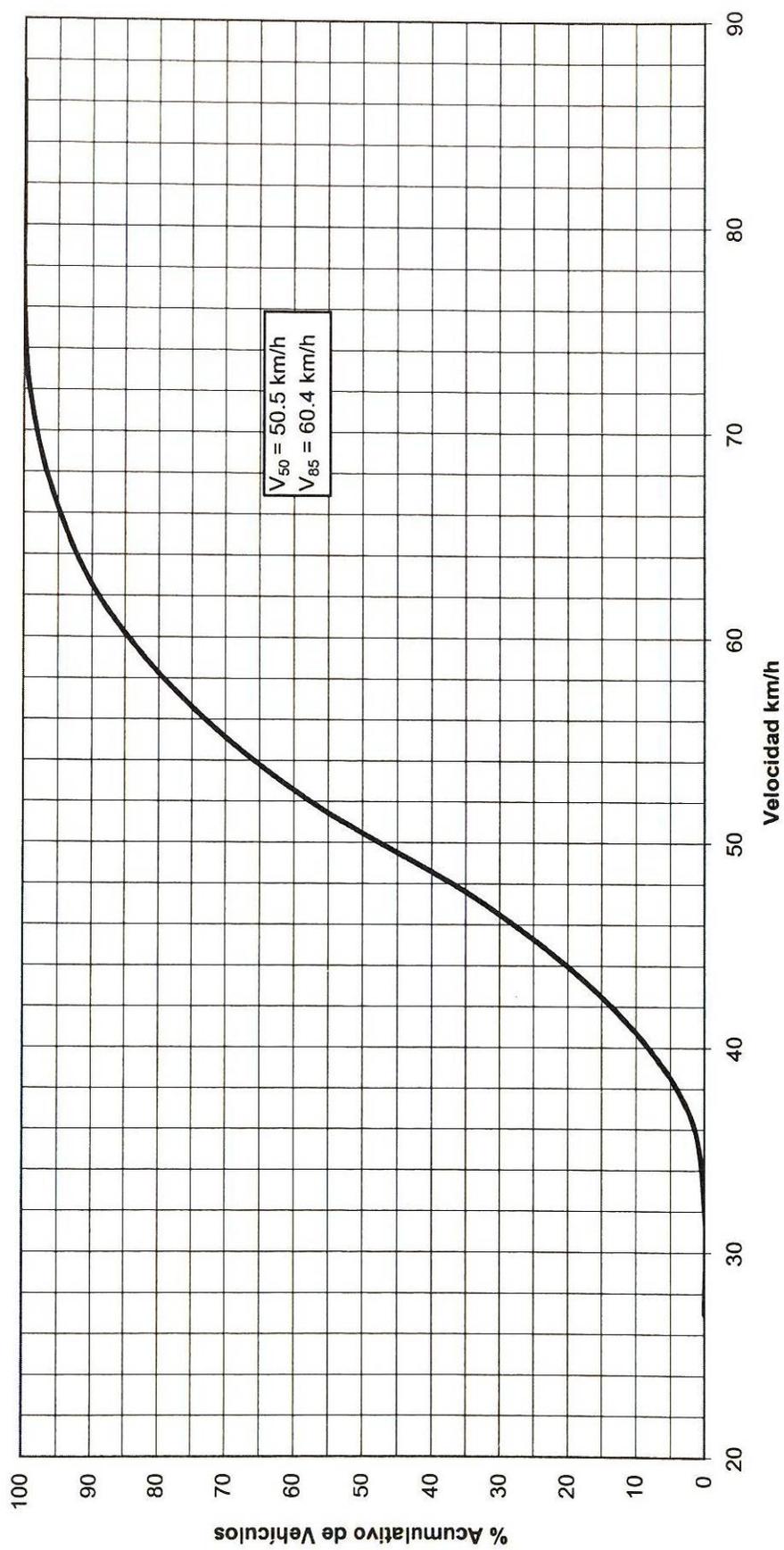


Figura 3.35



Tabla de Distribución de Frecuencias



TABLA 3.7. Av. Movimiento Obrero (Sur-Nte).

Velocidad km/h	Frecuencia de vehículos	Frecuencia Acumulada	% Acumulado
25			
26			
27	0	0	0.0
28			
29			
30			
31			
32	1	1	1.0
33			
34			
35			
36			
37	4	5	5.0
38			
39			
40			
41			
42	10	15	14.9
43			
44			
45			
46			
47	18	33	32.7
48			
49			
50			
51			
52	31	64	63.4
53			
54			
55			
56			
57	24	88	87.1
58			
59			
60			
61			
62	14	102	101.0
63			
64			
65			
66			
67	9	111	109.9
68			
69			
70			
71			
72	5	116	114.9
73			
74			
75			
76			
77	1	117	115.8
78			
79			
80			
81			
82	1	118	116.8
83			
84			
85			
86			
87	0	118	116.8
88			
89			

$V_{50} = 51.2 \text{ km/h}$

$V_{85} = 61.4 \text{ km/h}$

Gráfica de velocidad de punto
Av. Movimiento Obrero (Sur-Nte)

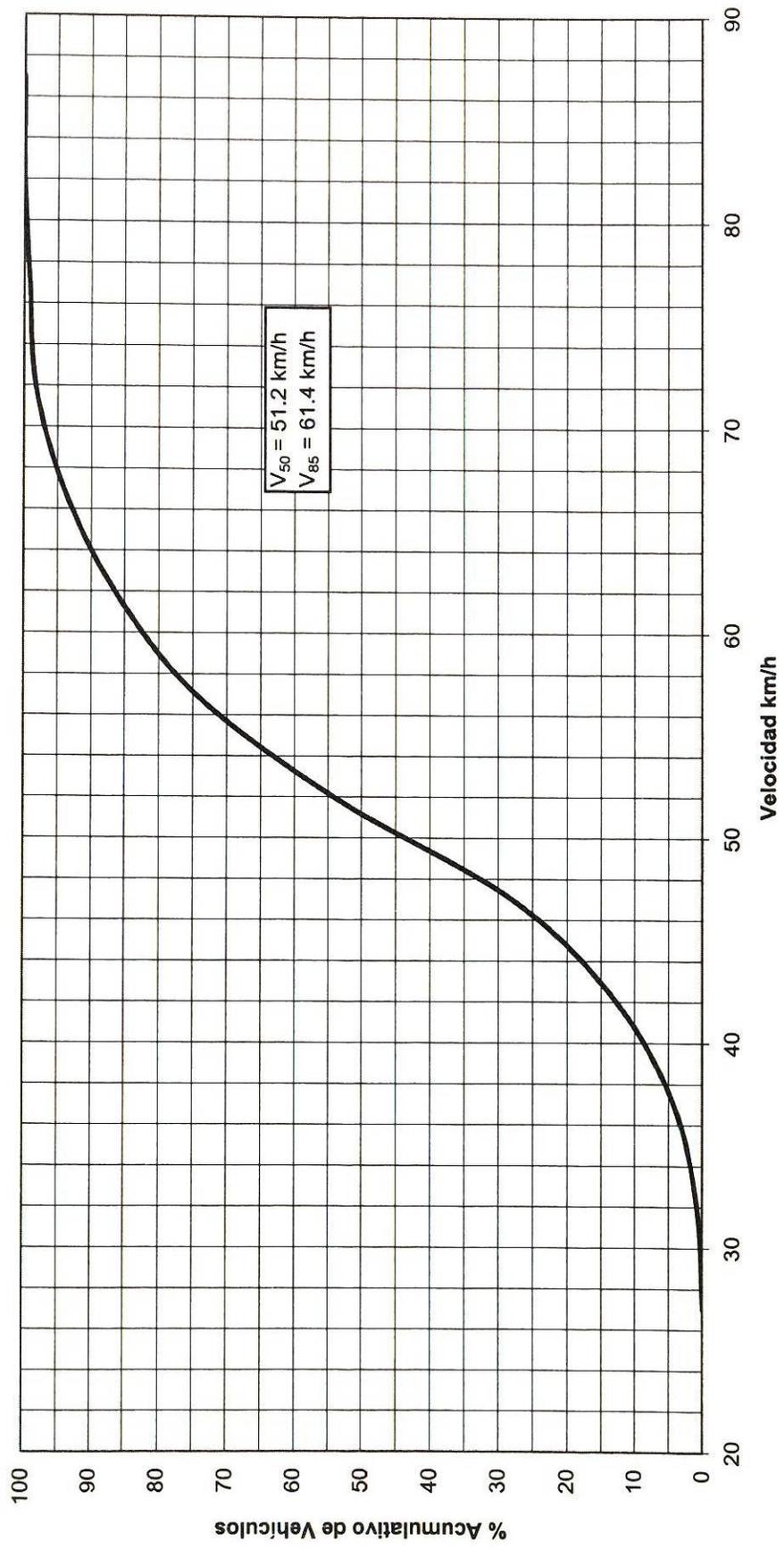


Figura 3.36



Tabla de Distribución de Frecuencias

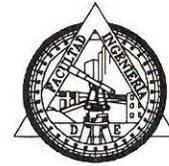


TABLA 3.8. Av. Aarón Sáenz (Ote-Pte).

Velocidad km/h	Frecuencia de vehículos	Frecuencia Acumulada	% Acumulado
25			
26			
27	0	0	0.0
28			
29			
30			
31			
32	0	0	0.0
33			
34			
35			
36			
37	2	2	2.0
38			
39			
40			
41			
42	6	8	7.9
43			
44			
45			
46			
47	14	22	21.8
48			
49			
50			
51			
52	25	47	46.5
53			
54			
55			
56			
57	25	72	71.3
58			
59			
60			
61			
62	20	92	91.1
63			
64			
65			
66			
67	14	106	105.0
68			
69			
70			
71			
72	8	114	112.9
73			
74			
75			
76			
77	2	116	114.9
78			
79			
80			
81			
82	1	117	115.8
83			
84			
85			
86			
87	0	117	115.8
88			
89			

$V_{50} = 54.3 \text{ km/h}$

$V_{85} = 64.7 \text{ km/h}$

Gráfica de velocidad de punto
Av. Aarón Sáenz (Ote-Pte)

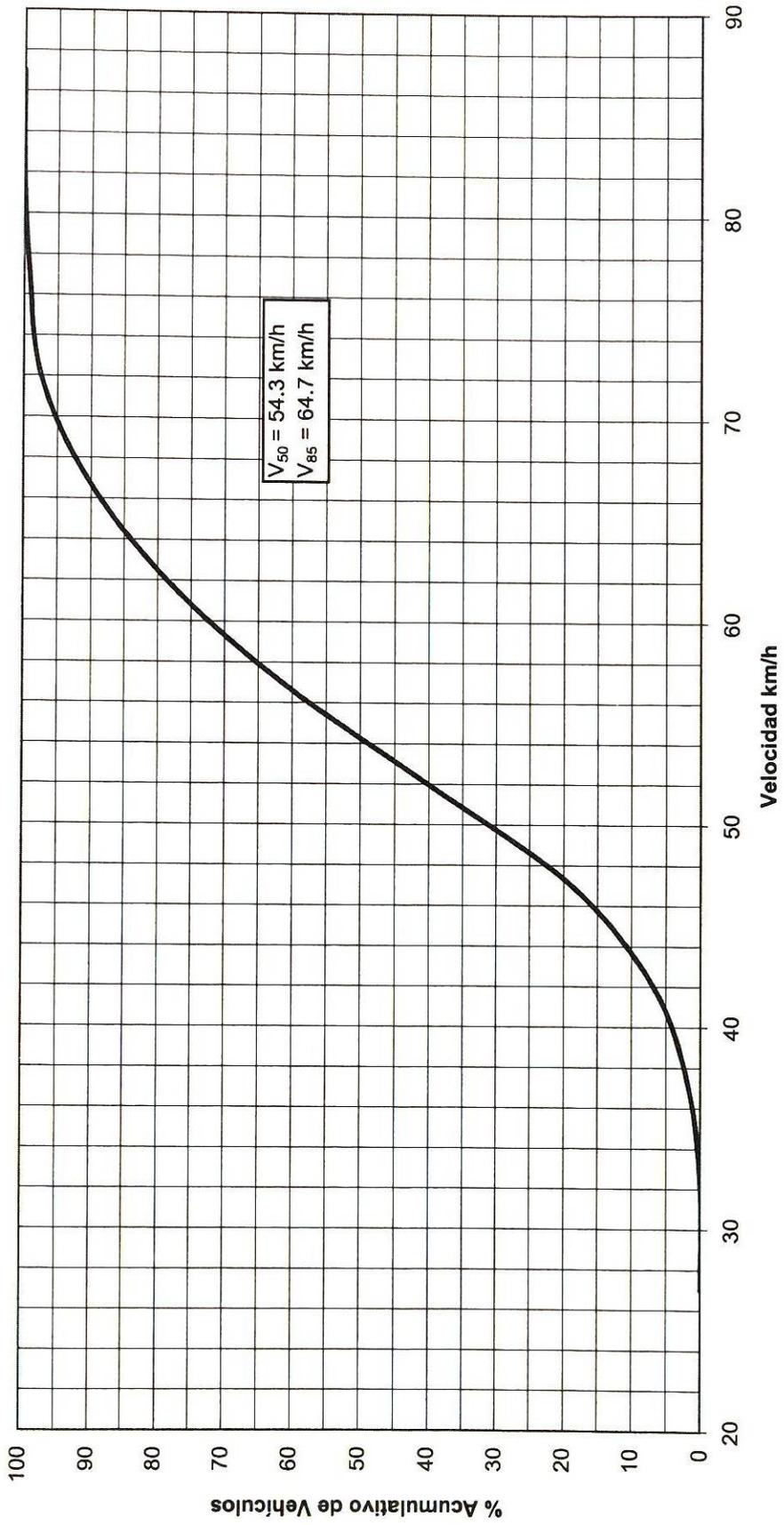


Figura 3.37



Tabla de Distribución de Frecuencias



TABLA 3.9. Av. Aarón Sáenz (Pte-Ote).

Velocidad km/h	Frecuencia de vehículos	Frecuencia Acumulada	% Acumulado
25			
26			
27	0	0	0.0
28			
29			
30			
31			
32	0	0	0.0
33			
34			
35			
36			
37	0	0	0.0
38			
39			
40			
41			
42	5	5	5.0
43			
44			
45			
46			
47	12	17	16.8
48			
49			
50			
51			
52	25	42	41.6
53			
54			
55			
56			
57	34	76	75.2
58			
59			
60			
61			
62	39	115	113.9
63			
64			
65			
66			
67	21	136	134.7
68			
69			
70			
71			
72	8	144	142.6
73			
74			
75			
76			
77	4	148	146.5
78			
79			
80			
81			
82	1	149	147.5
83			
84			
85			
86			
87	0	149	147.5
88			
89			

V₅₀ = 56.8 km/h

V₉₅ = 64.8 km/h

Gráfica de velocidad de punto
Av. Aarón Sáenz (Pte-Ote)

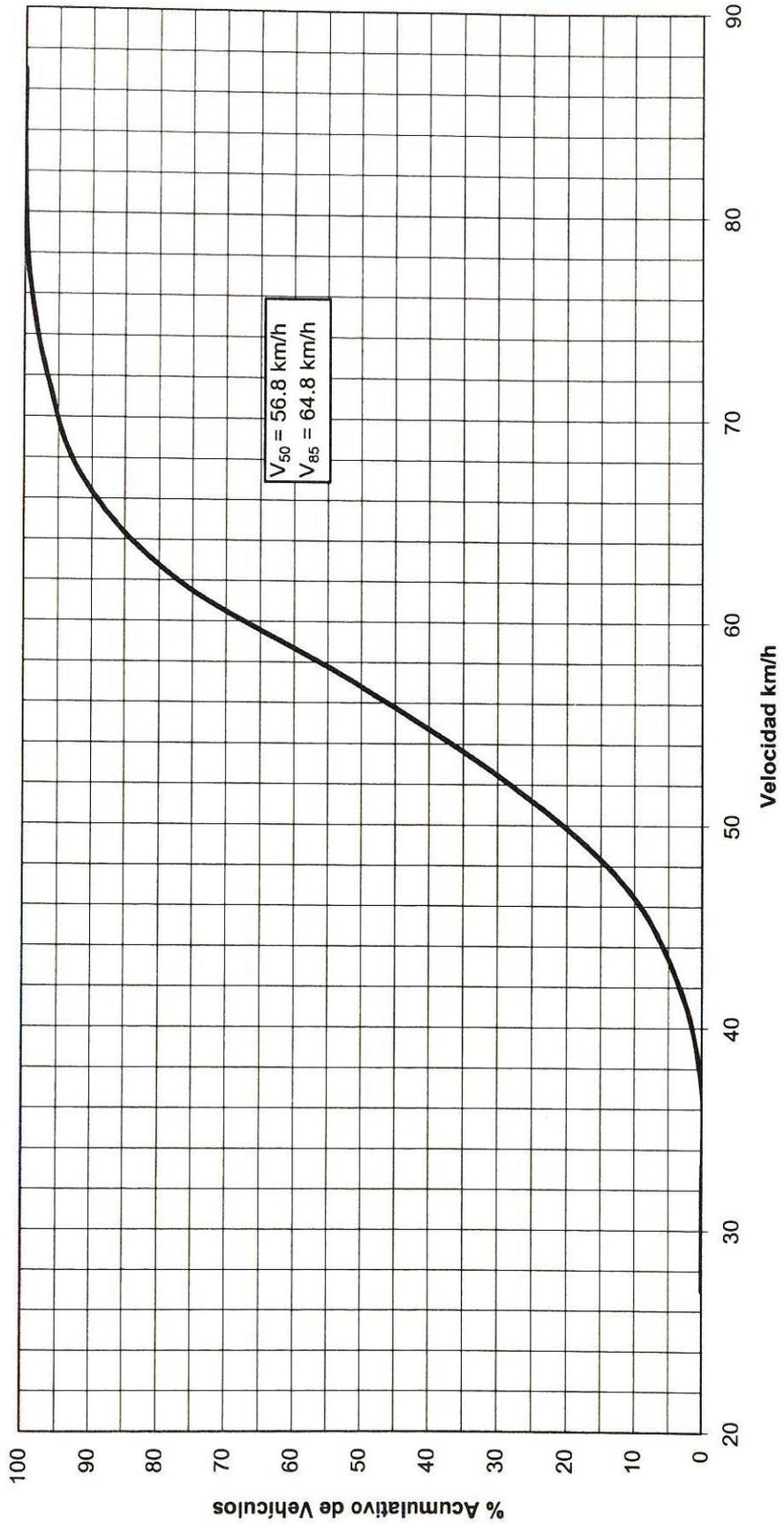


Figura 3.38



Tabla de Distribución de Frecuencias



TABLA 3.10. Av. Chapultepec (Ote-Pte).

Velocidad km/h	Frecuencia de vehículos	Frecuencia Acumulada	% Acumulado
25			
26			
27	0	0	0.0
28			
29			
30			
31			
32	5	5	5.0
33			
34			
35			
36			
37	25	30	29.7
38			
39			
40			
41			
42	30	60	59.4
43			
44			
45			
46			
47	31	91	90.1
48			
49			
50			
51			
52	17	108	106.9
53			
54			
55			
56			
57	8	116	114.9
58			
59			
60			
61			
62	4	120	118.8
63			
64			
65			
66			
67	0	120	118.8
68			
69			
70			
71			
72	0	120	118.8
73			
74			
75			
76			
77	0	120	118.8
78			
79			
80			
81			
82	0	120	118.8
83			
84			
85			
86			
87	0	120	118.8
88			
89			

$V_{50} = 42.0$ km/h

$V_{85} = 50.2$ km/h

**Gráfica de velocidad de punto
Av. Chapultepec (Ote-Pte)**

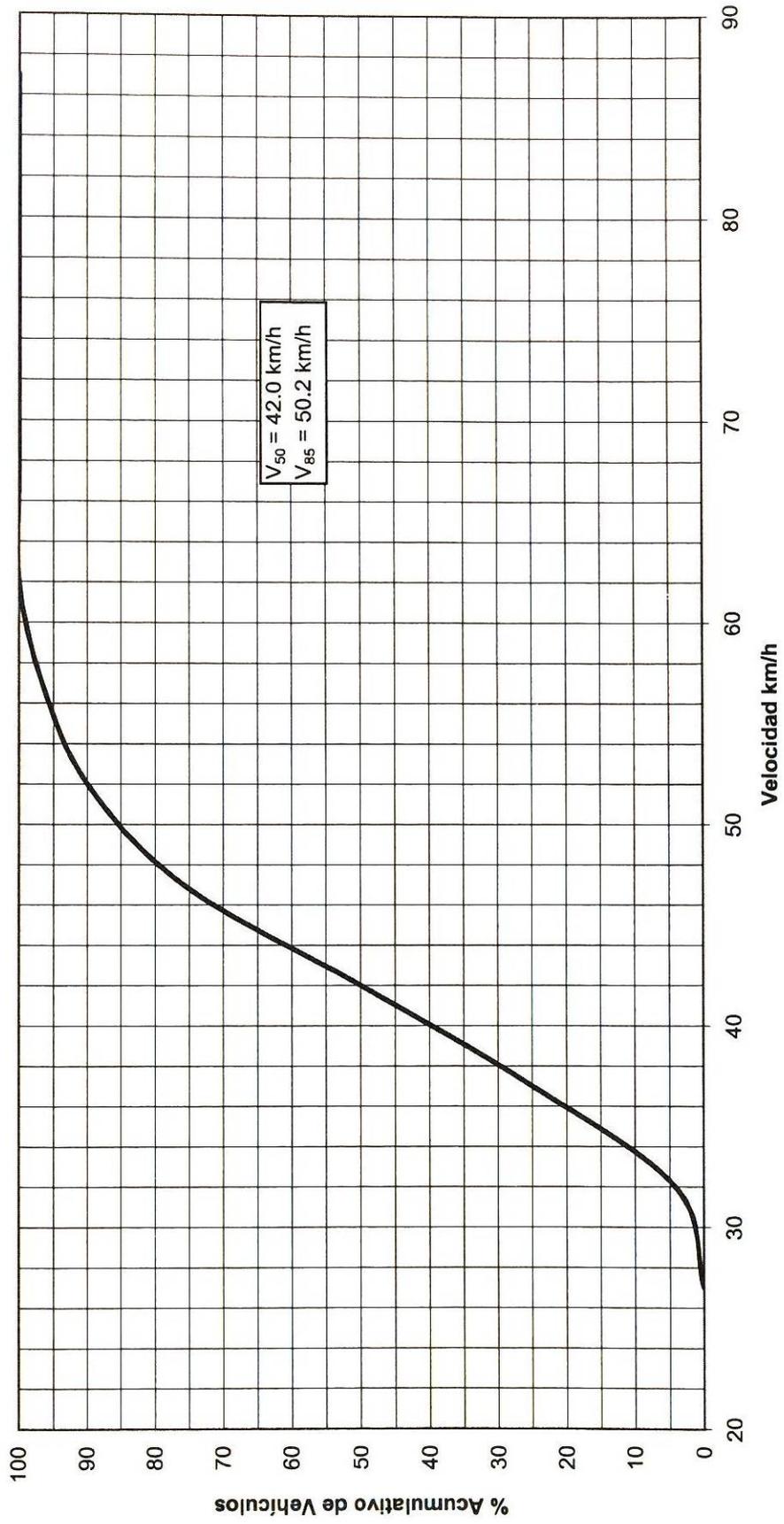


Figura 3.39



Tabla de Distribución de Frecuencias



TABLA 3.11. Av. Chapultepec (Pte-Ote).

Velocidad km/h	Frecuencia de vehículos	Frecuencia Acumulada	% Acumulado
25	27	0	0
26			
27			
28			
29			
30			
31	32	4	4.0
32			
33			
34			
35	37	15	19
36			
37			
38			
39			
40			
41	42	27	46
42			
43			
44			
45	47	33	79
46			
47			
48			
49			
50			
51	52	21	100
52			
53			
54			
55	57	9	109
56			
57			
58			
59			
60			
61	62	3	112
62			
63			
64			
65	67	1	113
66			
67			
68	72	1	114
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			
76	77	0	114
77			
78			
79			
80	82	0	114
81			
82			
83			
84			
85			
86	87	0	114
87			
88			
89			

$V_{50} = 43.6 \text{ km/h}$

$V_{85} = 51.3 \text{ km/h}$

**Gráfica de velocidad de punto
Av. Chapultepec (Pte-Ote)**

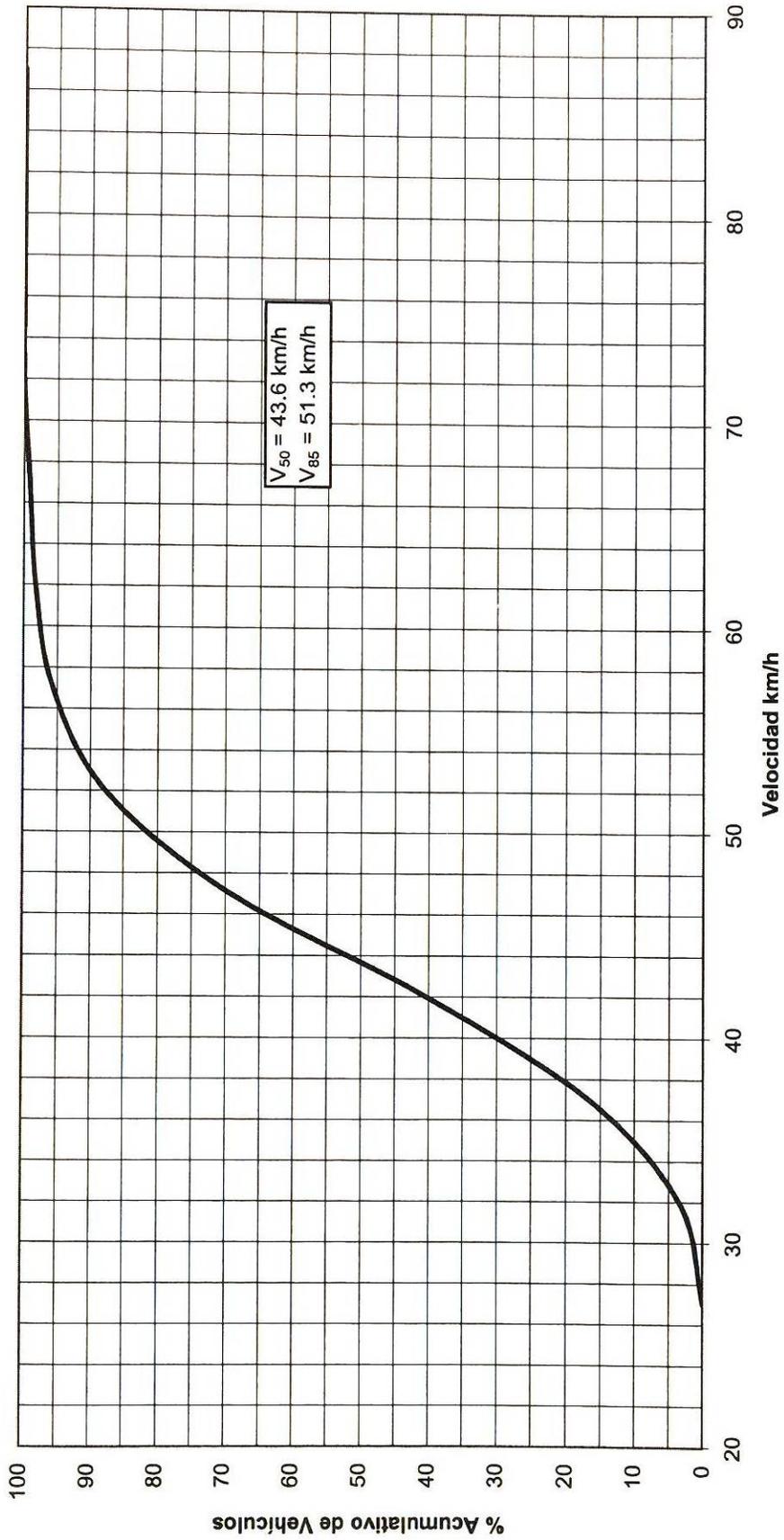


Figura 3.40

3.5 Resumen de los datos de campo.

En la tabla 3.12 se muestra un resumen de los datos de campo, útiles para la elaboración del modelo de determinación de límites de velocidad que se describirá en el siguiente capítulo.

TABLA 3.12. Resumen de los datos de campo y los estudios de velocidad.

Tramo en estudio	Sentido	Longitud (m)	V ₅₀ (km/h)		V ₈₅ (km/h)		Número de Accesos	Visibilidad Lateral (m)	Accesos/km
Ave. San Nicolás	Nte-Sur	1100	49.0	47.8	58.2	56.6	55	7.35	50
	Sur-Nte		46.5		55.0			6.00	
Ave. República Mexicana	Nte-Sur	636	51.9	51.0	61.6	60.8	1	2.16	2
	Sur-Nte		50.0		59.9			1.44	
Ave. Movimiento Obrero	Nte-Sur	780	50.5	50.9	60.4	60.9	15	4.00	19
	Sur-Nte		51.2		61.4			2.72	
Ave. Aarón Sáenz	Ote-Pte	590	54.3	55.6	64.7	64.8	19	4.50	32
	Pte-Ote		56.8		64.8			2.12	
Ave. Chapultepec	Ote-Pte	536	42.0	42.8	50.2	50.8	63	3.10	118
	Pte-Ote		43.6		51.3			3.00	

3.6 Tamaño mínimo de la muestra.

Se estimará el tamaño mínimo de la muestra utilizando los valores de la velocidad del 50 y del 85 percentil, para así hacer una comparación entre ambas opciones, a fin de determinar cuál de las dos es más conveniente a utilizar.

El primer paso a realizar es verificar si los valores de velocidad obtenidos siguen una distribución normal o no, para de esta manera seleccionar la teoría estadística más adecuada.

3.6.1 Prueba de normalidad de D'Agostino.

Se eligió esta prueba por ser la más adecuada para los casos en que se cuenta con pocos datos (al menos 10), lo cual permitirá determinar si las velocidades

del 50 y 85 percentil obtenidas de los estudios de campo provienen de una población que sigue una distribución normal.

H₀: La variable aleatoria (V₅₀ ó V₈₅) sigue una distribución normal

H₁: La variable aleatoria (V₅₀ ó V₈₅) no sigue una distribución normal

En la tabla 3.13 se muestran los resultados de los estudios de velocidad realizados.

TABLA 3.13 Resumen de estudios de velocidad.

Tramo en estudio	V ₅₀ (km/h)	V ₈₅ (km/h)
Ave. San Nicolás	49.0	58.2
	46.5	55.0
Ave. República Mexicana	51.9	61.6
	50.0	59.9
Ave. Movimiento Obrero	50.5	60.4
	51.2	61.4
Ave. Aarón Sáenz	54.3	64.7
	56.8	64.8
Ave. Chapultepec	42.0	50.2
	43.6	51.3

a) Para las velocidades del 50 percentil (V₅₀)

En primer lugar, se ordenan los valores de velocidad de menor a mayor y se realizan las operaciones que se indican en la tabla 3.14.

TABLA 3.14 Tabla para el cálculo de D_{cal}.

V ₅₀	42.0	43.6	46.5	49.0	50.0	50.5	51.2	51.9	54.3	56.8	Σ
r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
X _i	42.0	43.6	46.5	49.0	50.0	50.5	51.2	51.9	54.3	56.8	495.80
X _i ²	1764	1901	2162	2401	2500	2550	2621	2694	2948	3226	24768.24
X _i r _i	42	87.2	139.5	196	250	303	358.4	415.2	488.7	568	2848.00

$$D_{cal} = \frac{\sum_{i=1}^n rx_i - \frac{n+1}{2} \sum_{i=1}^n x_i}{\sqrt{n \left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}{n} \right]}} = \frac{2848.0 - \frac{10+1}{2} (495.8)}{10 \sqrt{10 \left[24768.2 - \frac{(495.8)^2}{10} \right]}} = 0.2804$$

Finalmente, en la tabla de límites de significación para el test de Normalidad de D'Agostino para un valor de $n=10$ y $\alpha=0.05$ se tiene lo siguiente:

$$D_I = 0.2513 \text{ y } D_S = 0.2849$$

$$\text{Como: } D_I \leq D_{cal} \leq D_S$$

$$\text{Es decir: } 0.2513 \leq 0.2804 \leq 0.2849$$

No se rechaza la H_0 y los datos de V_{50} obtenidos siguen una distribución normal.

b) Para las velocidades del 85 percentil (V_{85})

De igual manera se realizó la prueba a las velocidades del 85° percentil y se obtuvieron los siguientes resultados:

$$D_{cal} = \frac{\sum_{i=1}^n rx_i - \frac{n+1}{2} \sum_{i=1}^n x_i}{\sqrt{n \left[\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}{n} \right]}} = \frac{3365.4 - \frac{10+1}{2} (587.5)}{10 \sqrt{10 \left[34749.8 - \frac{(587.5)^2}{10} \right]}} = 0.2772$$

$$D_I = 0.2513 \text{ y } D_S = 0.2849$$

$$\text{Como: } D_I \leq D_{\text{cal}} \leq D_S$$

$$\text{Es decir: } 0.2513 \leq 0.2772 \leq 0.2849$$

No se rechaza la H_0 y los datos de V_{85} obtenidos siguen una distribución normal.

3.6.2 Prueba de correlación entre V_{50} y V_{85} .

A continuación se determinará el coeficiente de correlación entre los valores de V_{50} y de V_{85} , lo que permitirá tomar una mejor decisión sobre el tamaño mínimo de la muestra.

3.6.2.1 Cálculo del coeficiente de correlación.

TABLA 3.15 Cálculo del coeficiente de correlación (r).

V_{50} (km/h) X	V_{85} (km/h) Y	x = X - 49.6	y = Y - 58.8	x^2	y^2	xy	
49.0	58.2	-0.6	-0.5	0.3364	0.3025	0.319	
46.5	55.0	-3.1	-3.8	9.4864	14.0625	11.55	
51.9	61.6	2.3	2.9	5.3824	8.1225	6.612	
50.0	59.9	0.4	1.2	0.1764	1.3225	0.483	
50.5	60.4	0.9	1.7	0.8464	2.7225	1.518	
51.2	61.4	1.6	2.7	2.6244	7.0225	4.293	
54.3	64.7	4.7	6.0	22.2784	35.4025	28.084	
56.8	64.8	7.2	6.1	52.1284	36.6025	43.681	
42.0	50.2	-7.6	-8.6	57.4564	73.1025	64.809	
43.6	51.3	-6.0	-7.5	35.7604	55.5025	44.551	
Total	495.8	587.5	0.0	0.0	186.476	234.165	205.9
Media	49.6	58.8					

$$r = 0.98533$$

3.6.2.2 Test de significación en correlación.

Planteamiento de la hipótesis nula.

$H_0 : \rho = 0$ No hay correlación. El verdadero valor de r es nulo.

Se usa la "Tabla de valores críticos para el coeficiente de correlación" con un valor de v (grados de libertad) = $n - 2 = 8$ y se obtiene un valor crítico de 0.765 para el 99 % de confianza.

$$R_{0,99;8} = 0.765$$

$$r = 0.98533 > 0.765$$

Por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se tiene evidencia significativa de correlación entre los valores de V_{50} y V_{85} .

3.6.3 Obtención del tamaño mínimo de la muestra.

3.6.3.1 Cálculo de la varianza.

$$\sigma^2 = \frac{\sum(x - \mu)^2}{n}$$

σ^2 = varianza de la población.

x = elemento u observación.

μ = media de la población.

n = número total de elementos de la población.

a) Para V_{50}

TABLA 3.16 Cálculo de la varianza de V_{50}

V_{50} (km/h)	$x-\mu$	$(x-\mu)^2$
49.0	-0.6	0.3
46.5	-3.1	9.5
51.9	2.3	5.4
50.0	0.4	0.2
50.5	0.9	0.8
51.2	1.6	2.6
54.3	4.7	22.3
56.8	7.2	52.1
42.0	-7.6	57.5
43.6	-6.0	35.8
Σ 495.8		186.476

$$\mu = \frac{495.8}{10} = 49.58$$

$$\sigma^2 = \frac{186.476}{10} = 18.6476$$

b) Para V_{85}

TABLA 3.17 Cálculo de la varianza de V_{85}

V_{85} (km/h)	$x-\mu$	$(x-\mu)^2$
58.2	-0.5	0.3
55.0	-3.8	14.1
61.6	2.9	8.1
59.9	1.2	1.3
60.4	1.7	2.7
61.4	2.7	7.0
64.7	6.0	35.4
64.8	6.1	36.6
50.2	-8.6	73.1
51.3	-7.5	55.5
Σ 587.5		234.165

$$\mu = \frac{587.5}{10} = 58.75$$

$$\sigma^2 = \frac{234.165}{10} = 23.4165$$

3.6.3.2 Cálculo del tamaño mínimo de la muestra.

Nivel de confianza: 99.9 % $\rightarrow z = 3.00$

Error máximo tolerable (E): 5 km/hr

Varianza (σ^2): 18.6476 para V_{50}

Varianza (σ^2): 23.4165 para V_{85}

$$n = z^2 \sigma^2 / E^2 = (3.00)^2 (18.6476) / (5)^2 = 6.71 \quad \text{para } V_{50}$$

$$n = z^2 \sigma^2 / E^2 = (3.00)^2 (23.4165) / (5)^2 = 8.43 \quad \text{para } V_{85}$$

Debido a que se cuenta con 10 estudios de velocidad en 5 diferentes vialidades y este número es mayor que el tamaño muestral calculado ($n=8.43$), no es necesario realizar más estudios de campo.

CAPÍTULO 4

ELABORACIÓN DEL MODELO DE LÍMITES DE VELOCIDAD.

En este capítulo se determinará cómo los factores seleccionados en el capítulo 2 se interrelacionan y se llevará a cabo un arreglo que permita que el modelo sea adecuado y fácil de usar.

4.1 Velocidades consideradas dentro del modelo.

Con base en los estudios de velocidad realizados en las 5 vialidades en estudio y teniendo en consideración la importancia de la seguridad, se llegó a la conclusión de que el modelo debe arrojar solamente 4 diferentes valores de límite de velocidad que son 30, 40, 50 y 60 km/h ya que valores más altos o más bajos que los anteriores podrían no ser adecuados desde el punto de vista de la seguridad para este tipo de vialidades. Si se presentara tal caso, en el modelo se incluye también la opción de "*estudio de velocidad*" el cual es un indicador de que se debe prestar especial atención a esta situación y es recomendable que se tomen medidas en el control de tránsito y de los flujos peatonales, para que éstos puedan interactuar de manera segura, ya sea con medidas reductoras de velocidad o con la implementación de mejoras para la protección de los peatones, residentes o ciclistas.

Cabe aclarar que los límites de velocidad deben ser establecidos en múltiplos de 10 km/h puesto que 10 km/h es considerado como el intervalo mínimo que un conductor puede llegar a percibir al desplazarse en un automóvil de tal manera que le sea posible estimar la velocidad a la que conduce sin necesidad de observar el velocímetro.

4.2 Factores a considerar en el modelo y su grado de importancia.

En el punto 2.4.3 se establecieron los factores preliminares para la elaboración del modelo. Tales factores se enlistan a continuación:

- La clasificación funcional.
- La longitud del tramo en estudio.
- La presencia de peatones y/o ciclistas.
- La presencia de vehículos estacionados.
- El número de accesos comerciales por kilómetro.
- El número de accesos residenciales por kilómetro.
- El número de accesos industriales por kilómetro.
- El número de intersecciones por kilómetro.
- La presencia de banquetas.
- El ancho de banquetas.
- La proporción de longitud con banquetas.
- La distancia libre lateral.
- La velocidad del 85 percentil.
- La velocidad del 50 percentil.
- El volumen vehicular en la hora de máxima demanda.
- El volumen peatonal en la hora de máxima demanda.

En el presente capítulo se analizará cómo introducir estos parámetros de manera objetiva en el modelo, para lo cual les será dado un valor de importancia, dependiendo de su valor discriminante, para estimar el límite de velocidad y/o las condiciones de seguridad adecuadas al entorno. Para facilitar este trabajo y mantener la simplicidad del modelo, se ha decidido agrupar los factores anteriores en subgrupos y se les ha dado un valor en función de su importancia, para estructurar un modelo consistente.

Grupo 1: Velocidades Practicadas:

- La velocidad del 50 percentil.
- La velocidad del 85 percentil.

Grupo 2: Infraestructura peatonal:

- La presencia de peatones y/o ciclistas.
- La presencia de banquetas.
- El ancho de banquetas.
- La proporción de longitud con banquetas.

Grupo 3: Volúmenes vehiculares y peatonales:

- La presencia de peatones.
- El volumen vehicular en la hora de máxima demanda.
- El volumen peatonal en la hora de máxima demanda.

Grupo 4: Densidad de accesos:

- La longitud del tramo en estudio.
- El número de accesos comerciales por kilómetro.
- El número de accesos residenciales por kilómetro.
- El número de accesos industriales por kilómetro.
- El número de intersecciones por kilómetro.

Grupo 5: Distancia de visibilidad lateral:

- La distancia libre lateral.
- La presencia de vehículos estacionados.

Grupo 6: Jerarquía vial:

- La clasificación funcional.

4.3. Elaboración del modelo.

A continuación se describen el procedimiento para la elaboración del modelo.

4.3.1 Velocidades practicadas.

Sin duda alguna, tomar en cuenta las velocidades obtenidas del estudio de velocidad es de suma importancia para tener un punto de referencia para comenzar el árbol de decisión. Es bien sabido que numerosos métodos y modelos para estimar los límites de velocidad parten de la velocidad del 85 percentil y este modelo no será la excepción. Por lo tanto, la primera decisión será aquella relacionada con la velocidad del 85 percentil (V_{85}).

Se ha decidido subdividir en tres estratos la velocidad del 85 percentil de tal manera que se tengan tres árboles de decisión (Ver figura 4.11 al final del

capítulo). El primer nivel es aquel con V_{85} menores que 45 km/h. En este nivel, se encuentran vialidades con velocidades bajas o moderadas a las cuales los usuarios más vulnerables (peatones, ciclistas y residentes) pueden interactuar con los vehículos de manera segura, siempre y cuando no exista una alta actividad peatonal, como la que se tiene en escuelas o industrias a la hora de salida o cualquier otro edificio público que ocasione una alta concentración de peatones. El segundo nivel, que es el más amplio, agrupa la totalidad de los casos estudiados y dentro de él se concentra principalmente este estudio es para aquellas V_{85} entre 45 y 70 km/h. Es aquí donde se tienen que tomar en cuenta todos los otros factores mencionados en el punto anterior; para llegar, como resultado final, a un límite de velocidad razonable y que sea seguro para todos los usuarios. Por último, el tercer nivel es aquel en donde la V_{85} es mayor que 70 km/h y, por tanto, es considerado como una zona de alto riesgo, por tratarse de una velocidad excesiva para el tipo de vialidades estudiadas.

4.3.2 La infraestructura peatonal.

El segundo factor a tomar en cuenta es el de infraestructura peatonal. Éste es también un factor de capital importancia para la elaboración del modelo, ya que garantiza la seguridad de los peatones. Para lo anterior, se debe verificar la existencia de zonas peatonales contiguas a la vialidad en toda su longitud (con excepción en las intersecciones y accesos) y cuya anchura mínima sea de 0.90 m. En caso de que no se cumpla el requisito de presencia de banquetas y/o una zona que permita el tránsito peatonal en toda la zona de estudio, se deberán identificar y medir todas las zonas sin infraestructura peatonal contigua. Esto dará una idea clara de las áreas en donde los peatones tendrán que circular por la calzada, hecho que los pone en una situación de alto riesgo, especialmente cuando los volúmenes vehiculares y peatonales son considerables.

4.3.3. Los volúmenes vehiculares y los peatonales.

Este factor, en conjunto con el de infraestructura peatonal, permitirá establecer los límites dentro de los cuales se puede considerar seguro el tránsito de los peatones. Es fácil observar el fenómeno de la seguridad de los peatones en

función de su volumen y del volumen vehicular. Por ejemplo, un peatón que tiene que cruzar la vialidad o tiene que circular por la calzada a causa de la falta de una zona peatonal contigua, podrá hacerlo si los volúmenes vehiculares son bajos; ya que se tendrá un mayor intervalo entre vehículos, el cual permitirá realizar la maniobra en una forma más segura que con altos volúmenes vehiculares. De igual manera, la probabilidad de que un vehículo intercepte a un peatón en la calzada es mayor si el volumen peatonal es alto.

Del razonamiento anterior, se concluye que es necesario encontrar un método que relacione infraestructuras peatonales y flujos vehiculares y peatonales, permitiendo encontrar un valor límite dentro del cual la interacción de vehículos y peatones, en un entorno determinado, sea segura. Dicho método se describe a continuación.

4.3.3.1 Teoría de la probabilidad de ocurrencia de accidentes.

En la referencia del Ing. Olivas (Ref. 15 "Metodología para Justificar Pasos Peatonales a Desnivel Utilizando la Distribución de Poisson") se presenta un método que utiliza la distribución de Poisson para justificar un paso peatonal a desnivel para separar los conflictos entre peatones y vehículos para determinadas condiciones de geometría y de volúmenes peatonales y vehiculares.

A continuación se presentan los supuestos de ese método, así como una versión adaptada a las condiciones de nuestro estudio.

El método descrito menciona un concepto llamado "probabilidad de ocurrencia de accidentes" (PAC) la cual es la probabilidad de que un vehículo que transita por una vialidad a una determinada tasa promedio de ocurrencia vehicular (volumen vehicular) intercepte en la calzada a un peatón que la cruza a una cierta tasa promedio de ocurrencia peatonal (volumen peatonal). Si la PAC es mayor o igual que 0.5 se presenta una condición de peligro para los peatones; por lo tanto, éstos deben ser separados del tránsito vehicular mediante un paso a desnivel.

Para los fines de este trabajo, y partiendo del método descrito anteriormente, se han elaborado las Figuras 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4. En ellas se traza una línea que separa las zonas en las cuales la PAC es mayor y menor que el valor crítico de seguridad de 0.5.

Para la elaboración de estas gráficas, se hacen los supuestos de que un peatón que se desplaza a 1.0 m/s cruza una calle 2, 3, 4 y 6 carriles respectivamente. Para más detalle ver el anexo II.

El criterio de la $PAC \leq 0.5$ permite establecer las condiciones límite de seguridad peatonal en este modelo. Si esta condición se cumple, se puede continuar con el siguiente paso en el modelo y proseguir con el árbol de decisiones, para llegar a un límite de velocidad adecuado, según el modelo. De no ser así, se deberá realizar un estudio de seguridad que contemple la reducción de la velocidad vehicular practicada, el reforzamiento de la vigilancia policial, la construcción de infraestructura urbana que mejore la seguridad y la implantación de medidas para modificar el control del tránsito.

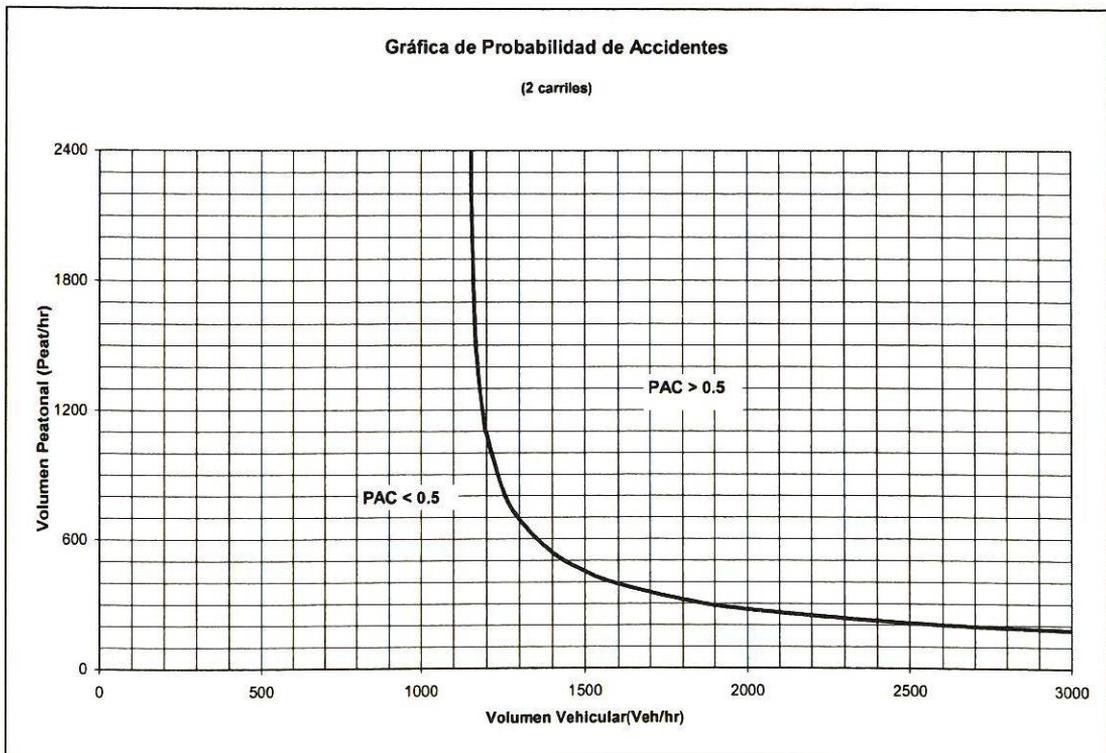


Figura 4.1 Gráfica de probabilidad de accidentes para una vialidad de 2 carriles.

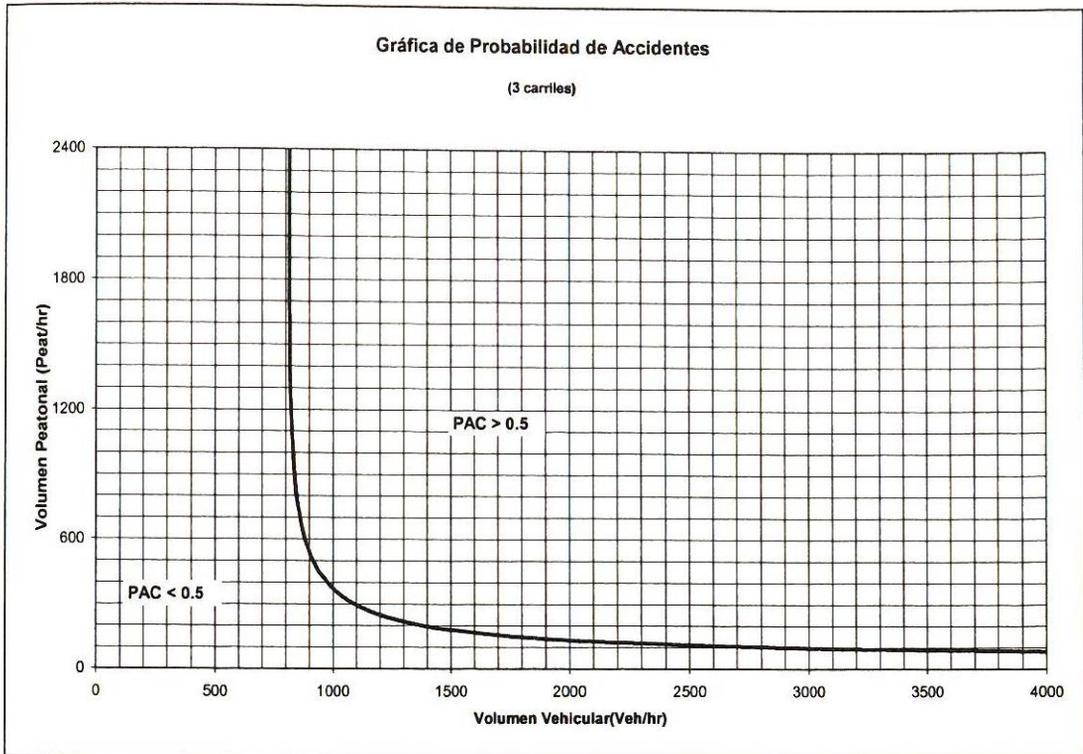


Figura 4.2 Gráfica de probabilidad de accidentes para una vialidad de 3 carriles.

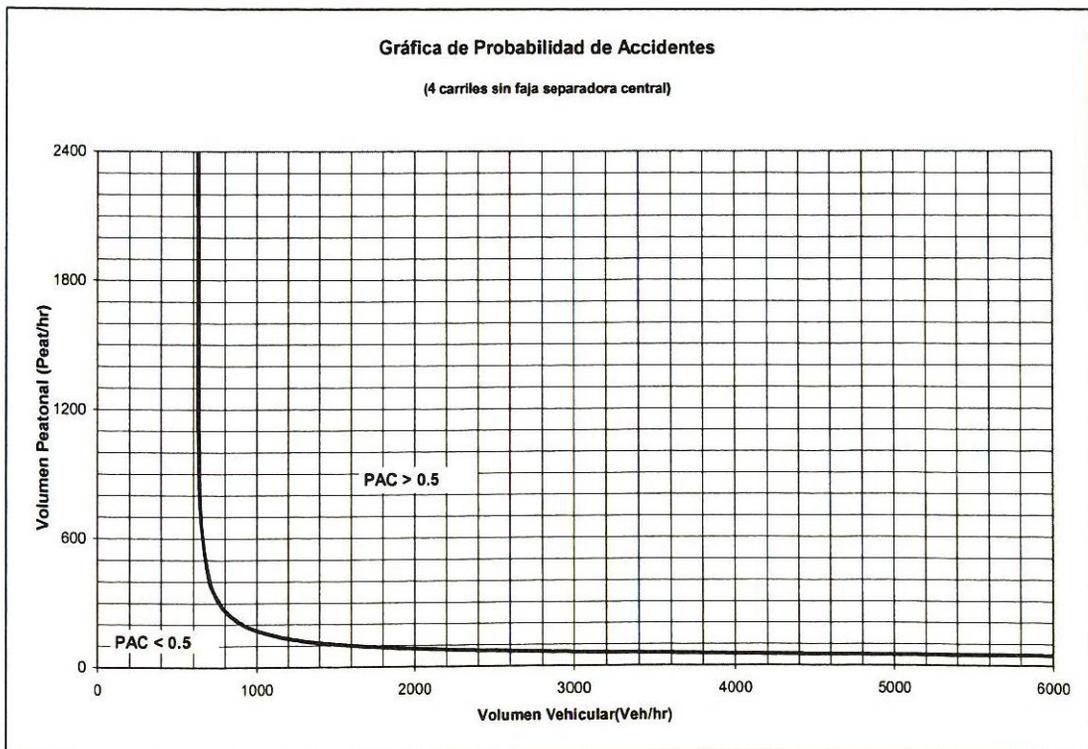


Figura 4.3 Gráfica de probabilidad de accidentes para una vialidad de 4 carriles.

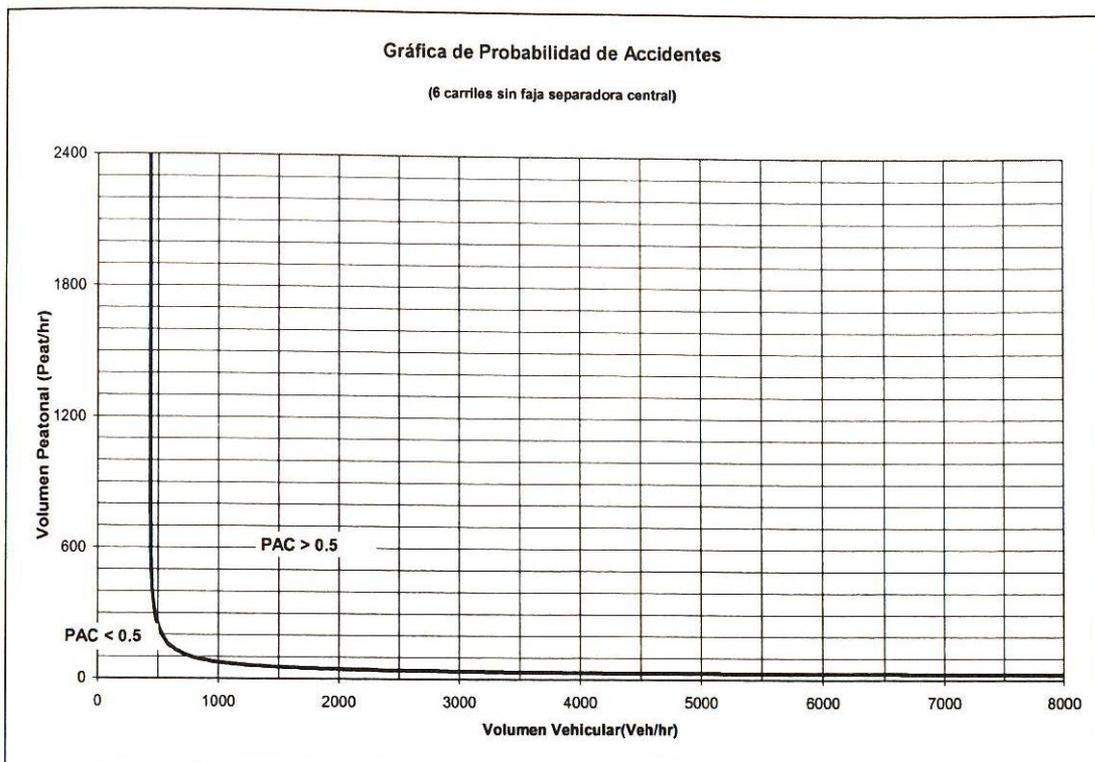


Figura 4.4 Gráfica de probabilidad de accidentes para una vialidad de 6 carriles.

4.3.3.2 Probabilidad de ocurrencia de accidentes en tramos sin banquetas.

De igual manera que se estableció el criterio de la probabilidad de ocurrencia de accidentes para los cruces de peatones en el punto anterior, se utiliza el mismo principio para la verificación del riesgo de accidentes entre los vehículos y los peatones que circulan sobre la calzada, debido a la falta de una zona peatonal. (Para tal efecto, se establece que ningún tramo aislado en el que no se tenga banqueta debe ser mayor que 15.0 m, que es el equivalente al ancho de la calzada en una vialidad de 4 carriles, sin faja separadora central). Si esta condición no se cumple, se deberá hacer un estudio de velocidad tal como el mencionado anteriormente o se deberán habilitar áreas peatonales para solucionar este problema. Para establecer un criterio que permita determinar si las condiciones de seguridad de un peatón que circula sobre la calzada en una distancia menor a 15.0 m, se utiliza el mismo criterio de la PAC. En este caso, se supone que dicho peatón está en conflicto con los vehículos que circulan por el carril derecho, asumiendo que por dicho carril circulan 1,600 veh/hr, (el cual

es un valor conservador ya que es próximo al valor del flujo ideal estándar de 1,900 veh/hr/carril). Utilizando la gráfica 4.3 (por ser la que se elaboró para una distancia de cruce de 15.0 m) con un valor de flujo vehicular de 1,600 veh/hr se obtiene que es necesario un flujo peatonal de 100 peatones/hr para alcanzar el punto crítico de seguridad peatonal. Por lo tanto, se deja como definitiva la selección de este valor de 100 peatones/hr.

4.3.4 Densidad de los accesos.

Numerosos estudios hacen ver claramente el efecto que tiene la densidad de accesos con las velocidades practicadas, y, por ende, con el límite máximo de velocidad en una zona. Por ejemplo, el Manual de Capacidad Vial (HCM por sus siglas en inglés), estima que para densidades menores que 24 accesos por kilómetro, existe una reducción de 6 km/h por cada incremento de 4 accesos/km.

4.3.4.1. Densidad de accesos de las vialidades estudiadas.

A continuación se presenta la relación de accesos por kilómetro de las zonas estudiadas, así como sus velocidades del 85 percentil.

TABLA 4.1 Resumen de densidad de accesos en las vialidades estudiadas.

Tramo en estudio	V ₈₅ (km/h)	Accesos/ km
Ave. San Nicolás	56.6	50
Ave. República Mexicana	60.8	2
Ave. Movimiento Obrero	60.9	19
Ave. Aarón Sáenz *	64.8	32
Ave. Chapultepec	50.6	118

* No se tomó en cuenta para la gráfica

4.3.4.2 El efecto de la densidad de accesos en el modelo.

Aunque el efecto del número de accesos por kilómetro está ya representado en la velocidad del 85 percentil, es conveniente considerarlo nuevamente como un factor que indica el conflicto entre los vehículos que circulan por la vialidad y aquellos que se incorporan o salen.

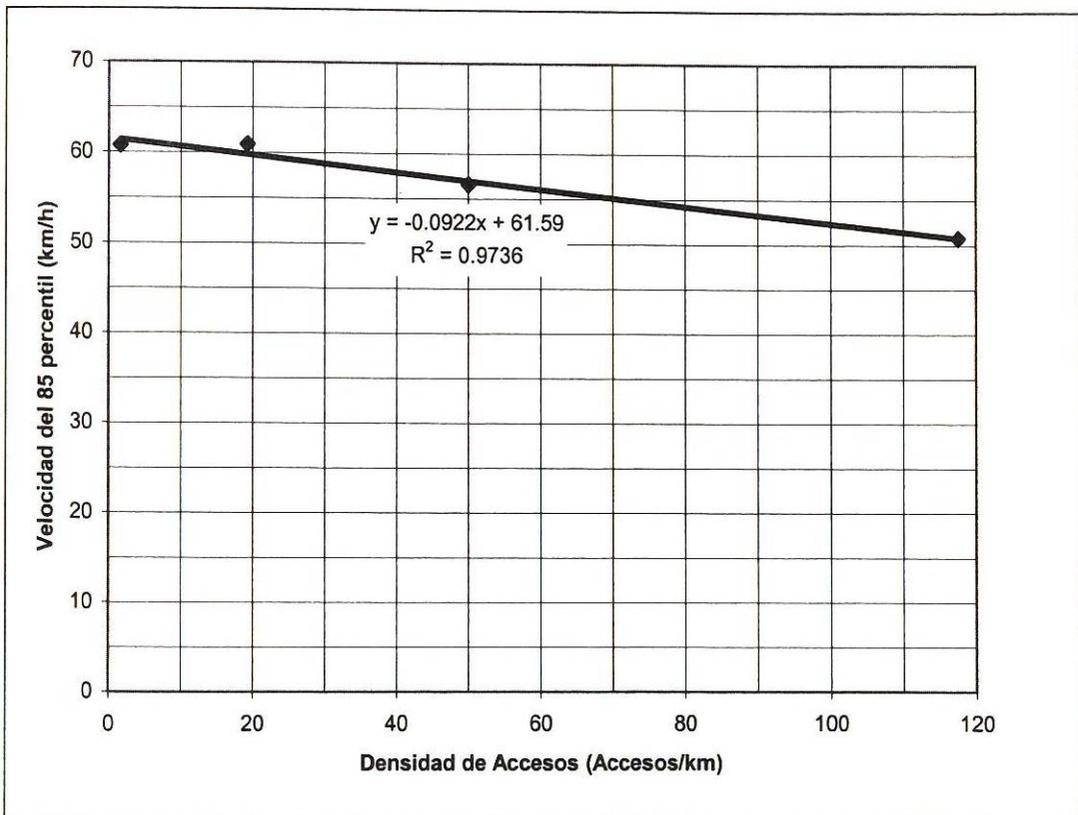


Figura 4.5 Distribución de la velocidad del 85 percentil contra número de accesos.

Con base en los estudios y observaciones de campo, se ha decidido definir dos límites en el número de accesos por kilómetro, de tal manera que se obtengan tres zonas. La primera para aquellas zonas en donde el número de intervalos es bajo y por lo tanto se considera que los conflictos entre los vehículos de la vialidad principal y los que se incorporan son escasos. Para establecer el primero de estos límites se tomó en cuenta la avenida Movimiento Obrero, en Santa Catarina (Figura 4.7). Esta vialidad presenta una condición interesante, ya que su densidad de accesos (19 accesos/km) es tal que se estimó como límite entre las zonas de densidad baja y moderada. Por otra parte, al observar

el caso de la avenida Aarón Sáenz (con 32 accesos/km) se puede constatar que esta otra ya no puede clasificarse como zona de densidad baja, sino moderada (ver figura 4.8). Por lo tanto, se tomará como límite una densidad de 20 accesos por kilómetro ya que este número es más práctico que el 19 y será más fácil de incluir en el modelo.



Figura 4.6 Av. República Mexicana (zona con densidad de accesos baja).

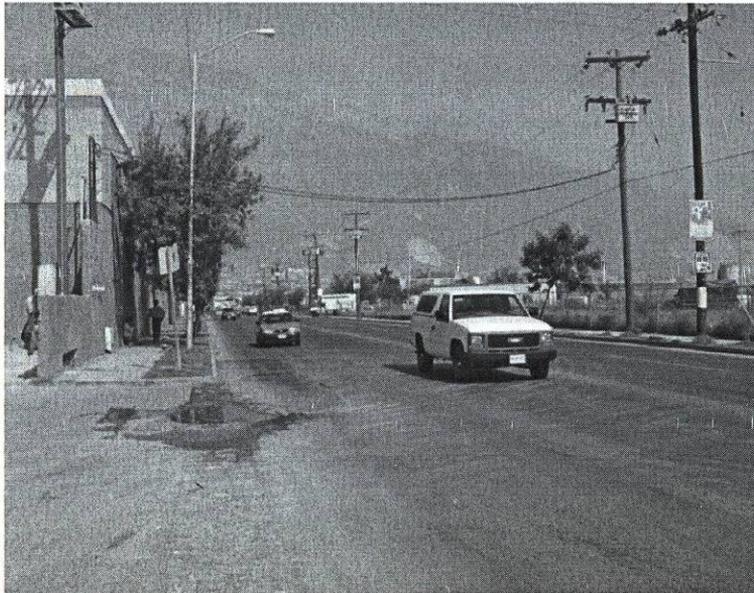


Figura 4.7 Av. Movimiento Obrero (límite entre las densidades de accesos bajas y moderadas).



Figura 4.8 Av. Aarón Sáenz (zona con densidad de accesos moderada).

De manera similar, se estableció el límite entre las zonas de densidad moderada y alta. En este caso, se tomaron como referencia los casos de las avenidas San Nicolás y Chapultepec.

La primera (50 accesos/km) puede clasificarse como una donde la densidad de accesos es moderada (ver figura 4.9), mientras que la segunda (118 accesos/km) es claramente una zona con densidad alta ya que se pudo observar una alta actividad de vehículos en maniobras de incorporación o desincorporación (ver figura 4.10). De lo anterior, se sabe que el límite entre las zonas de densidades moderadas y altas se encuentra en un lugar entre 50 y 118 accesos/km. De ahí, se decide que dicho valor, que servirá como frontera será 80 accesos/km ya que se estima conveniente que sea más cercano a los 50 accesos/km que a los 118 accesos/km.



Figura 4.9 Av. San Nicolás (zona con densidad de accesos moderada)



Figura 4.10 Av. Chapultepec (zona con densidad de accesos alta).

TABLA 4.2 Resumen de clasificación de la densidad de accesos

Densidad de accesos	Accesos/km
Baja	≤ 20
Moderada	20 - 80
Alta	> 80

4.3.5. Distancia libre lateral.

La distancia libre lateral es la distancia comprendida desde la guarnición o en su defecto la orilla de los carriles de circulación hasta el límite de propiedad de los terrenos adyacentes a la vía. Sin embargo, si existe la presencia de vegetación muy densa en la banqueta o cualquier otro obstáculo longitudinal, con una altura mayor que 1.0 m se debe considerar como un obstáculo visual. De igual modo, un estacionamiento lateral que tenga una tasa de ocupación elevada deber ser considerado como un obstáculo visual. En tal caso, la distancia libre lateral a verificar será la distancia medida desde la orilla externa del carril de circulación, hasta el borde de los vehículos estacionados.

La distancia libre lateral con la que cuenta un conductor es un factor importante a ser considerado si se busca la seguridad. La distancia libre lateral permite tanto a los conductores como a los peatones percatarse de la presencia del otro, en las maniobras de cruce. Si esta distancia es muy restringida, la seguridad se verá afectada negativamente, ya que puede ocasionar que un conductor no cuente con el tiempo suficiente para detener su vehículo al observar un peatón u obstáculo en su trayectoria. Se considera que un valor de 1.8 m, medido desde la orilla exterior de la calzada es suficiente ya que éste es el valor utilizado en el Manual de Capacidad Vial publicado en el año 2000, como valor mínimo de distancia libre lateral para las condiciones ideales.

4.3.6 Jerarquía vial.

La inclusión de la jerarquía vial en el modelo de determinación de límites de velocidad es bastante simple, y sólo se le considera en aquellos lugares en donde se deba tomar la decisión de redondear a la decena superior o inferior un valor intermedio. Es sabido que las distancias promedio que un conductor recorre están relacionadas con su jerarquía vial. Por ejemplo, las distancias recorridas en una calle local son bajas mientras que aquella recorrida en una arteria es mucho mayor, ya que las arterias comunican puntos más distantes. Por lo anterior, si una velocidad baja es impuesta en una arteria, ésta va a ser poco respetada, debido a que los conductores se desesperarán pronto. Es por

eso, que se consideró importante tomar en cuenta la clasificación funcional para decidir qué límite de velocidad seleccionar cuando se tiene la opción de escoger dos.

4.3.7 La velocidad del 50 percentil.

De igual manera que en el caso anterior, este factor sirve para tomar la decisión al redondear un límite con un valor intermedio. Es también conveniente aclarar que, por razones de establecer un límite de velocidad razonable, ningún límite de velocidad debe ser menor que la velocidad del 50 percentil, ya que sería poco respetado por los automovilistas.

4.3.8 Longitud mínima de una zona de velocidad.

Se deben evitar los tramos demasiado cortos excepto para los casos en donde la velocidad de 30 km/h es aplicable (parques, escuelas, salidas de fábricas, etc.) ya que éstos son inefectivos y difíciles de controlar por parte de las autoridades. Revisando la bibliografía se puede establecer como regla general que ningún tramo (a excepción de las zonas escolares) debe ser menor a la distancia recorrida en 25 segundos a la velocidad límite ó a 400 m, la que resulte menor.

4.3.9. El modelo preliminar.

A continuación se muestra el modelo para establecer los límites de velocidad. Dicho modelo resume todo el método explicado y estudiado en este capítulo, en forma de un árbol de decisión que permitirá al usuario su fácil y rápida comprensión.

CAPÍTULO 5

GUÍA PARA LA APLICACIÓN DEL MÉTODO.

5.1 Conceptos generales sobre límites de velocidad.

A continuación se describe los conceptos básicos sobre límites de velocidad, su objetivo así como la descripción de las zonas de velocidad y de la señal restrictiva de límite de velocidad.

5.1.1 Definición.

Límite de velocidad.- Es la velocidad máxima permitida en un tramo de vialidad. Este límite puede ser fijado por la ley o establecido con fundamento en un estudio de ingeniería de tránsito.

Zona de velocidad.- Es la zona o tramo de una vialidad sujeta a un mismo límite de velocidad.

5.1.2 Objetivo

Los límites de velocidad se establecen para informar a los conductores sobre la máxima velocidad que se considera segura y razonable cuando las condiciones son buenas. Los límites de velocidad también tienen la función de disminuir las diferencias de velocidad entre los vehículos, para así reducir el número de conflictos potenciales.

5.1.3 Longitudes y transiciones de las zonas de velocidad.

Excepto en las zonas escolares u otras condiciones especiales (retenes, zonas de inspección, etc.) una zona de velocidad corta debe evitarse en la medida de lo posible, ya que son inefectivas y difíciles de vigilar por las autoridades. Como una regla general, ninguna zona de velocidad debe ser menor a 400 m o a la

distancia recorrida en 25 segundos, a la velocidad límite establecida, la que resulte menor.

Los cambios en los límites de velocidad en zonas urbanas deben hacerse en incrementos de 10 ó 20 km/h. Es preferible utilizar incrementos de 20 km/h, con zonas más largas, que múltiples zonas de velocidad cortas con incrementos de 10 Km/h.

5.1.4 Colocación y espaciamiento de las señales de límite de velocidad (SR-9).

Las señales de límite de velocidad (SR-9) deben ser colocadas al comienzo de cada zona de velocidad, después de intersecciones importantes y en cualquier otro punto dentro de la zona de velocidad en donde es necesario informar al automovilista cuál es la velocidad límite. En las vialidades urbanas, es recomendable colocar este tipo de señales al menos una vez cada dos minutos de tiempo de viaje.



Figura 5.1 Señal restrictiva (SR-9) para un límite máximo de velocidad de 80 km/h.

5.2 Descripción del método.

Este método toma en cuenta diversos factores técnicos, tales como la velocidad media practicada y la velocidad del 85° percentil, que se obtienen de los estudios de velocidad de punto, los volúmenes peatonales y vehiculares para estimar la probabilidad de ocurrencia de accidentes, las condiciones de la

infraestructura peatonal para estimar el grado de exposición de los peatones, la densidad de accesos por kilómetro, la distancia libre lateral así como la clasificación funcional de las vialidades estudiadas, y las integra en un esquema de árbol de decisión para facilitar su uso y fácil interpretación de resultados.

5.3 Campo de aplicación.

Este método es aplicable a las vialidades urbanas que a continuación se describen:

- Dos carriles en un sólo sentido de circulación.
- Tres carriles en un sólo sentido de circulación.
- Cuatro carriles con ambos sentidos de circulación sin faja separadora central.
- Seis carriles con ambos sentidos de circulación sin faja separadora central.

5.4 Aplicación del método.

El método está estructurado en forma de un árbol de decisión, por lo que es bastante simple de utilizar. A continuación se describe cada uno de los pasos para su uso.

5.4.1 Los estudios necesarios.

Para aplicar el método se deberán llenar los formularios de campo y realizar los estudios que se indican a continuación. En cada uno de los anexos se presenta una guía para el llenado de los registros o del procedimiento, así como el procedimiento de campo y los cálculos a realizar en cada uno de los estudios.

Registro de Campo	Anexo I
Estudios velocidad de punto	Anexo IV
Estudio de aforos vehiculares	Anexo V
Estudio de aforos peatonales	Anexo V

5.4.2 Velocidad del 85 percentil (1).

Esta velocidad se obtiene del estudio de velocidad de punto y constituye el inicio de método. En esta etapa debe seleccionarse uno de los tres posibles niveles de velocidad ($V_{85} < 45$ km/h, $45 \leq V_{85} \leq 70$ ó $V_{85} > 70$) para proseguir con el método.

5.4.3 Porcentaje de longitud con banquetas (2).

El porcentaje de longitud con banquetas (% LB) es la proporción de la longitud en la que existe banqueta o cualquier banda de al menos 0.90 m de ancho, contigua a la vialidad, que permita el tránsito de peatones con relación a la longitud total de tramo en estudio. La función de este valor es verificar si se cuenta con banqueta en ambos lados de la vialidad en toda la longitud en estudio. De no ser así, el %LB será menor que el 100% y se deberán verificar las longitudes de los tramos aislados sin banquetas.

5.4.4 Longitud sin banquetas (3).

En caso de que existan tramos aislados sin banquetas, o cualquier zona contigua a la vialidad en la que se permita el tránsito peatonal con una anchura mínima de 0.90 m deberán medirse para verificar si son mayores que 15.0 m.

5.4.5 Volumen peatonal (4).

En caso de que se presenten tramos sin banquetas menores que 15.0 m se deberá aforar el volumen peatonal que circula paralelo a la vialidad estudiada y que invade el carril derecho para seguir desplazándose. Si este volumen es menor que 100 peatones/hr, en la hora de máxima demanda, se prosigue con el paso 5; en caso contrario, se debe elaborar un estudio de seguridad tal y como se describe en el anexo III.

5.4.6 Probabilidad de ocurrencia de accidentes (5).

Para determinar si la probabilidad de ocurrencia de accidentes (PAC), es mayor que 0.50, se deberán utilizar las figuras 5.2, 5.3, 5.4 ó 5.5 dependiendo del número de carriles de la vialidad en estudio. Para acceder a estas gráficas, se debe contar con los volúmenes peatonales y vehiculares, en la hora de máxima demanda, obtenidos según el anexo V.

5.4.7 La densidad de accesos por kilómetro (6).

Es el número de accesos dentro de la zona en estudio, dividido entre su longitud (Ver anexo I).

5.4.8 La distancia libre lateral (7).

La distancia libre lateral (DLL) es la distancia medida desde la orilla de los carriles de circulación, hasta el límite de propiedad de los lotes colindantes o hasta cualquier obstáculo que limite la visibilidad del conductor, tal como vegetación en la banqueta, mayor que 1.0 m. Si en la zona en estudio se permite estacionamiento lateral y éste tiene una alta tasa de ocupación, los vehículos estacionados deberán considerarse como un obstáculo visual y deberá medirse la distancia comprendida entre el límite exterior del carril de circulación contiguo al estacionamiento, hasta el paño de los vehículos estacionados.

5.4.9 La alta actividad peatonal (8).

Se considerará que existe una alta actividad peatonal si se presentan grupos concentrados de peatones que quieren cruzar la vialidad, tal como el que se presenta afuera de edificios públicos como iglesias, escuelas, industrias, clínicas, etc.

Gráfica de Probabilidad de Accidentes

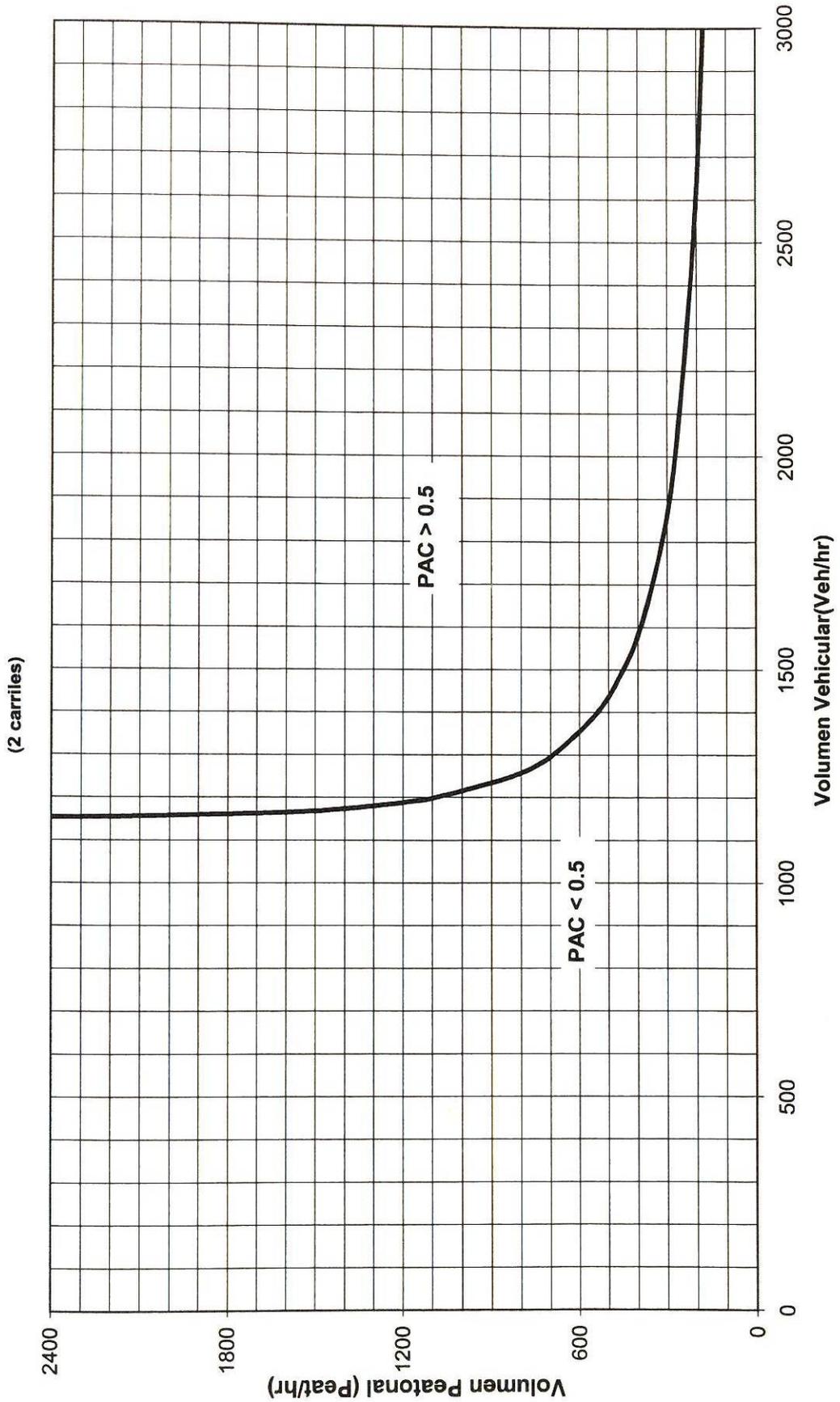


Figura 5.2 Gráfica de probabilidad de accidentes para una vialidad de 2 carriles.

Gráfica de Probabilidad de Accidentes

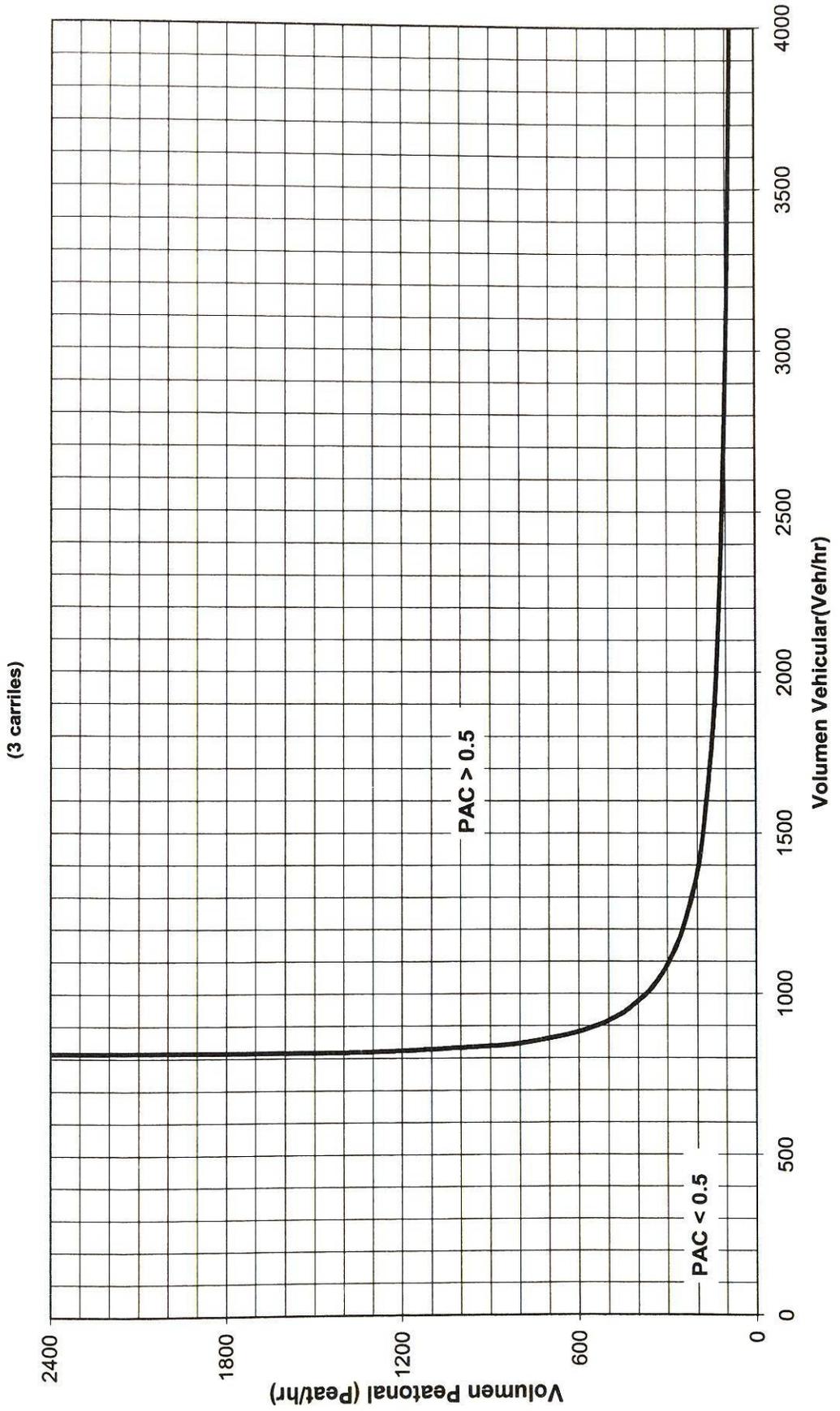


Figura 5.3 Gráfica de probabilidad de accidentes para una vialidad de 3 carriles.

Gráfica de Probabilidad de Accidentes

(4 carriles sin faja separadora central)

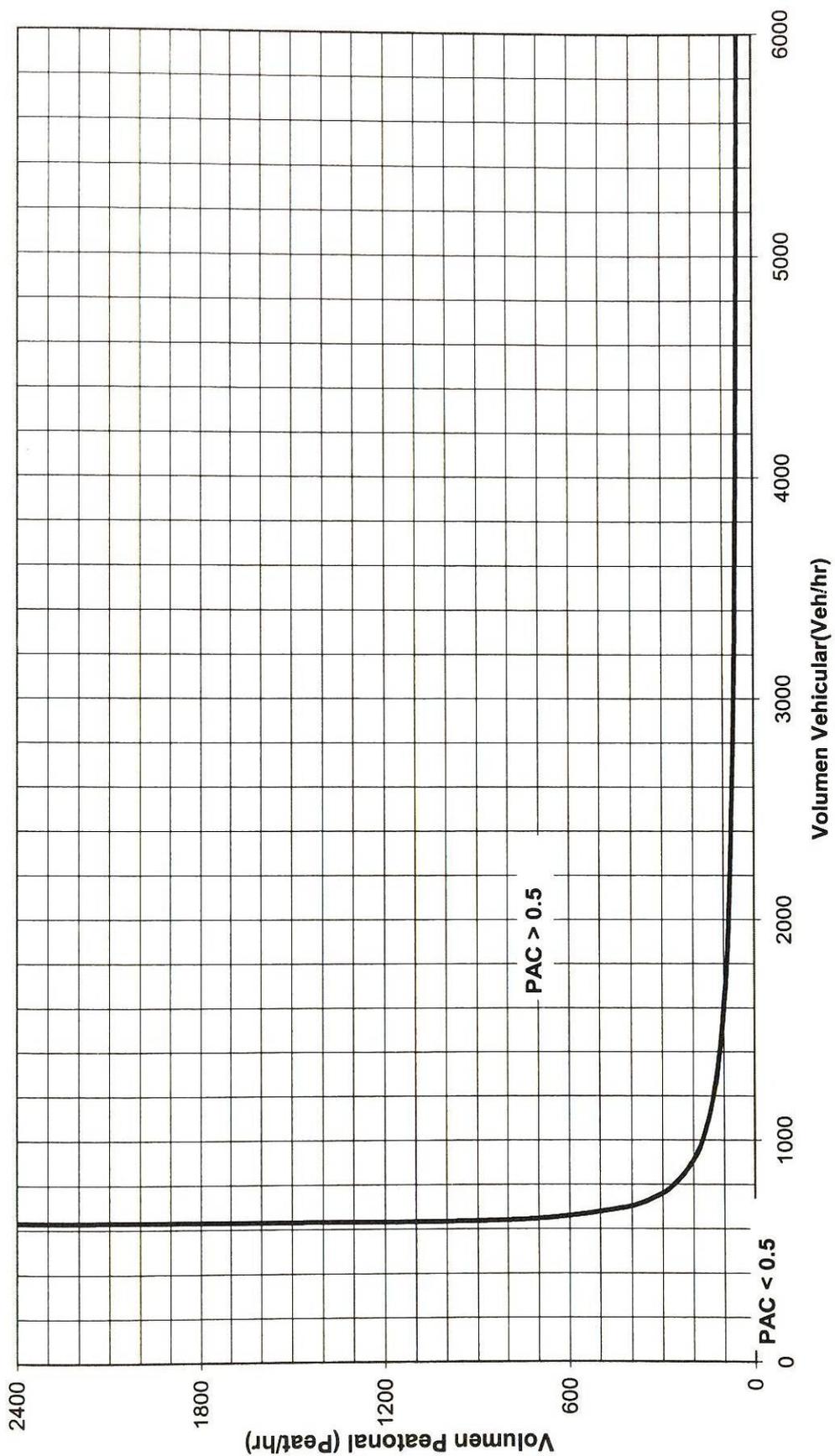


Figura 5.4 Gráfica de probabilidad de accidentes para una vialidad de 4 carriles.

Gráfica de Probabilidad de Accidentes

(6 carriles sin faja separadora central)

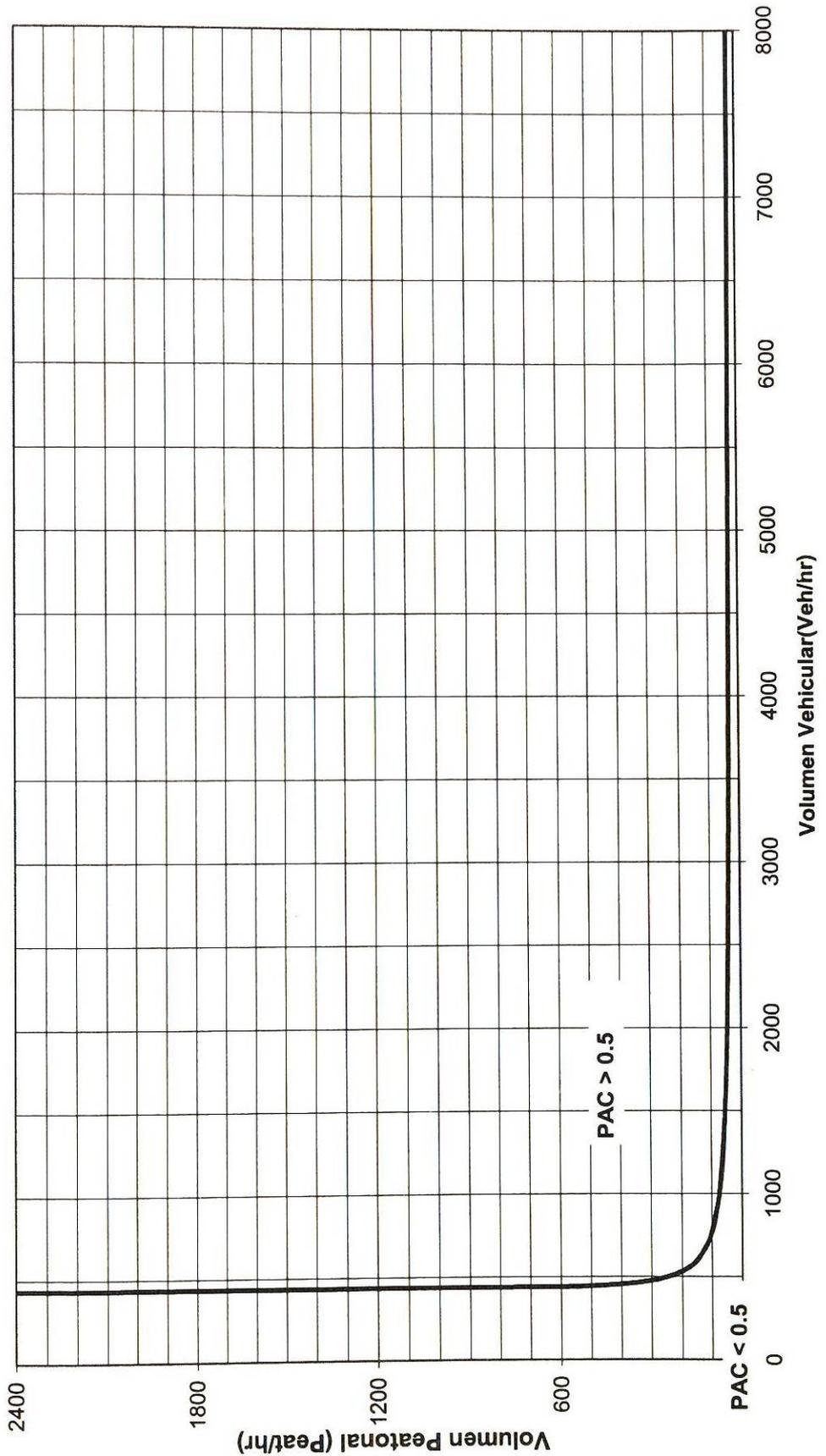


Figura 5.5 Gráfica de probabilidad de accidentes para una vialidad de 6 carriles.

5.4.10 La velocidad del 50 percentil o arteria (9).

La velocidad del 50 percentil es la que se obtiene del estudio de velocidad de punto descrito en el anexo I. Por otra parte, una vialidad es considerada como una arteria si cumple ciertas condiciones, desde el punto de vista funcional (Anexo VI). En esta etapa del método, se debe cumplir al menos una de las dos condiciones impuestas, para considerarla como válida.

5.4.11 La velocidad del 50 percentil (10).

Como se mencionó anteriormente, la velocidad del 50 percentil se obtiene del estudio de velocidad de punto.

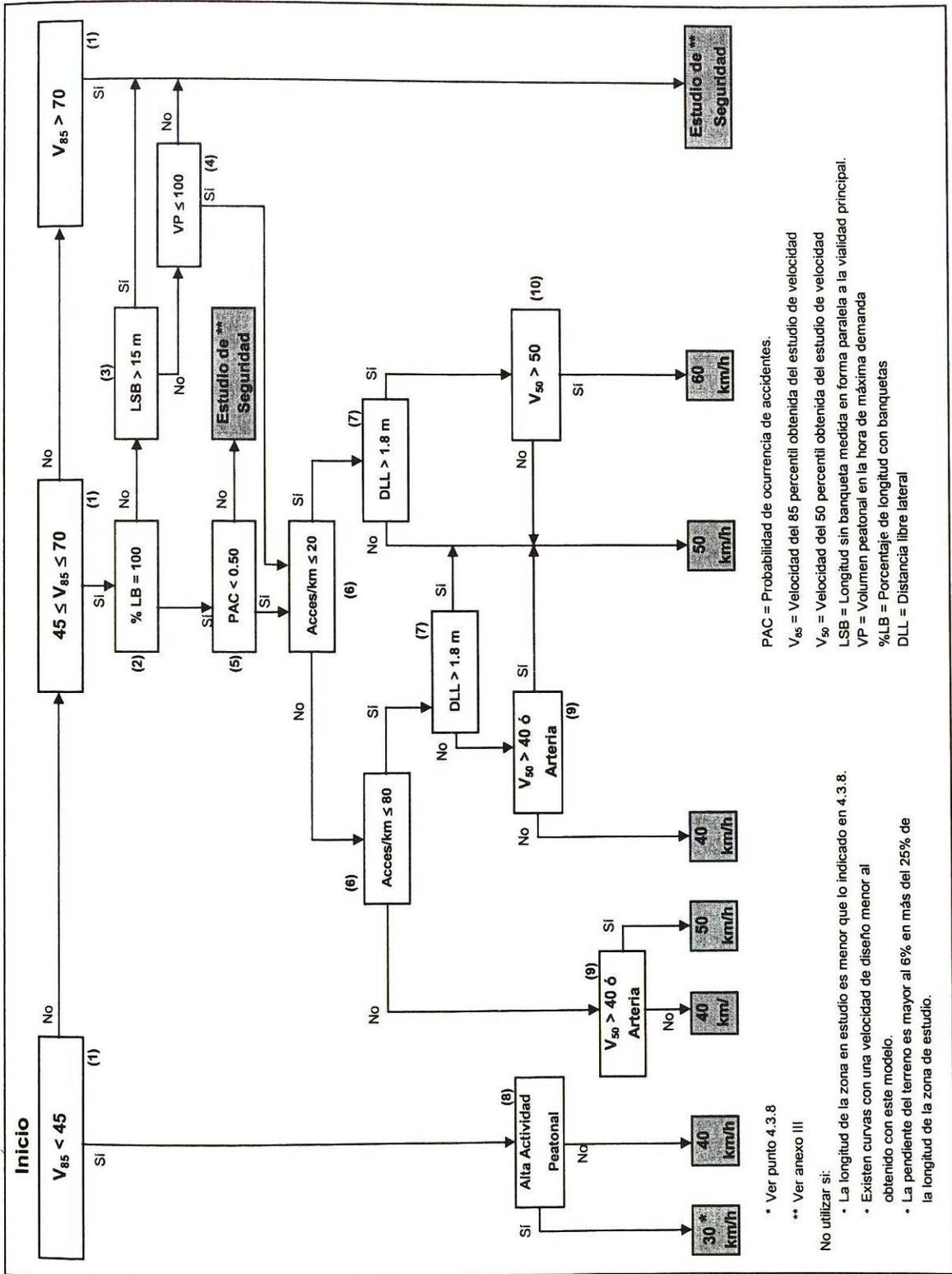


Figura 5.6 Diagrama de Flujo del Método

5.5 Ejemplo práctico de la aplicación del modelo.

A continuación se presenta la aplicación del método para la determinación de límites de velocidad en las vialidades estudiadas. Los estudios de volúmenes vehiculares y peatonales se pueden ver en el anexo VII.

5.5.1 Av. San Nicolás.

- 4 carriles sin faja separadora central
- Velocidad del 50 percentil (V_{50}) = 47.8 km/h
- Velocidad del 85 percentil (V_{85}) = 56.6 km/h
- Porcentaje de longitud con banquetas (%LB) = 100
- Volumen vehicular en la hora de máxima demanda = 1,974 vehículos/hr
- Volumen peatonal en la hora de máxima demanda = 28 peatones/hr
- Densidad de accesos por km (Acces/km) = 50
- Distancia libre lateral promedio (DLL) = 6.68 m

En la figura 5.7 se puede observar la aplicación del método en esta vialidad.

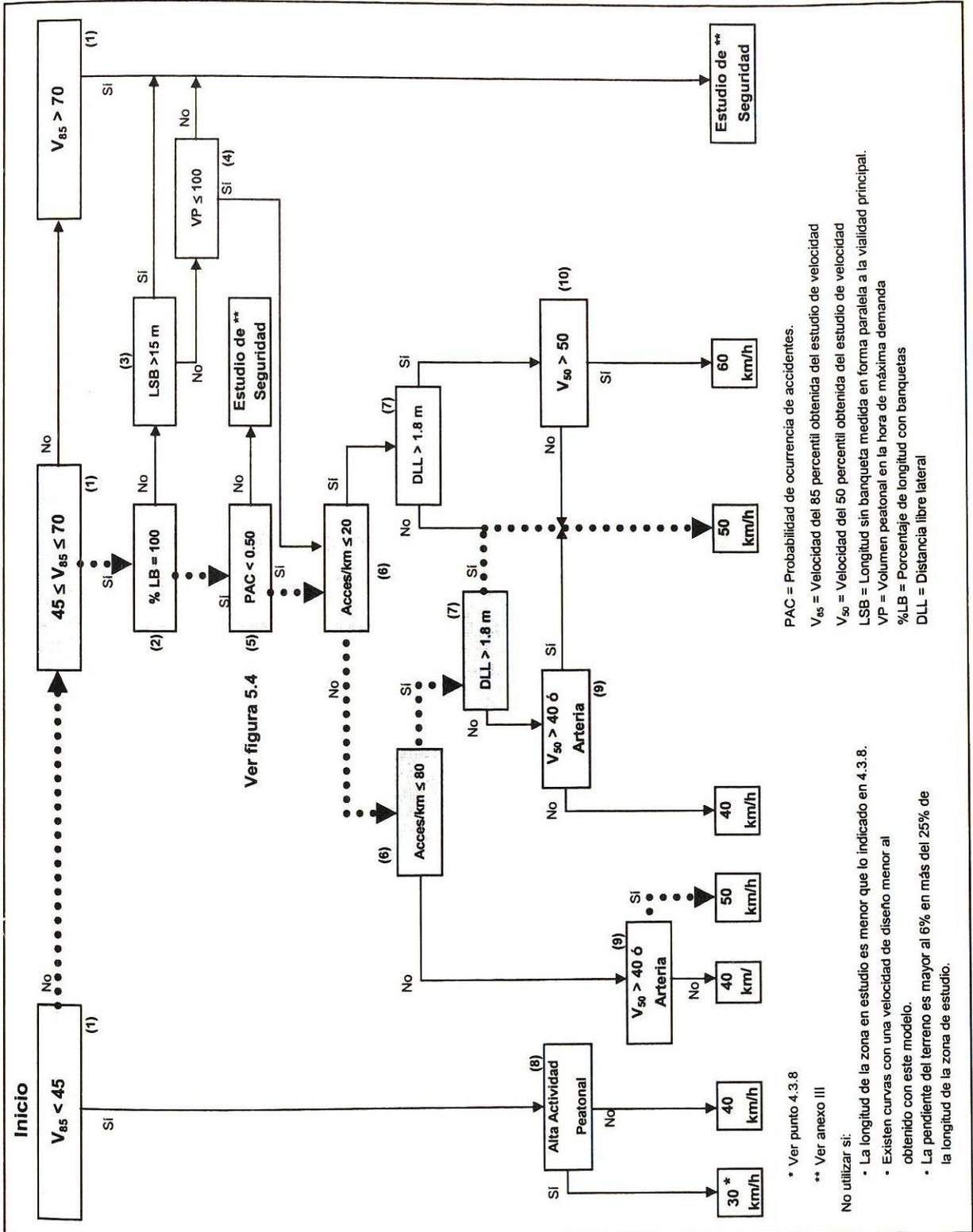


Figura 5.7 Aplicación del método en la avenida San Nicolás.

5.5.2 Av. República Mexicana.

En este caso en particular se tienen dos límites de velocidad distintos, uno para el sentido norte-sur y otro para el sentido sur-norte, por lo tanto, la aplicación del método se hará de manera individual para cada sentido de circulación.

a) Sentido norte-sur

- 4 carriles sin faja separadora central
- Velocidad del 50 percentil (V_{50}) = 51.9 km/h
- Velocidad del 85 percentil (V_{85}) = 61.6 km/h
- Porcentaje de longitud con banquetas (%LB) = 100
- Volumen vehicular en la hora de máxima demanda = 830 vehículos/hr
- Volumen peatonal en la hora de máxima demanda = 10 peatones/hr
- Densidad de accesos por km (Acces/km) = 2
- Distancia libre lateral promedio (DLL) = 2.16 m

En la figura 5.8 se puede observar la aplicación del método en esta vialidad.

b) Sentido sur-norte

- 4 carriles sin faja separadora central
- Velocidad del 50 percentil (V_{50}) = 50.0 km/h
- Velocidad del 85 percentil (V_{85}) = 59.9 km/h
- Porcentaje de longitud con banquetas (%LB) = 100
- Volumen vehicular en la hora de máxima demanda = 830 vehículos/hr
- Volumen peatonal en la hora de máxima demanda = 10 peatones/hr
- Densidad de accesos por km (Acces/km) = 2
- Distancia libre lateral promedio (DLL) = 1.44 m

En la figura 5.9 se puede observar la aplicación del método en esta vialidad.

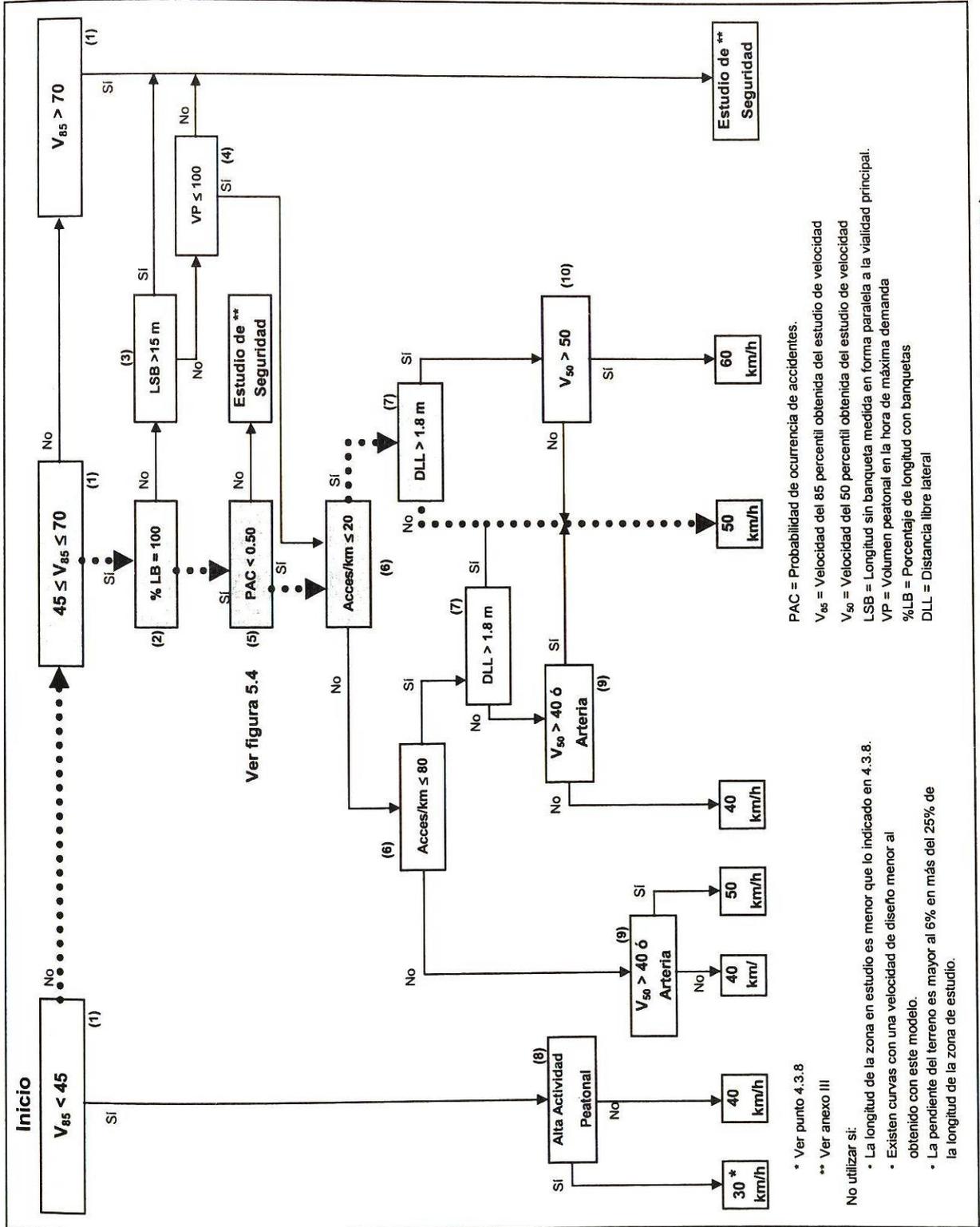


Figura 5.9 Aplicación del método en la avenida República Mexicana (sentido sur-norte).

5.5.3 Av. Movimiento Obrero.

- 4 carriles sin faja separadora central
- Velocidad del 50 percentil (V_{50}) = 55.6 km/h
- Velocidad del 85 percentil (V_{85}) = 64.8 km/h
- Porcentaje de longitud con banquetas (%LB) = 100
- Volumen vehicular en la hora de máxima demanda = 1,899 vehículos/hr
- Volumen peatonal en la hora de máxima demanda = 22 peatones/hr
- Densidad de accesos por km (Acces/km) = 32
- Distancia libre lateral promedio (DLL) = 3.36 m

En la figura 5.10 de puede observar la aplicación del método en esta vialidad.

5.5.4 Av. Aarón Sáenz.

- 4 carriles sin faja separadora central
- Velocidad del 50 percentil (V_{50}) = 50.9 km/h
- Velocidad del 85 percentil (V_{85}) = 60.9 km/h
- Porcentaje de longitud con banquetas (%LB) = 100
- Volumen vehicular en la hora de máxima demanda = 2,552 vehículos/hr
- Volumen peatonal en la hora de máxima demanda = 22 peatones/hr
- Densidad de accesos por km (Acces/km) = 19
- Distancia libre lateral promedio (DLL) = 3.31 m

En la figura 5.11 de puede observar la aplicación del método en esta vialidad.

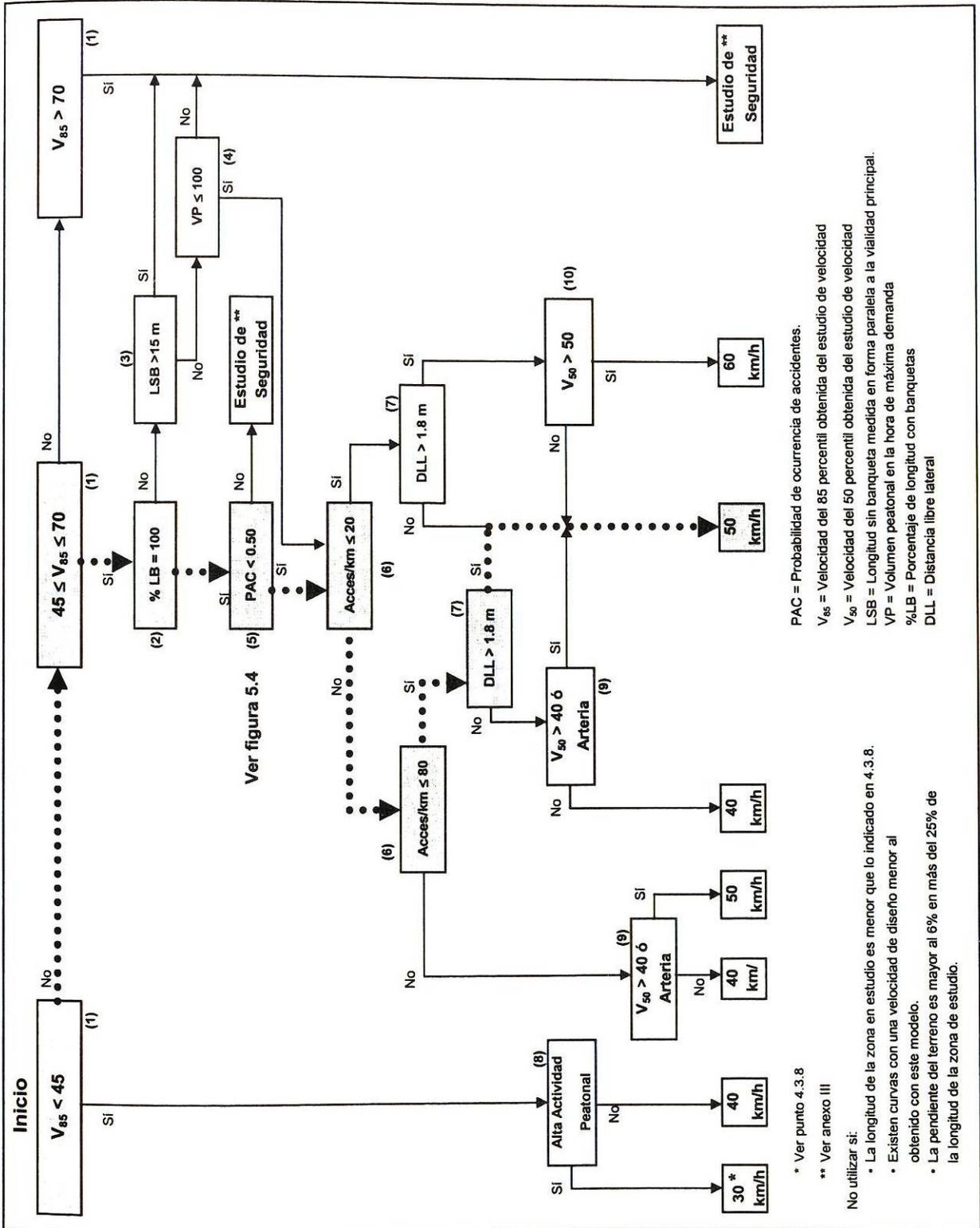


Figura 5.11 Aplicación del método en la avenida Aaron Sáenz.

5.5.5 Av. Chapultepec.

- 4 carriles sin faja separadora central
- Velocidad del 50 percentil (V_{50}) = 42.8 km/h
- Velocidad del 85 percentil (V_{85}) = 50.8 km/h
- Porcentaje de longitud con banquetas (%LB) = 100
- Volumen vehicular en la hora de máxima demanda = 3,780 vehículos/hr
- Volumen peatonal en la hora de máxima demanda = 43 peatones/hr
- Densidad de accesos por km (Acces/km) = 118
- Distancia libre lateral promedio (DLL) = 3.05 m

En la figura 5.12 se puede observar la aplicación del método en esta vialidad.

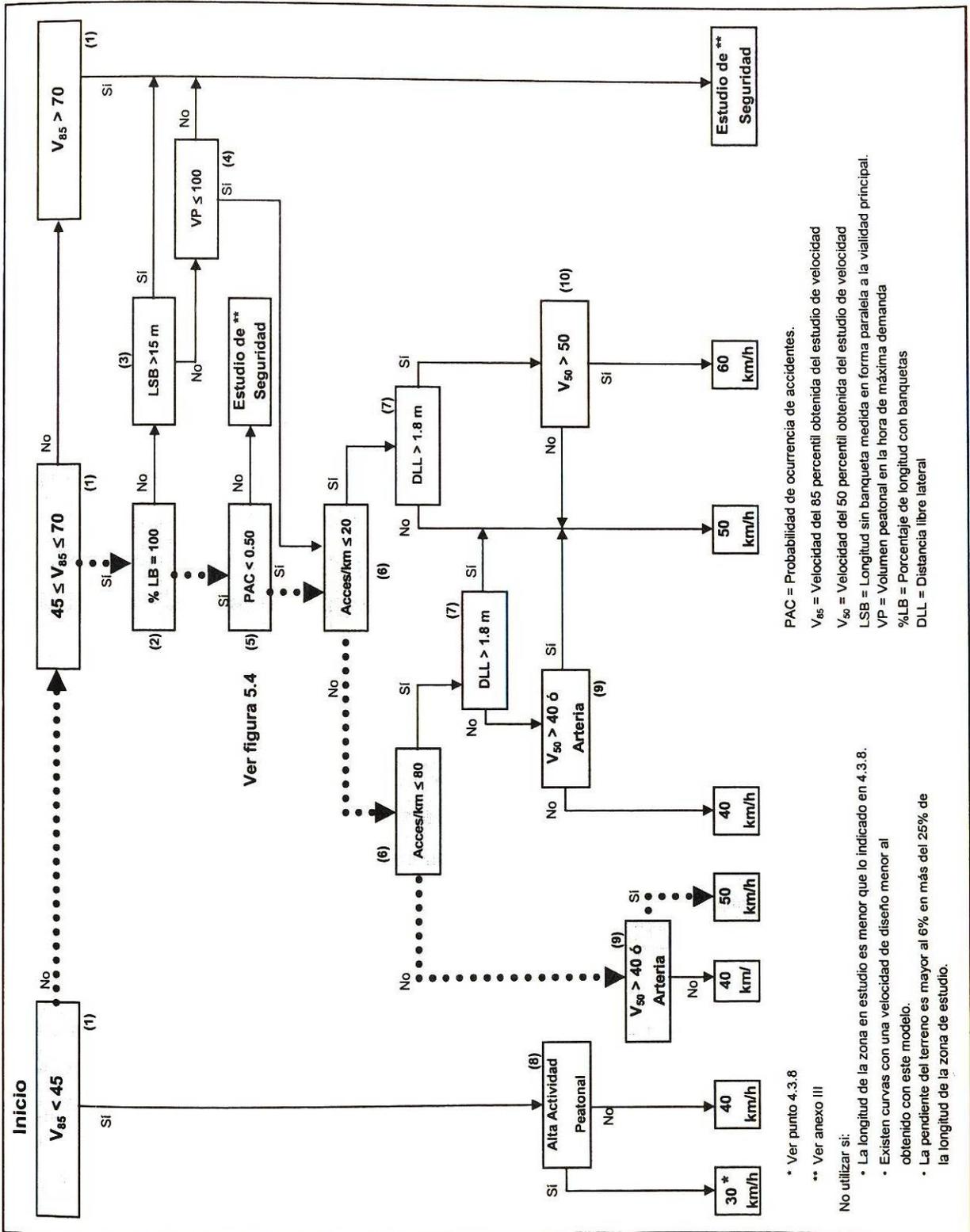


Figura 5.12 Aplicación del método en la avenida Chapultepec.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En este estudio se pudo observar que es posible encontrar un método fácil de aplicar que relacione las velocidades practicadas, el volumen peatonal, el volumen vehicular, la infraestructura para el tránsito de peatones, la densidad de accesos por kilómetro y la jerarquía vial, de tal manera que se pueda establecer un límite máximo de velocidad que proporcione seguridad a los usuarios y que sea acorde con las condiciones particulares de una vialidad; confirmándose la hipótesis planteada.

Este modelo de determinación de límites de velocidad ha sido elaborado para aplicarse a las vialidades de 2, 3, 4 y 6 carriles, por lo que conviene que se tenga presente esta limitación. En aquellas condiciones de vialidad donde se permite el estacionamiento en paralelo y éste tiene una alta tasa de ocupación, esta guía puede también aplicarse tomando en cuenta las debidas precauciones referentes a la distancia de visibilidad lateral.

Mediante la aplicación del presente estudio se puede llegar a uno de los 4 posibles límites máximos de velocidad que se consideran razonable para este tipo de vialidades (30, 40, 50 ó 60 km/h). Sin embargo, es conveniente aclarar que en algunos casos se puede llegar a la conclusión de que es necesario un estudio de seguridad, cuando las condiciones prevalecientes son peligrosas a causa de que las velocidades son excesivas y/o la falta de una adecuada infraestructura peatonal; por lo tanto, se debe tener en cuenta que será necesario en algunas ocasiones modificar las condiciones del control del tránsito y/o la infraestructura peatonal, antes de pretender establecer un límite de velocidad adecuado y, por ende, altamente respetado por los conductores, el cual es un punto muy importante, ya que de esta manera se fomenta el respeto del señalamiento en general.

Además de mejorar la credibilidad del señalamiento vial, la utilización de este método tiene como finalidad la homologación de criterios para establecer los límites de velocidad. De lo anterior se concluye la importancia de la implantación

de éste y otros métodos de la ingeniería vial, por parte las autoridades, para mejorar las condiciones viales en el entorno.

La tabla 6.1 muestra los valores de velocidad límite obtenidos al utilizar la metodología en las vialidades estudiadas, así como también las velocidades del 50 y 85 percentil y la velocidad límite actual.

TABLA 6.1. Comparación entre los límites actuales y propuestos.

Vialidad	V ₅₀	V ₈₅	Límites (km/h)	
			Actual	Metodología
Av. San Nicolás	47.8	56.6	40	50
Av. República Mexicana (Nte-Sur).	51.9	61.6	40	60
Av. República Mexicana (Sur-Nte).	50.0	59.9	30	50
Av. Movimiento Obrero	50.9	60.9	40	60
Av. Aarón Sáenz	55.6	64.8	No hay señal	50
Av. Chapultepec	42.8	50.8	No hay señal	50

V₅₀ = Velocidad del 50 percentil en km/h

V₈₅ = Velocidad del 85 percentil en km/h.

Con base en los datos de la tabla podemos destacar que los límites de velocidad actuales en las vialidades estudiadas son inferiores a las velocidades del 85 y 50 percentil obtenidos de los estudios de velocidad. Este hecho indica claramente que los límites de velocidad actuales no son respetados por la mayoría de los conductores.

En la tabla 6.2 se muestran los porcentajes de conductores que respetan la velocidad límite actual así como el porcentaje preliminar de conductores que respetarían un nuevo límite si este fuera incrementado como lo sugiere la presente propuesta. Para obtener este valor preliminar se hizo uso de las graficas de velocidad de punto para cada vialidad. Es decir, se obtiene el valor del % acumulativo de vehículos (en el eje vertical) correspondiente a la velocidad límite propuesta (en el eje horizontal).

TABLA 6.2. Comparación entre los porcentajes de conductores que respetan los límites actuales y propuestos.

Vialidad	Límite actual (km/h)	Límite propuesto (km/h)	% de conductores que respetan el límite actual	% preliminar de conductores que respetarían el límite propuesto
Av. San Nicolás (Nte-Sur).	40	50	20	53
Av. San Nicolás (Sur-Nte).	40	50	18	68
Av. República Mexicana (Nte-Sur).	40	60	8	82
Av. República Mexicana (Sur-Nte).	30	50	2	50
Av. Movimiento Obrero (Nte-Sur).	40	60	8	84
Av. Movimiento Obrero (Sur-Nte).	40	60	9	82
Av. Aarón Sáenz (Ote-Pte).	40	50	4	32
Av. Aarón Sáenz (Pte-Ote).	40	50	2	22
Av. Chapultepec (Ote-Pte).	No hay señal	50	-----	85
Av. Chapultepec (Pte-Ote).	No hay señal	50	-----	82
% promedio			8.9	64.0

Sin embargo, se tiene que aclarar que el valor de 64 % es un valor preliminar ya que varios estudios realizados en diferentes países han comprobado que existe una variación en las velocidades practicadas cuando se modifica el límite de velocidad. Dicha variación es del orden de un cuarto de la variación en la velocidad límite. (Ver referencia 6 "Synthesis of Safety Research Related to Speed and Speed Limits").

Para estimar un valor del porcentaje de conductores que respetaría los límites de velocidad si éstos fueran cambiados según lo propone este método se hará lo siguiente:

- a) Se estima la pendiente promedio de las curvas de velocidad en el tramo comprendido entre la V_{50} y V_{85} en cada uno de los estudios de velocidad realizados. (Ver tabla 6.3).

b) Se obtiene el valor promedio de los incrementos de velocidad que sugiere el método. (Ver tabla 6.4).

TABLA 6.3. Pendientes de las curvas de velocidad entre la V_{50} y V_{85} .

Vialidad	V_{50}	V_{85}	Pendiente de la curva de velocidad
			$= (85\% - 50\%) / (V_{85} - V_{50})$
Av. San Nicolás (Nte-Sur).	49.0	58.2	3.8
Av. San Nicolás (Sur-Nte).	46.5	55.0	4.1
Av. República Mexicana (Nte-Sur).	51.9	61.6	3.6
Av. República Mexicana (Sur-Nte).	50.0	59.9	3.5
Av. Movimiento Obrero (Nte-Sur).	50.5	60.4	3.5
Av. Movimiento Obrero (Sur-Nte).	51.2	61.4	3.4
Av. Aarón Sáenz (Ote-Pte).	54.3	64.7	3.4
Av. Aarón Sáenz (Pte-Ote).	56.8	64.8	4.4
Av. Chapultepec (Ote-Pte).	42.0	50.2	4.3
Av. Chapultepec (Pte-Ote).	43.6	51.3	4.5
			Valor promedio = 3.9 %/km/h

TABLA 6.4. Incrementos sugeridos en los límites de velocidad.

Vialidad	Límite actual (km/h)	Límite propuesto (km/h)	Incremento en el límite de velocidad (km/h)
Av. San Nicolás (Nte-Sur).	40	50	10
Av. San Nicolás (Sur-Nte).	40	50	10
Av. República Mexicana (Nte-Sur).	40	60	20
Av. República Mexicana (Sur-Nte).	30	50	20
Av. Movimiento Obrero (Nte-Sur).	40	60	20
Av. Movimiento Obrero (Sur-Nte).	40	60	20
Av. Aarón Sáenz (Ote-Pte).	40	50	10
Av. Aarón Sáenz (Pte-Ote).	40	50	10
		Promedio	15.0

c) Se obtiene el producto de los dos valores anteriores y el resultado se divide entre 4. (Según referencia 6 "Synthesis of Safety Research Related to

Speed and Speed Limits”). Este valor representa el incremento en el porcentaje de conductores que no respetaran los nuevos límites de velocidad al ser modificados. ($3.9 \text{ %/km/h} \times 15 \text{ km/h} \times \frac{1}{4} = 14.6 \text{ %}$).

- d) El valor obtenido (14.6 %) se resta del valor preliminar obtenido antes (64.0 %) y se obtiene así un estimado del porcentaje de conductores que respetarían los límites de velocidad si estos fueran modificados según lo indica el presente modelo de determinación de límites de velocidad. ($64.0 - 14.6 = 49.4 \text{ %}$).

Resumiendo los cálculos anteriores, se puede decir que el modelo de determinación de límites de velocidad propone un incremento promedio de 15 km/h en los límites actuales de las vialidades estudiadas. Este incremento ocasionará que el porcentaje de conductores que respetará las nuevas velocidades límite se incremente del 8.9 al 49.4 %, el cual es un valor más acorde con los estimados en Estados Unidos y Canadá. (Referencia 6 "Synthesis of Safety Research Related to Speed and Speed Limits"). Sin duda alguna, este incremento en el porcentaje de conductores que se desplazan a una velocidad inferior que el valor límite producirá un efecto favorable hacia el respeto del señalamiento vial, ya que el problema actual de la falta de credibilidad del señalamiento disminuirá.

Por otra parte, para asegurar el respeto del señalamiento y la seguridad vial en las zonas conflictivas, es necesario que las autoridades establezcan medidas que garanticen el respeto de los límites de velocidad tales como la presencia policiaca, la instalación de radares automatizados, multas más severas, etc. Así como también, la modificación de la infraestructura vial que tenga por objeto disminuir las velocidades practicadas (Traffic Calming).

Por último, para incrementar la seguridad vial en nuestro entorno, se debe fomentar el empleo de ésta y otras investigaciones en materia de ingeniería de tránsito por parte de las autoridades municipales. Para lograr tal fin, una versión resumida del presente modelo de determinación de límites de velocidad será incluida como un anexo en el Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito del Estado de Nuevo León, el cual está siendo realizado por el Departamento de Ingeniería de Tránsito de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

REFERENCIAS

- 1).- Box, Paul C. (1985) Manual de estudios de ingeniería de tránsito, Representaciones y Servicios de Ingeniería S.A., México.
- 2).- Coleman, Fred. (1998) Determination of a Discriminant Function as a Prediction Model for Effectiveness of Speed Zoning in Urban Areas, Michigan State University, Michigan.
- 3).- County of Custer V. Hickman. (1996) Overview of Terms, Standards, Practices and Recommended Application, County of Custer V. Hickman, EUA.
- 4).- Department of Transport. (1980) Road Traffic Regulations Act 1967, Department of Transport, Londres, 1980.
- 5).- DOT State of Florida. (2000) Chapter 13 Vehicle Spot Speed Study Topic No. 750-020-007 Manual on Uniform Traffic Studies, Department of Transportation of Florida EUA.
www.dot.state.fl.us/trafficoperations/muts/Chapter13.pdf
- 6).- Federal Highway Association. (1998) Synthesis of Safety Research Related to Speed and Speed Limits, Publication N°. FHWA-RD-98-154, FHWA, EUA.
- 7).- Fitzpatrick, Kay. (2000) Project 0-1769: Identify Design Factors That Affect Driver Speed and Behavior, Texas Transportation Institute, Texas.
- 8).- Gobierno del Estado de Nuevo León. (2003) Reglamento Homologado de Tránsito del Área Metropolitana del Estado de Nuevo León, Gobierno del Estado de Nuevo León, Monterrey.
- 9).- ITE Committee 4M-25. (1999) ITE Speed Zoning Guidelines, Institute of Transportation Engineers, EUA.
- 10).- James L. Pline. (1988) Traffic Engineering Handbook, Institute of Transportation Engineers, Nueva Jersey.
- 11).- Ministère de l'équipement, des transports et du logement, (1990) Décret du 29 novembre 1990, n° 90-1060 Guide Moderation de la vitesse en agglomération, Paris.
- 12).- Ministère des Transports du Québec. (1992) Expérience opérationnelle et perspectives, Tome 1, 2^e colloque O.C.D.E. sur les systèmes experts appliqués aux transports, Ministère des Transports du Québec, Montréal.

- 13).- Ministère des Transports du Québec. (2002) Guide de Détermination des Limites de Vitesse, Ministère des Transports du Québec, Montréal.
- 14).- Ministry of Transportation. (2000) Transportation Topics Nº 1. Setting Speed Limits on BC's Highways, Ministry of Transportation of British Columbia, Vancouver.
- 15).- Olivas Ochoa, Alfonso. (2001) Metodología para Justificar Pasos Peatonales a Desnivel Utilizando la Distribución de Poisson, UANL, Monterrey.
- 16).- Parker, Martin R. and Associates Inc. (1985) Synthesis of Speed Zoning Practices, Federal Highway Administration, EUA.
- 17).- Parker, Martin R. (2003) Review and Analysis of Posted Speed Limits and Speed Limit Setting Practices in British Columbia, Wade-Trim, Victoria, B.C.
- 18).- Radelat, Guido. (1964) Manual de Ingeniería de Tránsito, International Road Federation, Chicago.
- 19).- Radelat, Guido. (2003) Principios de Ingeniería de Tránsito, Institute of Transportation Engineers, EUA.
- 20).- Schwar, Johanes F. (1975) Métodos Estadísticos en Ingeniería de Tránsito, Representaciones y Servicios de Ingeniería S. A., México.
- 21).- Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (1986) Manual de Dispositivos para el control de Tránsito en Calles y Carreteras, Dirección General de Servicios Técnicos SCT, México.
- 22).- Service de la Sécurité dans le Transports. (1994) Modèle de détermination de limite de vitesse, Ministère des Transports du Québec, Montréal.
- 23).- Solomon, D. (1964) Accidents on Main Rural Highways Related to Speed, Driver, and Vehicle, Federal Highway Administration, Washington.
- 24).- State of Alaska. (2000) Establishment of Speed Limits and Zones Police and Procedure Number 05.05.020, Department of Transportation and Public Facilities, Alaska.
- 25).- The Association of British Drivers. (2000) Speed Limits: their correct use, setting and enforcement, Association of British Drivers www.abd.org.uk/motorwayspeedlimit.htm, Londres.
- 26).- Transportation Research Board. (2000) Highway Capacity Manual, TRB, EUA.

- 27).- University of Wisconsin-Madison. (1999) Setting Speed Limits on Local Roads, Wisconsin Transportation Bulletin N° 21, Wisconsin Transportation Bulletin, Wisconsin.
- 28).- Vermont Local Roads. (2000) Setting Speed Limits, Vermont Agency of Transportation, Vermont.
- 29).- Wium. 2nd, Ribbens H.(1998) Guidelines for setting speed limits, National Institute for Transportation and Road Research Pretoria, South Africa.
- 30).- Wortman, Robert H. (1965) A Multivariate Analysis of Vehicular Speeds on Four-Lane Rural Highways, Highway Research Record No 72, USA.

A N E X O S

A N E X O I
REGISTRO DE CAMPO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD
REGISTRO DE CAMPO



Clave: _____

VIALIDADES SIN FAJA SEPARADORA CENTRAL

IDENTIFICACIÓN

Fecha: _____
D M A

Responsable: _____

Tramo en estudio: _____

Entre: _____

Municipio: _____

Clasificación funcional: _____

Fotografías: _____

Anexe seis fotografías e identifíquelas. Éstas deben de ser tomadas al principio, en el sitio del estudio de velocidad y al final de la zona de estudio para cada sentido de la vialidad.

Comentarios y/o observaciones:

Límite de Velocidad: _____ km/hr Sentidos de circulación: _____ Carriles por sentido: _____

MEDICIONES DE CAMPO

Topografía de la zona: Plano Pendiente suave Pendiente pronunciada

1) Configuración y geometría

Subtramo	Longitud (m)	Anchos (m)		Ancho banquetas ^C (m)		Vegetación u obstáculos al límite de banqueteta	LSB ^D > 15 m	
		Calzada ^A	Línea central ^B	N S E W	N S E W		Sí	No
1	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Sí	No
2	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Sí	No
3	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Sí	No
4	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Sí	No
5	_____	_____	_____	_____	_____	_____	Sí	No
Longitud Total:		_____						

- A Calzada: Superficie destinada al tránsito vehicular
- B Línea central: Marcas sobre el pavimento que sirven para separar los sentidos de circulación
- C Banqueta: Superficie revestida o no cuya función es la proveer un espacio para el tránsito peatonal.
- D LSB: Longitud sin banqueteta



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD
REGISTRO DE CAMPO



Clave: _____

INFORMACIÓN A VERIFICAR

2) Presencia de estacionamiento en la calzada

Sí

No

3) Presencia de edificios públicos con fuerte concentración de peatones

Sí

No

Especifique: _____

INFORMACIÓN A RECOLECTAR

4) Presencia de dispositivos para el control del tránsito:

	Número	Observaciones
Señal de alto	<input type="text"/>	_____
Semáforos	<input type="text"/>	_____
Semáforo de destello	<input type="text"/>	_____
Bordos o bollas	<input type="text"/>	_____

5) Número de accesos por ambos lados

	Acera 1				Acera 2				Total
	N	S	E	W	N	S	E	W	
	Número				Número				
Entradas a cocheras (residenciales)	<input type="text"/>								
Entradas a comercios y lugares públicos	<input type="text"/>								
Bocacalles	<input type="text"/>								
Entradas a industrias	<input type="text"/>								



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD
REGISTRO DE CAMPO



Clave: _____

VIALIDADES CON FAJA SEPARADORA CENTRAL

IDENTIFICACIÓN

Fecha: _____
 D M A

Responsable: _____

Tramo en estudio: _____

Entre: _____

Municipio: _____

Clasificación funcional: _____

Fotografías:

Anexe seis fotografías e identifíquelas. Éstas deben de ser tomadas al principio, en el sitio del estudio de velocidad y al final de la zona de estudio para cada sentido de la vialidad.

Comentarios y/o observaciones:

Límite de Velocidad: _____ km/hr

No. carriles: _____

MEDICIONES DE CAMPO

Topografía de la zona: Plano Pendiente suave Pendiente pronunciada

1) Configuración y geometría

Subtramo	Longitud (m)	Anchos (m)		Ancho banqueta y faja central ^C (m)		Vegetación u obstáculos al límite de banqueta	LSB ^D > 15 m	
		Calzada ^A	Faja central ^B	Banqueta	Faja		Sí	No
1	_____	_____	N/A	_____	_____	_____	Sí	No
2	_____	_____	N/A	_____	_____	_____	Sí	No
3	_____	_____	N/A	_____	_____	_____	Sí	No
4	_____	_____	N/A	_____	_____	_____	Sí	No
5	_____	_____	N/A	_____	_____	_____	Sí	No
Longitud Total:		_____						

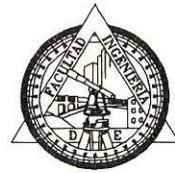
- A **Calzada:** Superficie destinada al tránsito vehicular
- B **Faja central:** Faja separadora de los sentidos de circulación que sirve para separar los sentidos de circulación
- C **Banqueta:** Superficie revestida o no cuya función es la proveer un espacio para el tránsito peatonal.
- D **LSB:** Longitud sin banqueta

N/A : No aplica



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD
REGISTRO DE CAMPO



Clave: _____

INFORMACIÓN A VERIFICAR

2) Presencia de estacionamiento en la calzada

Sí

No

3) Presencia de edificios públicos con fuerte concentración de peatones

Sí

No

Especifique: _____

INFORMACIÓN A RECOLECTAR

4) Presencia de dispositivos para el control del tránsito:

	Número	Observaciones
Señal de alto	<input type="text"/>	_____
Semáforos	<input type="text"/>	_____
Semáforo de destello	<input type="text"/>	_____
Bordos o bollas	<input type="text"/>	_____

5) Número de accesos por ambos lados

	Acera				Faja				Total
	N	S	E	W	N	S	E	W	
Entradas a cocheras (residenciales)	Número				Número				
Entradas a comercios y lugares públicos	<input type="text"/>								
Bocacalles	<input type="text"/>								
Entradas a industrias	<input type="text"/>								
Aberturas en faja central	N/A								

N/A : No aplica



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
INSTITUTO DE INGENIERÍA CIVIL

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE VELOCIDAD
REGISTRO DE CAMPO



Clave: _____

GUÍA PARA LLENAR EL REGISTRO DE CAMPO

Clave: Es un número de folio con el que se indica el tramo en estudio y sirve para facilitar el manejo de datos.

1a. PARTE: IDENTIFICACIÓN

Clasificación funcional: Se debe escribir si la vialidad en estudio es una calle local, colectora, arteria o tramo de autopista.

Límite de Velocidad: Es el límite de velocidad actual de la vialidad.

2a. PARTE: MEDICIONES DE CAMPO

1) Configuración y geometría: Si es necesario, se subdividirá la vialidad estudiada en subtramos que presenten características similares de banquetas o anchos de calzada. Se anotará la longitud de cada uno de ellos, los anchos de calzada y de la línea separadora de los sentidos de circulación así como los anchos de banqueta o espacio reservado para el tránsito de peatones con una anchura mínima de 0.90 m. Para ello se seleccionará el punto cardinal en el que se encuentre cada una de las banquetas. Además, se debe indicar si existe algún obstáculo en la banqueta que restrinja la visibilidad del conductor (vegetación con altura mayor a 1.0 m o vehículos estacionados en la calzada o en la banqueta, etc). Por último, se verificará si existe algún lugar en el que no se cuente con banqueta y se verificará si éstos no son mayores a 15 m.

3a. PARTE: MEDICIONES DE CAMPO

2) Presencia de estacionamiento sobre la calzada: Se debe verificar la existencia de estacionamiento con alta tasa de ocupación sobre la calzada.

3) Presencia de edificios públicos con fuerte concentración de peatones: Se debe verificar si existen edificios públicos tales como escuelas, oficinas de gobierno, clínicas, industrias o cualquier otro que provoque un alto tránsito peatonal durante algún intervalo del día.

4a. PARTE: INFORMACIÓN A RECOLECTAR

4) Presencia de dispositivos para el control del tránsito: Se anotará el número total de dispositivos para el control de tránsito que se observen durante el recorrido.

5) Número de acceso por ambos lados: Se anotará cada uno de los accesos que se observen durante el recorrido.

A N E X O I I

**ADAPTACIÓN DEL MÉTODO PARA JUSTIFICAR
LOS PASOS PEATONALES A DESNIVEL, UTILIZANDO LA
DISTRIBUCIÓN DE POISSON.**

MÉTODO PARA JUSTIFICAR LOS PASOS PEATONALES A DESNIVEL UTILIZANDO LA DISTRIBUCIÓN PROBABILISTICA DE POISSON

Distribución de Poisson

$$P(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

en donde:

λ = número promedio de eventos ocurriendo por unidad de tiempo
(tasa media de ocurrencia)

x = valor entero de variables aleatorias indiscretas

e = base de los logaritmos naturales

Para $x = 0$ la fórmula se reduce a los siguiente:

$$P(0) = \frac{\lambda^0 e^{-\lambda}}{0!} = e^{-\lambda}$$

Sabiendo que:

$$P(1 \text{ ó más}) = 1 - p(0)$$

y si se tiene que λ_v es la tasa media de ocurrencias para los vehículos λ_p la tasa media de ocurrencias para los peatones entonces:

$$P(1 \text{ ó más vehículos}) = 1 - e^{-\lambda_v}$$

$$P(1 \text{ ó más peatones}) = 1 - e^{-\lambda_p}$$

Ya que la probabilidad de la ocurrencia de dos eventos independientes es el producto de sus probabilidades, la probabilidad de ocurrencia de accidentes (PAC) es:

$$PAC = (1 - e^{-\lambda_v}) (1 - e^{-\lambda_p})$$

en donde:

$$\lambda_p = (VHMD)(tcp) / 3600$$

$$\lambda_v = (VP)(tcp) / 3600$$

VHMD = volumen vehicular en la hora de máxima demanda en veh/hr

tcp = $0.5 + d / v$ = tiempo de cruce del peatón en segundos

Vp = volumen peatonal en la hora de máxima demanda

d = distancia a cruzar por el peatón en m.

v = velocidad del peatón en m/s (valor promedio = 1 m/s)

Si el valor de PAC se iguala a 0.5, el cual es el punto crítico y se despeja la fórmula para obtener λ_p en función de λ_v se obtiene:

$$0.5 = (1 - e^{-\lambda_v}) (1 - e^{-\lambda_p})$$

$$\lambda_p = \ln \left(1 - \frac{0.5}{1 - \ln(\lambda_v)} \right)$$

Por último, se despeja VP y se obtiene lo siguiente:

$$VP = \frac{3600\lambda_v}{tcp}$$

Las tablas siguientes resumen los cálculos de VP si se dan valores de VHMD y se proponen distintos anchos de calzada.

Vialidad de 4 carriles sin faja separadora central (ancho calzada de 14.0 m)

$$tcp = 0.5 + 15.0/1.0 = 15.5 \text{ s}$$

VHMD	λ_v	λ_p	VP
631	2.718	10.699	2485
633	2.725	5.256	1221
636	2.738	4.235	984
650	2.799	2.900	673
700	3.014	1.765	410
750	3.229	1.362	316
800	3.444	1.135	264
900	3.875	0.880	204
1000	4.306	0.736	171
1200	5.167	0.576	134
1500	6.458	0.456	106
2000	8.611	0.360	84
3000	12.917	0.278	65
4000	17.222	0.240	56
5000	21.528	0.216	50
6000	25.833	0.201	47
7000	30.139	0.189	44
8000	34.444	0.180	42

Vialidad de 6 carriles sin faja separadora central (ancho calzada de 21.0 m)

$$t_{cp} = 0.5 + 22.0/1.0 = 22.5 \text{ s}$$

VHMD	λ_v	λ_p	VP
435	2.718	15.147	2423
440	2.750	3.786	606
450	2.813	2.752	440
470	2.938	2.008	321
500	3.125	1.523	244
550	3.438	1.141	183
600	3.750	0.938	150
700	4.375	0.718	115
800	5.000	0.599	96
900	5.625	0.523	84
1000	6.250	0.470	75
1200	7.500	0.401	64
1500	9.375	0.339	54
2000	12.500	0.283	45
3000	18.750	0.230	37
4000	25.000	0.203	33
6000	37.500	0.174	28
8000	50.000	0.158	25

Vialidad de 2 carriles (ancho calzada de 7.0 m)

$$t_{cp} = 0.5 + 8.0/1.0 = 8.5 \text{ s}$$

VHMD	λ_v	λ_p	VP
1153	2.722	5.812	2462
1155	2.727	5.048	2138
1165	2.751	3.765	1595
1175	2.774	3.239	1372
1190	2.810	2.780	1177
1200	2.833	2.570	1088
1250	2.951	1.957	829
1300	3.069	1.632	691
1400	3.306	1.269	537
1500	3.542	1.061	449
1600	3.778	0.924	391
1800	4.250	0.751	318
2000	4.722	0.645	273
2500	5.903	0.498	211
3000	7.083	0.420	178
4000	9.444	0.338	143
6000	14.167	0.265	112
8000	18.889	0.229	97

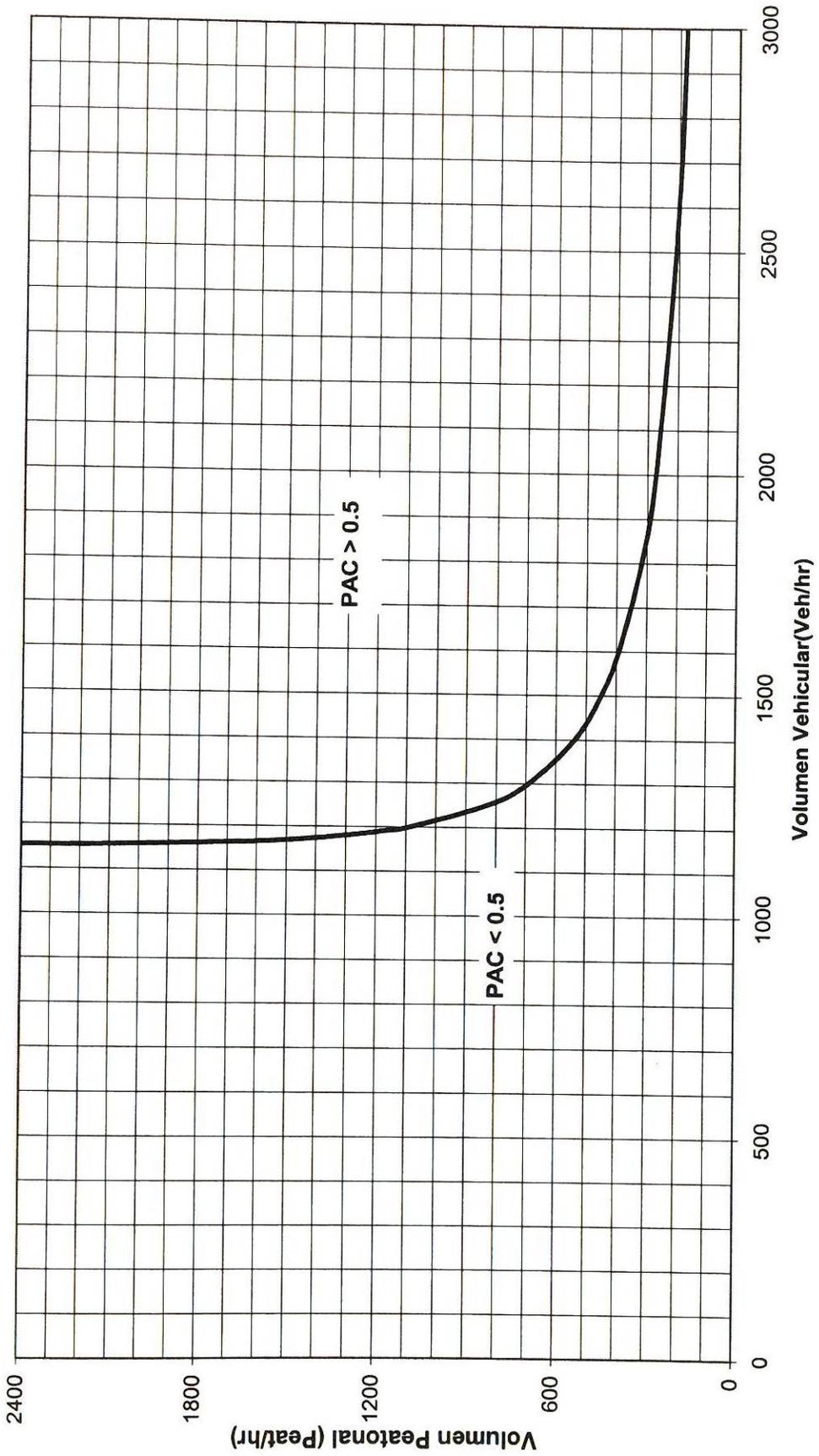
Vialidad de 3 carriles (ancho calzada de 10.5 m)

$$t_{cp} = 0.5 + 11.5/1.0 = 12.0 \text{ s}$$

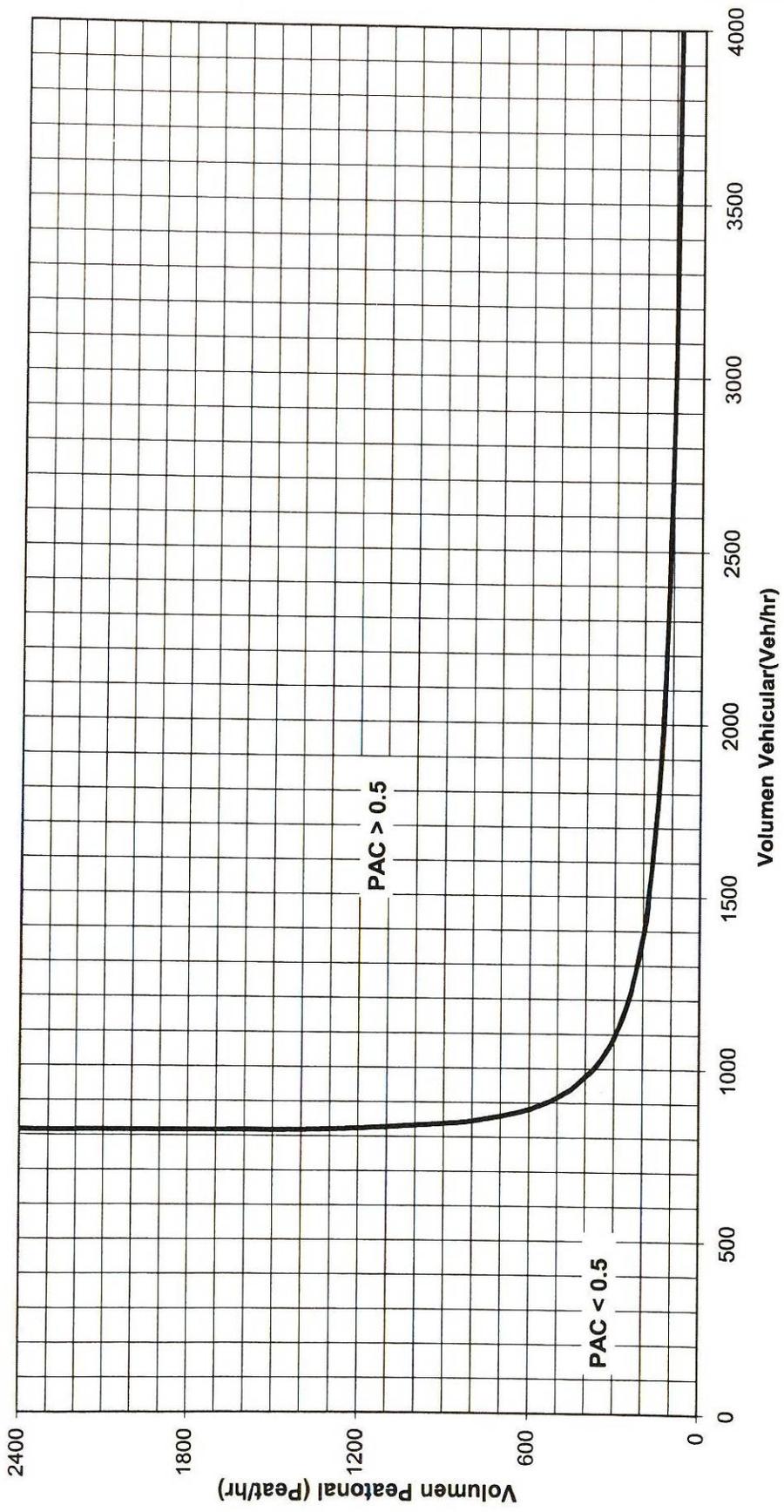
VHMD	λ_v	λ_p	VP
815.6	2.719	8.170	2451
818	2.727	5.096	1529
822	2.740	4.156	1247
840	2.800	2.884	865
850	2.833	2.570	771
875	2.917	2.092	627
900	3.000	1.803	541
925	3.083	1.603	481
950	3.167	1.453	436
1000	3.333	1.239	372
1050	3.500	1.091	327
1100	3.667	0.982	295
1200	4.000	0.830	249
1350	4.500	0.689	207
1500	5.000	0.599	180
2000	6.667	0.443	133
3000	10.000	0.325	97
4000	13.333	0.273	82

Gráfica de Probabilidad de Accidentes

(2 carriles)

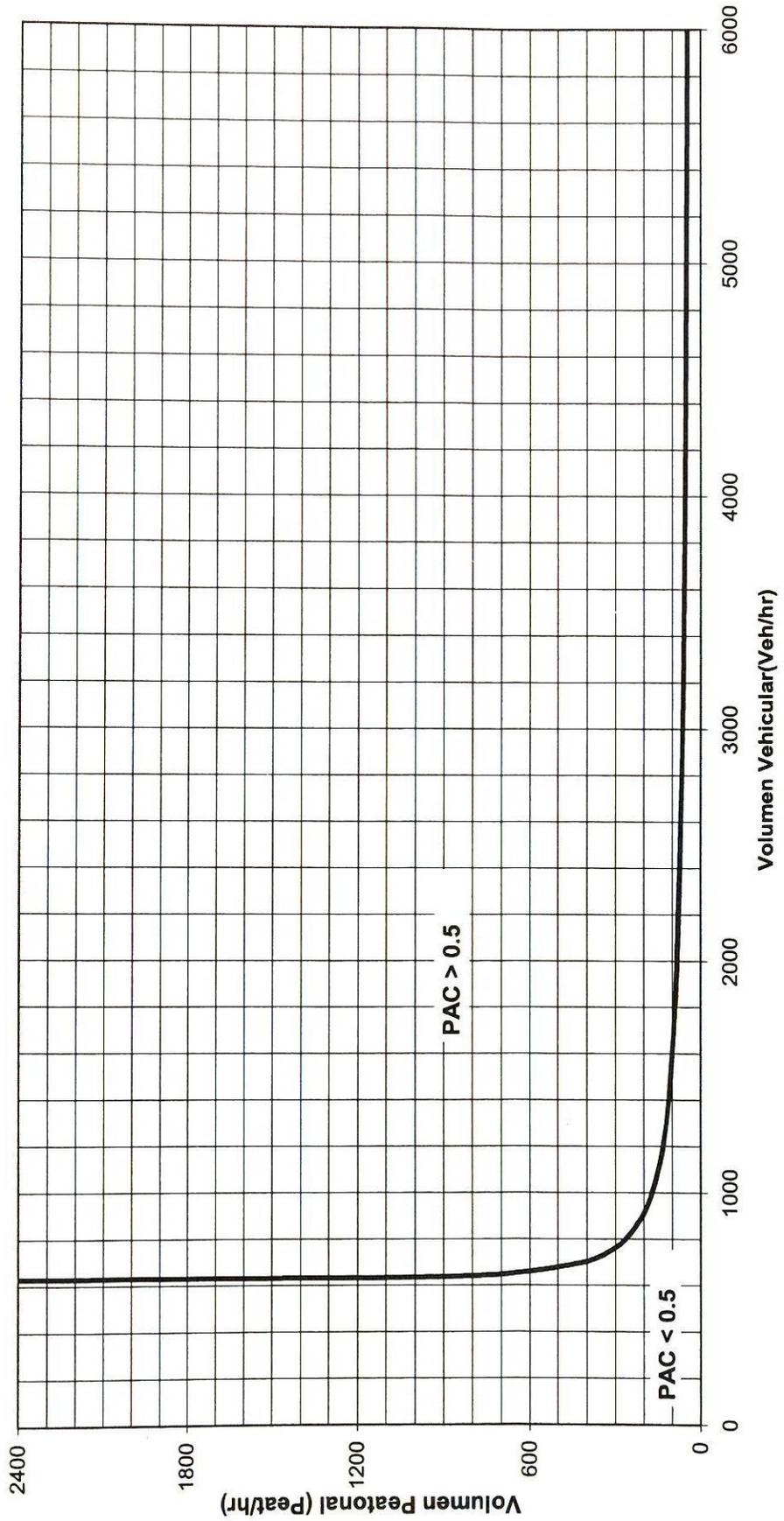


Gráfica de Probabilidad de Accidentes
(3 carriles)



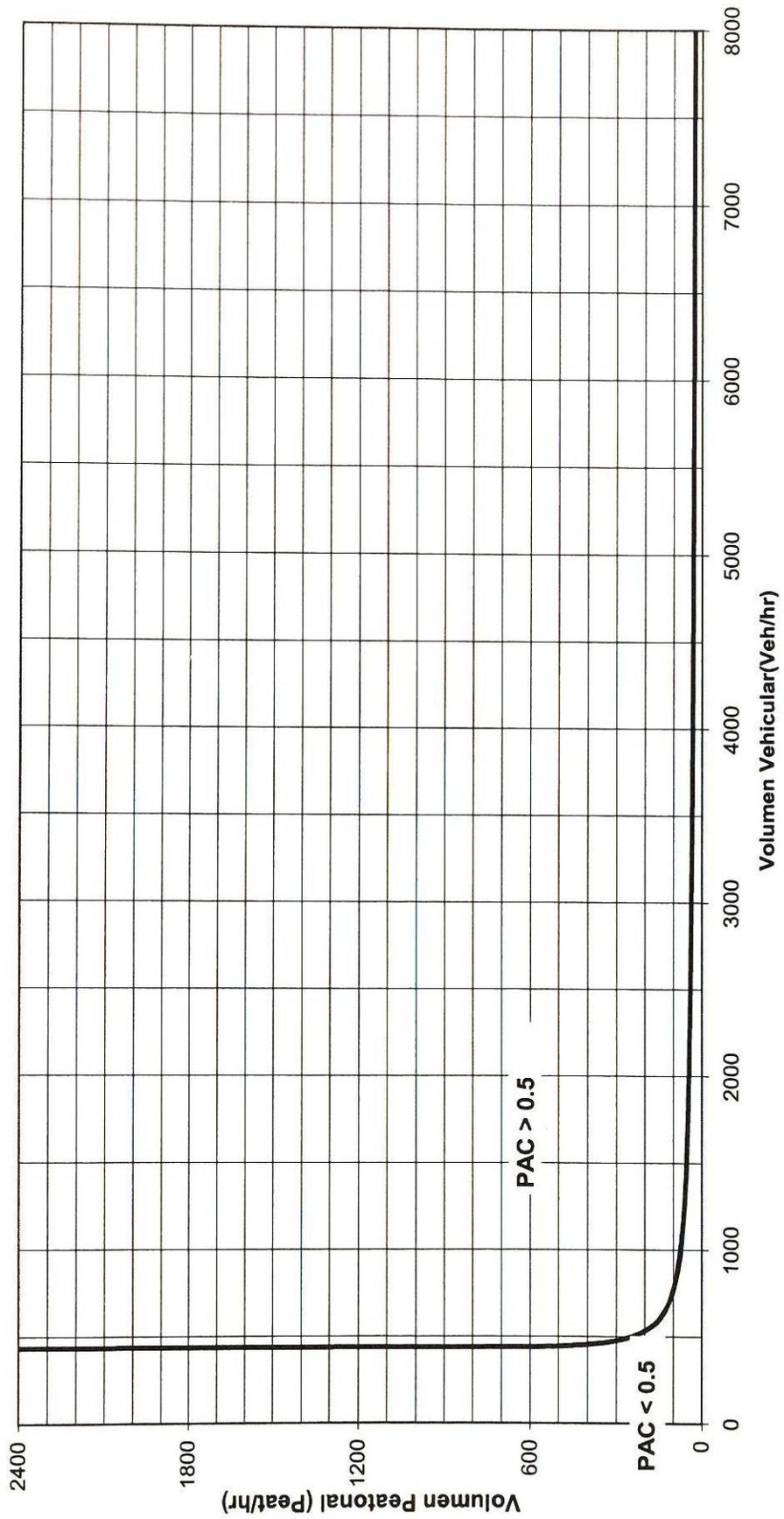
Gráfica de Probabilidad de Accidentes

(4 carriles sin faja separadora central)



Gráfica de Probabilidad de Accidentes

(6 carriles sin faja separadora central)



A N E X O I I I
ESTUDIO DE SEGURIDAD PEATONAL.

A N E X O I I I

ESTUDIO DE SEGURIDAD PEATONAL

El objetivo de este estudio es analizar las causas de los atropellos. Para ello se realiza una distribución por edades, analizando las lesiones más frecuentes sufridas en los mismos. Asimismo se presentan y estudian las distintas medidas para reducir el número de atropellos. Una manera de reducirlos es crear o diseñar un entorno seguro, aplicando distintas medidas físicas cuyo objetivo es "calmar" el tránsito influyendo tanto sobre el volumen de éste como en la velocidad.

Todas estas medidas tienen como objetivo evitar que se produzcan atropellos o en su defecto, disminuir la gravedad de las lesiones. No hay que olvidar que, de todos los usuarios de la vía, los más desprotegidos y vulnerables frente a los vehículos son los peatones.

Entre algunas de estas medidas se puede mencionar:

- Mayor control del tránsito por parte de las autoridades.
- Mejoras en banquetas y cruces peatonales
- Construcción de pasos peatonales a desnivel
- Aplicación de medidas de "traffic calming" para disminuir las velocidades practicadas.
- Mejorar en la medida de lo posible las condiciones de visibilidad de los conductores, especialmente en zonas de cruces peatonales.
- Implantación de semáforos de destello o peatonales en los cruces peatonales, a mitad de la cuadra

Este estudio deberá ser realizado por personal técnico con experiencia en ingeniería de tránsito.

A N E X O I V
ESTUDIO DE VELOCIDAD DE PUNTO.

ANEXO IV

ESTUDIOS DE VELOCIDAD DE PUNTO

Velocidad de punto

Es la velocidad de un vehículo cuando pasa por un punto determinado de una calle o vía general. El estudio de velocidad de punto está diseñado para medir las características de la velocidad prevalecientes a la hora de llevar a cabo el estudio. Para tener una evaluación estadística confiable se deben registrar las velocidades de un número adecuado de vehículos.

Aplicaciones

Las características de la velocidad de punto se emplean en la mayoría de las actividades de la ingeniería de tránsito, incluyendo las siguientes:

- ⊕ Determinación de los dispositivos para el control y reglamentos del tránsito apropiados:
- ⊕ Límites de velocidad, mínimos y máximos.
- ⊕ Velocidades recomendadas.
- ⊕ Zonas de rebase prohibido.
- ⊕ Rutas, zonas y cruces escolares.
- ⊕ Ubicación de señales de tránsito.
- ⊕ Ubicación y programación de los semáforos.
- ⊕ Estudios de lugares de alto índice de accidentes, para determinar el tratamiento correctivo apropiado.
- ⊕ Evaluación de la eficacia de las mejoras al tránsito, mediante la aplicación de estudios de "antes y después".
- ⊕ Análisis de lugares críticos donde los problemas son evidentes o por haberse recibido quejas del público.
- ⊕ Determinación de lugares específicos para ejercer mayor vigilancia policíaca.
- ⊕ Selección de los elementos para el proyecto geométrico de la vialidad.

- ⊕ Velocidad de proyecto para establecer la relación entre la velocidad, la curvatura y la sobre elevación, así como la relación entre la velocidad, las pendientes y la longitud con el grado de las mismas.
- ⊕ Velocidad de marcha para permitir el proyecto detallado de aspectos críticos, tales como: las intersecciones, retornos y carriles para el cambio de velocidad.
- ⊕ Establecimiento de tendencias de la velocidad para los diferentes tipos de características de los vehículos, mediante muestreos periódicos, en lugares seleccionados, con el flujo del tránsito continuos.
- ⊕ Cálculo de los costos usuario-vía, para el análisis económico y de mejoras al tránsito.
- ⊕ Ejecución de estudios de investigación que involucren flujos del tránsito.

Definiciones

Velocidad.- Relación del movimiento de un vehículo, distancia por unidad de tiempo; se expresa en km/h o mi/h.

Velocidad de punto.- Medición instantánea de la velocidad en un lugar específico de una vía.

Velocidad media con base en el tiempo.- Promedio aritmético de varias mediciones de la velocidad de punto.

Velocidad promedio.- Tamaños de la tendencia central de varias mediciones de la velocidad de punto, tales como la media aritmética, la mediana o el modo.

Media aritmética o velocidad media de punto.- Suma de todas las velocidades de punto, divididas entre el número de observaciones.

Mediana de la velocidad de punto.- Valor medio de una serie de velocidades de punto que han sido clasificadas en orden de su magnitud.

Moda de la velocidad de punto.- Valor más frecuente en una muestra de mediciones de velocidad de punto.

Velocidad de punto "i" porcentual.- Aquel valor abajo del cual viaja el "i" por ciento de los conductores y arriba del cual viaja "100-i" por ciento de los conductores.

Paso.- Incremento específico de la velocidad de punto tal como 15 km/h, incluye al mayor número de mediciones de velocidad.

Ubicación del estudio

Los estudios de velocidad de punto se efectúan en lugares especiales o generales. Las ubicaciones generales son seleccionadas para estudio de tendencias o investigación de datos básicos del tránsito. En carreteras, los estudios de tendencias se hacen en tramos rectos, a nivel y que no estén cerca de intersecciones o accesos. En las calles urbanas las ubicaciones a media cuadra son las más adecuadas, siempre y cuando no existan entradas y salidas de estacionamiento, que influyan en el flujo vehicular.

Las ubicaciones especiales son elegidas para establecer límites de velocidad en 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:

- ⊕ El equipo debe estar oculto a los conductores que se acercan.
- ⊕ El investigador que tuviera necesidad de observar los vehículos que se aproximan, debe ser lo menos llamativo posible.
- ⊕ Deben evitarse los curiosos.
- ⊕ Deben medirse un número adecuado de velocidades de los vehículos.

Hora de estudio

La hora para hacer un estudio de velocidad de punto, dependerá del objetivo del mismo. Un estudio general para establecer límites de velocidad, para obtener datos básicos general para establecer límites de velocidad, para obtener datos básicos o revisar tendencias, deberá llevarse a cabo durante uno de los tres períodos siguientes fuera de las horas de máxima demanda:

- a) 10:00 a 12:00 b) 15:30 a 17:30 c) 20:00 a 22:00

Personal y equipo

Los datos de velocidad pueden recopilarse por métodos manuales o automáticos. El método depende del equipo disponible. En el método manual, la velocidad de un vehículo se determina por el tiempo en que recorre una distancia prefijada; este procedimiento requiere de un cronómetro, una cinta de 20 ó 30 metros y material para marcar en el pavimento.

El método automático se emplean dispositivos eléctricos y/o mecánicos, para medir las velocidades de los vehículos al pasar. El radar es el dispositivo automático empleado para medir velocidades de punto.

Un estudio especial de velocidad de punto es efectuado para determinar la velocidad máxima a la cual puede tomarse cómodamente una curva horizontal. El equipo incluye un conductor y un vehículo de prueba con un indicador de pendiente.

Tamaño necesario de la muestra

Un buen estudio de velocidad de punto requiere de un tamaño adecuado de la muestra, para satisfacer consideraciones estadísticas. La siguiente ecuación puede ser usada para calcular el número de velocidades que deben medirse:

$$N = \left(\frac{SK}{E} \right)^2$$

Donde:

- N = Tamaño mínimo de muestra.
- S = Desviación normal de la muestra (km/ o mi/h).
- K = Constante correspondiente al nivel de confiabilidad deseado.
- E = Error permitido en la estimación de la velocidad de punto (km/ o mi/h).

En vialidades urbanas con volúmenes considerables, un tamaño de muestra de 100 vehículos es adecuado.

Procedimiento

Todas las lecturas de velocidad deben ser causales y representativas de las condiciones de flujo libre del tránsito. Se recomiendan los siguientes procedimientos de muestreo:

- ⊕ Observar siempre el primer vehículo en el pelotón, porque los siguientes vehículos pueden estar circulando a la velocidad del vehículo guía, que no puede ser rebasado en el momento de la medición.
- ⊕ Para la medición de la velocidad, seleccionar los camiones en proporción a su presencia en la corriente del tránsito.
- ⊕ Evite muestrear una gran proporción de vehículos con alta velocidad.

a) Método Manual

Para empezar, se mide una longitud determinada, en el lugar del estudio. Las longitudes recomendadas se resumen en la tabla siguiente, para diferentes rangos de velocidad promedio de la corriente del tránsito, junto con los factores de conversión apropiados. La longitud de recorrido debe ser tal que el mínimo de tiempo recorrido no sea menor de 1.5 segundos y los promedios de velocidad sean cronometrados en el rango de 2.0 a 2.5 segundos.

El tramo medido principia en un punto indicado por una marca transversal hecha en el pavimento. El investigador se sitúa al final del tramo medido y emplea una marca de objeto de referencia, directamente a través de la calzada, como auxiliar en la operación del cronometraje. Se debe tener cuidado en la selección y definición del tramo medido, a fin de que el investigador pueda observar claramente las líneas o marcas de referencia.

En el momento en que las ruedas delanteras (u otra parte) del vehículo, cruzan la marca inicial del tramo medido, el investigador acciona el cronómetro, el cual es detenido en el instante en que el vehículo pasa frente al investigador.

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

Sistema Métrico

$$V = \frac{3.60D}{T}$$

Sistema Inglés

$$V = \frac{D}{1.47T}$$

Donde:

V = Velocidad de punto (km/ o mi/h)

D = Longitud de recorrido (m o pies)

T = Tiempo transcurrido (segundos)

b) Método Automático

Prácticamente todos los estudios de velocidad se hacen, actualmente, con equipo automático. Este equipo puede agruparse en dos categorías: a) Detectores en el camino y b) El Principio de *Doppler* (radar).

Los detectores o medidores en el camino operan con mangueras neumáticas, placas de interruptores o gazas magnéticas, situados sobre o dentro del pavimento. La separación entre los detectores debe ser 0.60 a 5 metros (2 a 15 pies), para minimizar la oportunidad de que un vehículo que rebase, cierre el circuito del detector, durante una medición de velocidad. Los impulsos de estos detectores de vehículos son transmitidos a una grabadora o medidor, que indica el tiempo que transcurre entre los dos detectores que están espaciados a una distancia conocida, o registra la velocidad del vehículo.

Los medidores basados en el principio de Doppler utilizan radar o rayos ultrasónicos, que están dirigidos al vehículo en movimiento. La señal reflejada es convertida en una frecuencia, que es proporcional a la velocidad del vehículo. (Las velocidades pueden leerse directamente en

una carátula o registro digital y/o indicadas en un equipo de registro suplementario).

A N E X O V
ESTUDIOS DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO.

A N E X O V

ESTUDIOS DE VOLÚMENES DE TRÁNSITO

Introducción.

Los estudios de volumen de tránsito se realizan siempre que se requiere conocer el número de vehículos que pasan o circulan por un punto dado. Estos estudios son muy amplios y se realizan en un sistema de caminos hasta recuentos en lugares específicos tales como puentes, túneles o intersecciones.

Las razones para efectuar estos conteos son tan variados como en los lugares en los que se realiza. Por ejemplo, los aforos en un sistema de tránsito, para determinar el número de vehículos que viajan en cierta zona o a través de ella, para evaluar los índices de accidentes, para servir como base en la clasificación de caminos, como datos útiles para la planeación de rutas, para determinar proyectos geométricos, proyectar dispositivos de control del tránsito, elaborar programas de conservación, establecer prioridades de construcción, determinar el tránsito futuro y muchas otras aplicaciones.

La información recopilada y tabulada varía en algunos casos, en algunas ocasiones es necesario únicamente aforar para un periodo corto, ejemplo, una, dos, tres horas, para otros casos el periodo puede ser de 24 horas, una semana, un mes. Y en algunas ciudades o municipios los aforos se realizan por medio de estaciones permanentes donde los realizan durante todo el año.

Otros estudios requieren detalles tales como la composición del tránsito en una corriente, mientras que otros requieren datos específicos sobre movimientos direccionales. Hay diferentes formas para obtener datos sobre el volumen del tránsito, por ejemplo: conteos manuales, a cargo de personas que los realizan en forma manual, la combinación de métodos manuales y mecánicos, dispositivos mecánicos, los cuales cuentan y hacen el registro automáticamente, entre otros dispositivos con que se cuentan hoy en día.

Los aforos se toman para registrar el número de vehículos o peatones que pasan por un punto, entran a una intersección o usan parte de un camino; como un carril, un paso de peatones o una acera. El período de la muestra puede variar entre unos cuantos minutos y una semana o más.

Métodos de aforo.

Existen dos métodos básicos de aforo, el mecánico (registro automático) y el manual.

Aforo mecánico.

Hay equipos mecánicos tan sofisticados como las cámaras fotográficas, que pueden emplearse para registrar datos en períodos de una hora o menos. La mayoría de los contadores automáticos se instalan en lugares específicos y en períodos de un día a una semana.

El registro automático debe ser considerado más de 12 horas de datos continuos del mismo lugar. Este tipo de aforo tiene gran aplicación en aquellos casos en donde sólo sea necesario un simple conteo del número de vehículos (sin separar el tipo de vehículos, la dirección, los movimientos direccionales en intersecciones, peatones, uso de carril, etc.).

La mayoría de los aforos automáticos se obtienen y utilizan para:

- ⊕ La determinación de la variación horaria (en particular la selección de horas de máxima demanda).
- ⊕ La determinación de las variaciones periódicas o diarias, así como de las tendencias de crecimiento.
- ⊕ La estimación del tránsito anual (empleado en los cálculos y diseño estructural de los pavimentos).

Contadores mecánicos portátiles.

Existen tres tipos generales de contadores portátiles:

1. El llamado "*contador menor*", que es continuo con disco graduado visible y emplea batería eléctrica.

2. Una versión especial del anterior, es el denominado "*contador periódico*", que consta de un reloj que puede programarse para iniciar a una hora determinada y operar sólo durante un período preestablecido.
3. El "*contador mayor*", constituido por un reloj estilográfico, un rollo de cinta o una gráfica circular y una batería eléctrica.

Estos contadores usan tubos neumáticos colocados sobre el camino, los cuales transmiten impulsos de aire generados por el paso de los vehículos por cada dos impulsos de aire.

El "*contador mayor*", con impresor de cinta almacena los impulsos en un registro continuo y cuando el reloj marca el período, imprime los resultados en una sumadora continua de cinta.

El "*contador de gráfica circular*" puede registrar volúmenes entre 0 y 1000 vehículos para intervalos de 5, 10, 15, 20, 30 y 60 minutos. Éstos pueden registrar de 24 horas a 7 días, dependiendo del equipo.

También están disponibles los "*registradores de cinta perforada*". La cinta de este tipo de contador puede procesarse en la oficina utilizando un equipo traductor, el cual, conectado a la máquina perforadora, producirá tarjetas perforadas o cintas para la tabulación por computadora.

Según ciertas condiciones, también puede utilizarse equipo fotográfico para conducir aforos de tránsito. La película del movimiento de tránsito se toma generalmente a velocidades entre 60 y 300 cuadros por minuto. El volumen se cuenta manualmente mediante la proyección de la película, cuadro por cuadro, en una pantalla. El costo es elevado y requiere de mucho tiempo, por lo que este equipo se encuentra limitado a ciertos estudios de investigación.

Prácticamente todo el equipo portátil para aforo del tránsito está constituido por contadores de tipo "*menor*" y "*mayor*", con los tubos neumáticos.

La localización de la manguera es importante, debido a que es necesario sujetar el contador, ya sea a un árbol o a un poste u otro elemento fijo. La manguera deberá estar alejada de las trayectorias de vuelta, para evitar que un vehículo, al no entrar en ángulo recto, duplique su contabilidad. Esto generalmente significa que la manguera deberá colocarse a unos 30m de alguna intersección o de alguna entrada principal. La manguera no deberá colocarse en zonas sujetas a fricciones tales como: curvas pronunciadas o expuestas a frenado o aceleración brusca. El pavimento debe ser lo suficiente plano, sin baches, para evitar un desperfecto de la manguera; tampoco deberá colocarse sobre vías férreas.

La ubicación debe seleccionarse de tal manera que se disminuya la probabilidad de vehículos estacionados o parados sobre la manguera.

Los contadores portátiles tienen muchas limitaciones, incluyendo un máximo de cuatro carriles de cobertura, un conteo menor, debido al paso simultáneo de dos vehículos en carriles paralelos y un sobre conteo o conteo mayor, en el caso de vehículos con tres o cuatro ejes o que crucen la manguera en diagonal. La precisión es rara vez mayor de 90 por ciento.

Otras limitaciones son la imposibilidad para detectar movimientos direccionales y clasificar a los vehículos. La duración de la batería también es un problema, así como el peso relativamente alto del "contador mayor", y los actos de vandalismo.

Prácticamente todos los aforos de peatones se han realizado manualmente. Sin embargo, en zonas muy congestionadas, como las zonas comerciales, el aforo manual resulta impráctico; por lo que el empleo de equipo fotográfico ha resultado más exitoso.

Contadores mecánicos permanentes.

Los contadores permanentes semi-fijos pueden utilizar una gran variedad de detectores incluyendo el tubo neumático, placas de contacto eléctrico, fotoceldas, radar, magnéticos, ultrasónicos, infrarrojos y gazas de inducción.

Algunas instalaciones permanentes sólo tienen el detector de aforo, mientras que los impulsos son transmitidos a una estación central para su registro. La transmisión se logra mediante líneas telefónicas rentadas, radio u otros medios, dependiendo de los requerimientos, disponibilidad y costos. Otros sistemas utilizan la recolección manual de cintas, que son llevadas a la oficina central.

Debido a las limitaciones del tubo neumático, prácticamente no se emplea en estaciones permanentes. Otros tipos de detectores se enlistan a continuación:

Contacto Eléctrico.- Este detector consiste en una base metálica, sobre la cual un cojín de hule vulcanizado sostiene una tira metálica flexible.

Fotoeléctrico.- Este equipo detecta objetos o vehículos en el momento que cruzan entre una fuente luminosa y una foto celda. Este sistema no es recomendable para aforar 2 o más carriles con volúmenes preestimados superiores a 1,000 vehículos por hora.

Radar.- El equipo electrónico que utiliza el radar, compara continuamente la frecuencia de la señal transmitida con la frecuencia de la señal recibida. En el momento en que exista una diferencia entre esas frecuencias, se detecta un vehículo en movimiento. Los dispositivos del radar no están expuestos a deterioro por el paso del tránsito y son precisos y confiables. Sin embargo, su costo inicial y algunos aspectos de mantenimiento son mayores que en otros aparatos de aforo.

Magnético.- Este equipo registra una señal o impulso causado por un vehículo en movimiento que cruza un campo magnético. La unidad no tiene problemas de deterioro por el tránsito, ni es vulnerable al hielo o a la nieve. Sin embargo, si se encuentra en las cercanías de instalaciones eléctricas de importancia, tanques de almacenamiento o cables subterráneos, etc., puede dificultarse su uso, si no es que imposibilitarlo.

Gazas de inducción.- Las gazas de inducción son una variación del detector magnético. El dispositivo depende de un cambio en la inducción eléctrica de

un circuito rectangular de alambre de cobre sepultado bajo el pavimento, para detectar el paso de los vehículos. Se pueden colocar gazas separadas para aforar el paso de los vehículos. Se pueden colocar gazas separadas para aforar el tránsito por carril o se puede extender una sola gaza, para abarcar más de un carril. Si se emplea un detector para varios carriles, éste no puede separar los volúmenes adyacentes; por lo que se recomienda instalar gazas separadas para cada carril.

Ultrasónico.- Este detector utiliza una onda ultrasónica generada por un diagrama vibrador. Este detector puede identificar tanto vehículos parados como en movimiento (sensor de presencia). Este detector no sufre deterioro por el tránsito, hielo o nieve, ni tampoco es vulnerable a los riesgos de tránsito. Es preciso, pero tiene un costo inicial muy elevado.

Aforos manuales.

Uno o más aforadores, para recopilar datos en lugares específicos, pueden emplearse de manera que se observe y obtenga la información detallada de:

1. La clasificación vehicular (camiones por tamaño, peso, número de ejes, etc., autobuses, automóviles, motocicletas, bicicletas).
2. Los movimientos direccionales en una intersección o en una entrada.
3. La dirección del recorrido.
4. La procedencia de los vehículos por medio de las placas.
5. Los movimientos peatonales en los pasos de peatones y en las aceras, y/o clasificación por edad (escolar o adulto).
6. El uso del carril y/o longitud de las filas de vehículos.
7. El número de pasajeros por vehículos (ocupancia).
8. La 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 una persona con un lápiz, anotando rayas en una sola hoja de campo.

Una persona puede manejar de 6 a 12 movimientos direccionales, dependiendo del grado de simultaneidad del flujo y de los movimientos. En intersecciones con mayores volúmenes de tránsito (especialmente aquellas

controladas con semáforos), comúnmente se requieren dos o más aforadores para registrar los movimientos vehiculares.

La clasificación de los vehículos puede ser tan simple como la distinción entre automóvil y camión. En tal caso son simbolizados de la siguiente forma:

A	Automóviles, camiones, furgonetas y motocicletas.
C	Camiones y autobuses.
B	Autobuses escolares.

En muchas oficinas del tránsito, se utiliza una descripción más detallada de los vehículos comerciales por número de ejes y/o peso. El grado de la clasificación de los camiones dependerá del propósito del aforo.

El aforo de peatones, cuando los peatones son clasificados, los jóvenes (12 años o más) son tipificados como adultos; mientras aquellos de edad escolar de primaria o menores son comúnmente considerados como niños.

Los aforos especiales para el control del cruce escolar, requieren de la tabulación por el tamaño del grupo de peatones. El método detallado se incluye en el apéndice "A" del *programa de protección a escolares* del Instituto de Ingenieros de Transporte.

Aforos de tránsito especiales pueden requerir información sobre el número de ocupantes en los vehículos. Éstos regularmente se realizan para el flujo de vehículos que siguen de frente o para los que entran y salen de los accesos a una propiedad. El método más simple consiste en tabular los vehículos por columnas, encabezados por el número de pasajeros (uno, dos, tres, etc.). El estudio de campo debe incluir datos de ocupancia de por lo menos 500 automóviles y preferentemente 1,000. Los aforos deben tomarse con base en la dirección del tránsito.

Los estudios de longitud de filas de espera en intersecciones congestionadas pueden realizarse con el propósito de determinar localizaciones aceptables para las entradas principales. Se establecen puntos de referencia

convenientes, a diferentes distancias de la intersección, utilizando objetos fijos existentes, tales como: postes, árboles, señales y otros objetos de fácil observación. Los aforos se realizan en períodos de ciclo de los semáforos (o cada 50 segundos en un acceso controlado por una señal de alto). Cuando se toman estos datos en intersecciones controladas por semáforos, los aforos deben realizarse a partir del inicio de la luz en rojo para cada acceso.

Al final del estudio, el número de veces que cada punto de referencia fue alcanzado por la fila se divide entre el número total de ciclos y observaciones. Las cifras resultantes proporcionan el porcentaje de tiempo que cada punto alcanza al menos momentáneamente por la fila del tránsito, durante la hora de máxima demanda, desde el dispositivo para el control.

Períodos de aforo.

Como regla general, los aforos realizados en áreas urbanas durante la hora de máxima demanda de la mañana de lunes y la hora de máxima de la tarde del viernes, comúnmente mostrarán volúmenes mayores que en los demás días de la semana.

La mayoría de los aforos manuales se toman durante una o dos horas en los períodos de máxima demanda de la mañana y de la tarde de un día hábil. Los períodos típicos se recomiendan generalmente entre las 7:00 y las 9:00 horas y de las 18:00 a las 20:00 horas. En general se recomiendan períodos de aforo de 15 minutos, aún cuando los estudios de capacidad han establecido que para determinar el factor de la hora de máxima demanda (FHMD) son más recomendables los períodos de 5 minutos.

Las horas de mayor volumen vehicular en ciertas clases de uso del suelo: escuelas, fábricas y hospitales, 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.

Los aforos necesarios para clasificar camiones (tamaño y peso), se extienden por períodos de 12 a 16 horas.

No es recomendable que los aforos de tránsito se lleven a cabo en días festivos ni en un día anterior o posterior a éstos. 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.

Otras condiciones anormales son generadas por huelgas colectivas, manifestaciones, crisis de energéticos y reparaciones de calles o puentes sobre la ruta o en rutas paralelas. Cuando los aforos son necesarios bajo estas condiciones, será indispensable recalcarlo en las hojas de campo.

Resumen de aforos.

Se acostumbra hacer un resumen tabular, tanto de los aforos de contadores manuales, como de los mecánicos de tipo portátil.

Para los análisis de capacidad, el proyecto de intersecciones, medidas operacionales y estudios de accidentes, es indispensable contar con las gráficas de demoras de máxima demanda vehicular.

Los aforos de ocupancia de los vehículos se resumen por dirección. El número de ocupantes aforados (incluyendo a los conductores), se determina multiplicando la ocupancia por grupo, por el número de ocupantes de cada grupo (uno, dos, tres, etc.).

El número total de ocupantes aforados durante el período de estudio, se divide entre el número de vehículos aforados, con lo cual se obtiene el promedio de ocupantes por vehículo.

En cuanto a las limitaciones en la precisión de los equipos mecánicos de aforos para 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 clasificaciones especiales de vehículos. Así un aforo de 14 horas de 24,673 vehículos debe anotarse como 24,670.

Duración del aforo.

La mayoría de los aforos se toman en períodos de 15 ó 30 minutos y se resumen en intervalos de una hora; sin embargo, pueden efectuarse muestreos cortos con intervalos de 5, 10 ó 20 minutos en lugares específicos, permitiendo al aforador trasladarse a otra intersección.

En aforos cortos pueden ampliarse mediante la utilización de una estación de control. En los casos en que requieren varios aforos para un área dada, se escoge un lugar central representativo del flujo 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 el período.

El "multiplicador" de la estación de control se calcula para cada período muestreado en los otros lugares. Los aforos son en realidad muestreos.

La aplicación más común consiste en transformar el aforo de 24 horas de un día a TPD (tránsito promedio diario), que se define como el volumen total durante el año, dividido entre 365 días. En áreas urbanas con más de 2,000 habitantes, se ha encontrado que el tránsito normal de los días hábiles cae dentro de un nivel de variación del 10%, comparado con el TPD; por lo tanto, no se requiere la aplicación de factores de ajuste.

Para aplicar un aforo a su TPD o a algún otro promedio anual, usualmente se aplica un factor del día de la semana, más un factor mensual.

A N E X O V I
CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS VIALES
URBANOS.

ANEXO VI

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS VIALES URBANOS.



1 SUBSISTEMA VIAL PRIMARIO.

El subsistema primario debe constituir una estructura celular, que aloje en su interior y conecte entre sí al conjunto de núcleos que forman la ciudad. Las vías que componen esta red están destinadas a desplazamientos de más longitud y de mayor volumen de tránsito, de la manera más expedita que sea posible; uniendo los distintos sectores de la ciudad y asegurando la conexión entre la ciudad y la red nacional de carreteras. Tienen como fin secundario el acceso a las propiedades colindantes.

1.1 Vías de Acceso Controlado.

En las vías de acceso controlado, todas las intersecciones o pasos con otros tipos de vías, son a desnivel. Las entradas y las salidas están proyectadas de tal manera, de proporcionar una diferencia mínima entre la velocidad de la corriente principal y la velocidad del tránsito que converge o diverge. Además, constan de calles laterales de servicio a ambos lados de las calzadas centrales, con fajas separadoras (camellones) central y laterales.

Función.

Estas vías establecen la vinculación entre el sistema interurbano de carreteras y el sistema vial urbano, uniendo zonas de alta generación de tránsito y alojando viajes largos, entre grandes áreas de vivienda y concentraciones industriales, comerciales y el área central. Facilitan la movilidad para el tránsito directo, en tanto que el acceso a las propiedades adyacentes debe realizarse mediante calles laterales de servicio. En su recorrido no se permiten el estacionamiento, la carga y descarga de mercancías, ni el tránsito de peatones.

Conexiones.

Las vías de acceso controlado están conectadas entre sí y con las arterias. En casos especiales se pueden prever algunas conexiones con vías colectoras, especialmente en el centro de la ciudad, a través de calles de servicio.

1.2 Arterias Principales.

Las arterias principales son vías de acceso controlado parcialmente, es decir, las intersecciones que forman con otras arterias o calles pueden ser a nivel, controladas con semáforos o a desnivel. Este tipo de vía cuando la demanda del tránsito futuro lo amerite, se convertirán en vías de acceso controlado, por lo que su derecho de vía deberá ser semejante a estas últimas.

Función.

Las arterias permiten conexiones interurbanas con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías de acceso controlado y permitir una buena distribución y reparto del tránsito con las calles colectoras y locales. Debe reglamentarse el estacionamiento y la carga y descarga de mercancías.

Conexiones.

Las arterias se conectan a vías de acceso controlado, a otras arterias y a calles colectoras, siendo conveniente que se encuentren conectadas a las calles locales residenciales, con un buen control de acceso (físico o por esquemas de circulación).

1.3 Arterias.

Las arterias son aquellas vías primarias con intersecciones controladas con semáforos, en gran parte de su longitud. El derecho de vía es menor que el requerido para las autopistas y arterias principales. Con o sin faja separadora central (camellón). De uno o dos sentidos del tránsito. Puede contar con carriles reversibles o carriles exclusivos para el transporte colectivo (autobuses y trolebuses).

Función

Las arterias permiten conexiones interurbanas con media o alta fluidez, baja accesibilidad y relativa integración con el uso del suelo colindante. Estas vías deben ser integradas dentro del sistema de vías de acceso controlado y permitir

una buena distribución y reparto del tránsito con las calles colectoras y locales. Debe reglamentarse el estacionamiento y carga y descarga de mercancías.

Conexiones.

Las arterias se conectan a vías de acceso controlado, a otras arterias y a calles colectoras, siendo conveniente que se encuentren conectadas a las calles locales residenciales, con un buen control de acceso (físico o por esquemas de circulación).

2 SUBSISTEMA VIAL SECUNDARIO.

El subsistema secundario tiene como función principal, la de distribuir el tránsito de las propiedades colindantes al subsistema primario y viceversa. Los desplazamientos son cortos y los volúmenes del tránsito vehicular son de menor importancia.

2.1 Calles Colectoras.

Las calles colectoras son aquellas vías que ligan el subsistema vial primario con las calles locales. Estas vías tienen características geométricas más reducidas que las arterias. Pueden tener un tránsito intenso de corto recorrido, movimientos de vueltas, estacionamiento, ascenso y descenso de pasaje, carga y descarga y acceso a las propiedades colindantes. Generalmente son de un solo sentido de circulación.

Función.

Las calles colectoras sirven para llevar el tránsito de las vías locales a las arterias y dar servicio tanto al tránsito de paso como hacia las propiedades adyacentes.

Conexiones.

Las calles colectoras se conectan con las arterias y con las calles locales, siendo su proporción siempre mayor cuando se trata de calles locales que de arterias.

2.2 Calles Locales.

Las calles locales se utilizan para el acceso directo a las propiedades y están ligadas con las calles colectoras. Los recorridos del tránsito son cortos y los volúmenes son bajos. Deberá evitarse el tránsito de paso por estas calles, ya que de otra manera se demerita su función. Generalmente son de doble sentido del tránsito y para evitar el tránsito de paso se diseñan con retorno en uno de sus extremos (calles cerradas).

Función.

Las calles locales están destinadas al acceso directo a las áreas residenciales, comerciales e industriales, suministrando un servicio mayor a las propiedades colindantes que al tránsito de paso.

2.3 Ciclopistas.

Las ciclopistas tienen como función el permitir la circulación de bicicletas exclusivamente, ya sea confinándolas en la vialidad primaria (en las fajas separadoras centrales o en las calles laterales de servicio de las autopistas o arterias), o en calles o carriles exclusivos para su tránsito.

2.4 Calles Peatonales.

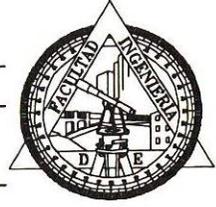
Las calles peatonales tienen como función permitir el desplazamiento libre y autónomo de las personas, dando acceso directo a las propiedades colindantes, a espacios abiertos, a sitios de gran concentración de personas (auditorios, centros comerciales, estadios, estacionamientos, estaciones de transporte público de pasajeros, etc). Pueden ser exclusivas de una zona de interés histórico o turístico generalmente en el centro de las ciudades o en zonas de recreo.

A N E X O V I I
A F O R O S V E H I C U L A R E S Y P E A T O N A L E S .

HORA DE MAXIMA DEMANDA



MUNICIPIO: San Nicolás de los Garza
 VIALIDAD: Av. San Nicolás
 PERIODO: 07:00 A: 09:00 HRS
 INTERVALOS DE: 00:15 HORAS FECHA: 04/27/2005



LAPSO		TOTAL	TOTAL POR HORAS	
H:MIN	H:MIN			
07:00	07:15	420		
07:15	07:30	425		
07:30	07:45	439		
07:45	08:00	474		1758

08:00	08:15	547		1885
08:15	08:30	505		1965
08:30	08:45	448		1974
08:45	09:00	402		1902

HORA MAX: 07:45 A 08:45
 TOTAL DE VEHICULOS: 1974

VOLÚMENES VEHICULARES



MUNICIPIO: San Nicolás de los Garza
INTERSECCION: San Nicolás (Frente a entrada a Papelera Maldonado)
SENTIDO CIRCULACION: Nte-Sur
ESTADO DEL TIEMPO: Soleado

FECHA: 27-Abr-05
A: 09:00
PERIODO: 07:00
PAVIMENTO: Bueno

LAPSO	H:MIN	H:MIN	AUTOMOVILES	CAMIONETAS	MICROBUS	A. URBANOS	A. FORANEOS	C-2	C-3	T3 - S2	T3 - S3	T2-S1-R2	TOTAL
07:00	07:15	195											195
07:15	07:30	185											185
07:30	07:45	200											200
07:45	08:00	205											205

08:00	08:15	258											258
08:15	08:30	254											254
08:30	08:45	222											222
08:45	09:00	201											201

VOLÚMENES VEHICULARES



MUNICIPIO: San Nicolás de los Garza
INTERSECCION: San Nicolás (Frente a entrada a Papelera Maldonado)
SENTIDO CIRCULACION: Sur-Nte
ESTADO DEL TIEMPO: Soleado

PERIODO: 07:00 A: 09:00
FECHA: 27-Abr-05
PAVIMENTO: Bueno

LAPSO	VEHICULOS										TOTAL				
	H:MIN	H:MIN	AUTOMOVILES	CAMIONETAS	MICROBUS	A. URBANOS	A. FORANEOS	C-2	C-3	T3 - S2		T3 - S3	T2-S1-R2		
07:00	07:15	225													225
07:15	07:30	240													240
07:30	07:45	239													239
07:45	08:00	269													269

08:00	08:15	289													289
08:15	08:30	251													251
08:30	08:45	226													226
08:45	09:00	201													201

HORA DE MAXIMA DEMANDA



MUNICIPIO: San Nicolás de los Garza
 VIALIDAD: Av. República Mexicana
 PERIODO: 07:00 A: 09:00 HRS
 INTERVALOS DE: 00:15 HORAS FECHA: 04/28/2005



LAPSO		TOTAL	TOTAL POR HORAS	
H:MIN	H:MIN			
07:00	07:15	332		
07:15	07:30	377		
07:30	07:45	403		
07:45	08:00	378		1490

08:00	08:15	452		1610
08:15	08:30	427		1660
08:30	08:45	399		1656
08:45	09:00	363		1641

HORA MAX: 07:30 A 08:30
 TOTAL DE VEHICULOS: 1660

VOLÚMENES VEHICULARES



MUNICIPIO: San Nicolás de los Garza
INTERSECCION: Av. Republica Mexicana frente a empresa
SENTIDO CIRCULACION: Nte-Sur
ESTADO DEL TIEMPO: Soleado

PERIODO: 07:00
PAVIMENTO: Bueno

FECHA: 28-Abr-05
A: 09:00

LAPSO	VEHICULOS										TOTAL	
	AUTOMOVILES	CAMIONETAS	MICROBUS	A. URBANOS	A. FORANEOS	C-2	C-3	T3 - S2	T3 - S3	T2-S1-R2		
H: MIN												
07:00	07:15											152
07:15	07:30											165
07:30	07:45											185
07:45	08:00											180

08:00	08:15											198
08:15	08:30											201
08:30	08:45											185
08:45	09:00											165

VOLÚMENES VEHICULARES



MUNICIPIO: San Nicolás de los Garza
INTERSECCION: Av. República Mexicana frente a empresa
SENTIDO CIRCULACION: Sur-Nte
ESTADO DEL TIEMPO: Soleado
PERIODO: 07:00 A: 09:00
PAVIMENTO: Bueno
FECHA: 28-Abr-05

LAPSO		AUTOMOVILES	CAMIONETAS	MICROBUS	A. URBANOS	A. FORANEOS	C-2	C-3	T3 - S2	T3 - S3	T2-S1-R2	TOTAL
H:MIN	H:MIN											
07:00	07:15	180										180
07:15	07:30	212										212
07:30	07:45	218										218
07:45	08:00	198										198

08:00	08:15	254										254
08:15	08:30	226										226
08:30	08:45	214										214
08:45	09:00	198										198

AFORO PEATONAL



MUNICIPIO: San Nicolás de los Garza
 INTERSECCION: Av. República Mexicana frente a entrada a empresa
 PERIODO: 07:00 A: 09:00 HRS
 ESTACION: _____ FECHA: 04/28/2005
 ESTADO DEL TIEMPO: Despejado



LAPSO		ZONAS											SUMATORIA	TOTAL
H:MIN	H:MIN	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONAS	POR HORA
07:00	07:05													
07:05	07:10													
07:10	07:15													
07:15	07:20													
07:20	07:25	1											1	
07:25	07:30	2											2	
07:30	07:35													
07:35	07:40													
07:40	07:45	4											4	
07:45	07:50	1											1	
07:50	07:55													
07:55	08:00													8
08:00	08:05													8
08:05	08:10	1											1	9
08:10	08:15	1											1	10
08:15	08:20													10
08:20	08:25													9
08:25	08:30	1											1	8
08:30	08:35													8
08:35	08:40													8
08:40	08:45													4
08:45	08:50													3
08:50	08:55	1											1	4
08:55	09:00													4
														4
														3
														2
														2
														2
														1
														1
														1
														1
														1
														1

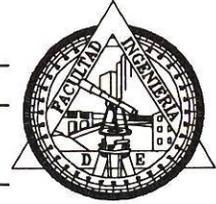
SUMA POR ZONA: | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | TOTAL H.M.: 10

HORA MAXIMA: 7:15 A 8:15

HORA DE MAXIMA DEMANDA



MUNICIPIO: Santa Catarina
 VIALIDAD: Av. Movimiento Obrero
 PERIODO: 17:30 A: 20:00 HRS
 INTERVALOS DE: 00:15 HORAS FECHA: 05/03/2005



LAPSO		TOTAL	TOTAL POR HORAS
H:MIN	H:MIN		
17:30	17:45	363	1555
17:45	18:00	386	
18:00	18:15	406	
18:15	18:30	400	

18:30	18:45	414	1606
18:45	19:00	483	1703
19:00	19:15	487	1784
19:15	19:30	500	1884

19:30	19:45	429	1899
19:45	20:00	391	1807

HORA MAX: 18:45 A 19:45
 TOTAL DE VEHICULOS: 1899

VOLÚMENES VEHICULARES



MUNICIPIO:

Santa Catarina

INTERSECCION:

Av. Movimiento Obrero y J. Liaguno.

SENTIDO CIRCULACION:

Nte-Sur

ESTADO DEL TIEMPO:

Soleado

FECHA: 03-May-05

PERIODO: 17:30 A: 20:00

PAVIMENTO: Bueno



LAPSO		AUTOMOVILES	CAMIONETAS	MICROBUS	A. URBANOS	A. FORANEOS	C-2	C-3	T3 - S2	T3 - S3	T2-S1-R2	TOTAL
H:MIN	H:MIN											
17:30	17:45	165										165
17:45	18:00	180										180
18:00	18:15	174										174
18:15	18:30	189										189

18:30	18:45	216										216
18:45	19:00	225										225
19:00	19:15	201										201
19:15	19:30	202										202

19:30	19:45	178										178
19:45	20:00	161										161

VOLÚMENES VEHICULARES



MUNICIPIO: Santa Catarina
INTERSECCION: Av. Movimiento Obrero y J. Liaguno.
SENTIDO CIRCULACION: Sur-Nte
ESTADO DEL TIEMPO: Soleado
PERIODO: 17:30 A: 20:00
PAVIMENTO: Bueno
FECHA: 03-May-05

LAPSO		AUTOMOVILES	CAMIONETAS	MICROBUS	A. URBANOS	A. FORANEOS	C-2	C-3	T3 - S2	T3 - S3	T2-S1-R2	TOTAL
H: MIN	H: MIN											
17:30	17:45	198										198
17:45	18:00	206										206
18:00	18:15	232										232
18:15	18:30	211										211

18:30	18:45	198										198
18:45	19:00	258										258
19:00	19:15	286										286
19:15	19:30	298										298

19:30	19:45	251										251
19:45	20:00	230										230

AFORO PEATONAL



MUNICIPIO: Santa Catarina
 INTERSECCION: Av. Movimiento Obrero y J. Liaguno
 PERIODO: 07:00 A: 09:00 HRS
 ESTACION: _____ FECHA: 05/04/2005
 ESTADO DEL TIEMPO: Despejado



LAPSO		ZONAS											SUMATORIA	TOTAL
H: MIN	H: MIN	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONAS	POR HORA
07:00	07:05	1											1	
07:05	07:10	2											2	
07:10	07:15	2											2	
07:15	07:20	1											1	
07:20	07:25	3											3	
07:25	07:30	1											1	
07:30	07:35	4											4	
07:35	07:40													
07:40	07:45	1											1	
07:45	07:50	1											1	
07:50	07:55	3											3	
07:55	08:00													19
08:00	08:05	4											4	22
08:05	08:10													20
08:10	08:15	1											1	19
08:15	08:20	2											2	20
08:20	08:25													17
08:25	08:30	1											1	17
08:30	08:35	1											1	14
08:35	08:40	4											4	18
08:40	08:45	2											2	19
08:45	08:50													18
08:50	08:55	1											1	16
08:55	09:00	1											1	17
														13
														13
														12
														10
														10
														9
														8
														4
														2
														2
														1

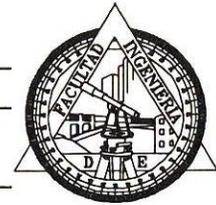
SUMA POR ZONA:	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL H.M.:	22
----------------	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------	----

HORA MAXIMA: 7:05 A 8:05

HORA DE MAXIMA DEMANDA



MUNICIPIO: Monterrey
 VIALIDAD: Av. Aarón Sáenz
 PERIODO: 07:00 A: 09:00 HRS
 INTERVALOS DE: 00:15 HORAS FECHA: 05/03/2005



LAPSO		TOTAL	TOTAL POR HORAS
H:MIN	H:MIN		
07:00	07:15	577	
07:15	07:30	625	
07:30	07:45	676	
07:45	08:00	654	2532

08:00	08:15	597	2552
08:15	08:30	538	2465
08:30	08:45	523	2312
08:45	09:00	486	2144

HORA MAX: 07:15 A 08:15
 TOTAL DE VEHICULOS: 2552

VOLÚMENES VEHICULARES



MUNICIPIO: Monterrey
INTERSECCION: Av. Aarón Sáenz frente a empresa Kronos
SENTIDO CIRCULACION: Ote-Pte
ESTADO DEL TIEMPO: Soleado
FECHA: 03-May-05
PERIODO: 07:00 A: 09:00
PAVIMENTO: Bueno

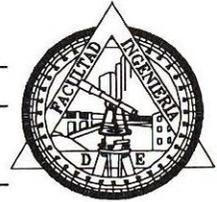
LAPSO	AUTOMOVILES		CAMIONETAS	MICROBUS	A. URBANOS	A. FORANEOS	C-2	C-3	T3 - S2	T3 - S3	T2-S1-R2	TOTAL
	H: MIN	H: MIN										
07:00	07:15	256										256
07:15	07:30	274										274
07:30	07:45	298										298
07:45	08:00	256										256

08:00	08:15	241										241
08:15	08:30	212										212
08:30	08:45	229										229
08:45	09:00	201										201

HORA DE MAXIMA DEMANDA



MUNICIPIO: Monterrey
 INTERSECCION: Chapultepec y Francisco Villa (frente a gasolinera).
 PERIODO: 07:00 A: 09:00 HRS
 INTERVALOS DE: 00:15 HORAS FECHA: 04/26/2005



LAPSO		TOTAL	TOTAL POR HORAS	
H:MIN	H:MIN			
07:00	07:15	908		
07:15	07:30	893		
07:30	07:45	894		
07:45	08:00	963		3658

08:00	08:15	974		3724
08:15	08:30	949		3780
08:30	08:45	860		3746
08:45	09:00	832		3615

HORA MAX: 07:30 A 08:30
 TOTAL DE VEHICULOS: 3780

VOLÚMENES VEHICULARES



MUNICIPIO: Monterrey
INTERSECCION: Chapultepec y Francisco Villa (frente a gasolinera). **FECHA:** 26-Abr-05
SENTIDO CIRCULACION: Pte-Ote **PERIODO:** 07:00 **A:** 09:00
ESTADO DEL TIEMPO: Soleado **PAVIMENTO:** Bueno

LAPSO		AUTOMOVILES	CAMIONETAS	MICROBUS	A. URBANOS	A. FORANEOS	C-2	C-3	T3 - S2	T3 - S3	T2-S1-R2	TOTAL
H:MIN	H:MIN											
07:00	07:15	406										406
07:15	07:30	405										405
07:30	07:45	429										429
07:45	08:00	465										465

08:00	08:15	451										451
08:15	08:30	448										448
08:30	08:45	391										391
08:45	09:00	388										388

AFORO PEATONAL



MUNICIPIO: Monterrey
 INTERSECCION: Chapultepec
 PERIODO: 07:00 A: 09:00 HRS
 ESTACION: Frente a gasolinera FECHA: 04/26/2005
 ESTADO DEL TIEMPO: Despejado



LAPSO		ZONAS											SUMATORIA	TOTAL
H:MIN	H:MIN	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	ZONA 6	ZONA 7	ZONA 8	ZONA 9	ZONA 10	ZONA 11	ZONAS	POR HORA
07:00	07:05	2											2	
07:05	07:10	3											3	
07:10	07:15	5											5	
07:15	07:20	1											1	
07:20	07:25	4											4	
07:25	07:30	2											2	
07:30	07:35	1											1	
07:35	07:40	4											4	
07:40	07:45	3											3	
07:45	07:50	4											4	
07:50	07:55	5											5	
07:55	08:00	3											3	37
08:00	08:05	4											4	39
08:05	08:10	3											3	39
08:10	08:15	2											2	36
08:15	08:20	4											4	39
08:20	08:25	5											5	40
08:25	08:30	4											4	42
08:30	08:35	2											2	43
08:35	08:40	1											1	40
08:40	08:45	2											2	39
08:45	08:50	3											3	38
08:50	08:55	3											3	36
08:55	09:00	1											1	34
														30
														27
														25
														21
														16
														12
														10
														9
														7
														4
														1

SUMA POR ZONA:

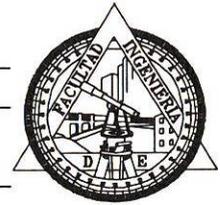
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	TOTAL H.M.:	43
----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------	----

 HORA MAXIMA: 7:35 A 8:35

HORA DE MAXIMA DEMANDA



MUNICIPIO: Monterrey
 INTERSECCION: Chapultepec y Francisco Villa (Frente a gasolinera).
 PERIODO: 17:30 A: 20:00 HRS
 INTERVALOS DE: 00:15 HORAS FECHA: 04/26/2005



LAPSO		TOTAL	TOTAL POR HORAS
H:MIN	H:MIN		
17:30	17:45	724	2751
17:45	18:00	655	
18:00	18:15	683	
18:15	18:30	689	

18:30	18:45	710	2737
18:45	19:00	705	2787
19:00	19:15	700	2804
19:15	19:30	681	2796

19:30	19:45	654	2740
19:45	20:00	630	2665

HORA MAX: 18:15 A 19:15
 TOTAL DE VEHICULOS: 2804

VOLÚMENES VEHICULARES



MUNICIPIO: Monterrey
INTERSECCION: Chapultepec y Francisco Villa (Frente a gasolinera).
SENTIDO CIRCULACION: Pte-Ote
ESTADO DEL TIEMPO: Soleado
FECHA: 26-Abr-05
PERIODO: 17:30 **A:** 20:00
PAVIMENTO: Buena

LAPSO	VEHICULOS										TOTAL	
	AUTOMOVILES	CAMIONETAS	MICROBUS	A. URBANOS	A. FORANEOS	C-2	C-3	T3 - S2	T3 - S3	T2-S1-R2		
H: MIN												
17:30	303											303
17:45	301											301
18:00	338											338
18:15	335											335

18:30	350											350
18:45	321											321
19:00	341											341
19:15	320											320

19:30	312											312
19:45	298											298

VOLÚMENES VEHICULARES



MUNICIPIO: Monterrey
INTERSECCION: Chapultepec y Francisco Villa (Frente a gasolinera).
SENTIDO CIRCULACION: Ote-Pte
ESTADO DEL TIEMPO: Soleado

FECHA: 26-Abr-05
PERIODO: 17:30 A: 20:00
PAVIMENTO: Bueno

LAPSO	AUTOMOVILES		CAMIONETAS		MICROBUS		A. URBANOS		A. FORANEOS		C-2		C-3		T3 - S2		T3 - S3		T2-S1-R2		TOTAL
	H:MIN	H:MIN																			
17:30	17:45	421																			421
17:45	18:00	354																			354
18:00	18:15	345																			345
18:15	18:30	354																			354

18:30	18:45	360																			360
18:45	19:00	384																			384
19:00	19:15	359																			359
19:15	19:30	361																			361

19:30	19:45	342																			342
19:45	20:00	332																			332

Currículum Vitae

C u r r í c u l u m V i t a e

I.- Datos Personales

Nombre: Carlos Alejandro Silva Carrizales
Fecha y lugar de nacimiento: 1 de Mayo de 1978
Edad: 27 años
Profesión: Ingeniero Civil
Estado Civil: Soltero
Dirección: San Germán # 600 Col. San Gilberto
C.P. 66369 Santa Catarina, N. L., México
Teléfono: 8352-4969 ext. 166; 8316-6520 (casa)
E-mail: alexsilva_1@hotmail.com; alex010578@yahoo.com

II.- Información Académica

Profesional: Ingeniero Civil
Institución: Universidad Autónoma de Nuevo León (1995-2000)

Estudios de postgrado: Maestría en Ingeniería de Tránsito (U. A. N. L.)
Enero 2003 - Abril 2004 (Generación XXV)

III.- Cursos y Diplomados

Inglés
Bodwell English School (Intensive English Program)
Junio – Octubre 2002 | Vancouver, BC, Canadá
"Award of Excellence"

Smith English School (High Advanced English Program)
Octubre – Noviembre 2002 | Edmonton, AB, Canadá

Francés
Alianza Francesa de Monterrey
Marzo – Mayo 2003 | Octubre 2003 – Mayo 2005
Nivel Avanzado (A-3)

Certificación como Supervisor de Obras de Concreto
(Con validez en México, E. U. y Canadá).
American Concrete Institute
Sección NE de México | Sept 2001

Certificación como Técnico en Pruebas al Concreto en la Obra - Grado I
(Con validez en México, E. U. y Canadá).
American Concrete Institute
Sección NE de México | Ago 2001

Curso de Control Eléctrico
I.P.E.R.E. | Ago 2001 | Monterrey, N. L.

Curso de Instalaciones Eléctricas Residenciales e Industriales
I.P.E.R.E. | Jun - Jul 2001 | Monterrey, N. L.

Curso de Refrigeración
I.P.E.R.E. | May 2001 | Monterrey, N. L.

C u r r í c u l u m V i t a e

IV.- Experiencia Laboral

Empresa Actual: **Departamento de Estudios de Ingeniería de Tránsito**
Desde-hasta: Desde Octubre 2003 a la fecha
Puesto: Asistente de Investigación en Ingeniería de Tránsito
Departamento: Depto. Ingeniería de Tránsito, Instituto de Ingeniería Civil, U. A. N. L.
Actividades:

- Participación en la Elaboración de un Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito para el Estado de Nuevo León.
- Asistente de Investigación en el Área de Ingeniería de Tránsito.
- Elaboración de Estudios de Ingeniería de Tránsito en distintas vialidades en los estados de Nuevo León y Tamaulipas.
- Traducción de documentos de señalamiento vial escritos en inglés y francés.

Empresa Anterior: **Secretaría de Obras Públicas Santa Catarina, N. L.**
Desde-Hasta: Mayo 2001- Mayo 2002
Puesto: Coordinador de Proyectos y Presupuestos
Departamento: Dirección de Proyectos y Presupuestos
Jefe Inmediato: Arq. Heriberto Martínez Oviedo (Secretario de Obras Públicas)
Actividades:

- Diseño de toda clase de redes de alcantarillado pluvial.
- Presentación de todo tipo de proyectos de drenaje pluvial (público o privado) al Sistema Integral de Manejo de Aguas Pluviales (SIMAP) para su validación técnica.
- Elaboración de presupuestos de obras de drenaje pluvial, drenaje sanitario, agua potable y electrificación.
- Realización de proyectos y presupuestos de pavimentación, áreas recreativas y estabilización de taludes.
- Atención a la ciudadanía y solución a problemas de índole ingenieril en el municipio tales como control de inundaciones, desazolve de arroyos, ductos y alcantarillas e inspección de pavimentos en las avenidas y calles.
- Asistencia a eventos públicos para la presentación técnica de proyectos ante la ciudadanía y empresarios.
- Levantamientos topográficos para elaboración de proyectos de ingeniería.
- Estudios hidrológicos de cuencas y microcuencas urbanas para la determinación del gasto de diseño en proyectos pluviales.

Empresa Anterior: **Estructuras y Construcciones EFERCO S.A. de C.V.**
Desde-Hasta: Agosto 2000 - Mayo 2001
Puesto: Diseñador y Analista de Precios Unitarios
Jefe Inmediato: Ing. Margil Garza y Garza
Actividades:

- Diseño y revisión estructural de proyectos de ingeniería.
- Elaboración de presupuestos para concursos en el ramo público y privado.

