



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil

**DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD PARA CARRETERAS
PAVIMENTADAS**

JULIO CELVIN GARCÍA MALDONADO
ASESORADO POR: ING. AUGUSTO RENÉ PÉREZ MÉNDEZ

Guatemala, septiembre de 2003

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD PARA CARRETERAS
PAVIMENTADAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTANDO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA POR**

**JULIO CELVIN GARCÍA MALDONADO
ASESORADO POR: ING. AUGUSTO RENÉ PÉREZ MÉNDEZ**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2003

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE
INGENIERÍA**



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II:	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III:	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV:	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V:	Br. Elisa Yasminda Vides Leiva
SECRETARIO:	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO :	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR:	Ing. Henry López y López
EXAMINADOR:	Ing. Herbert Jaime Búcaro
EXAMINADOR:	Ing. Rolando Grajeda Tobar
SECRETARIO:	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de Graduación titulado:

DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD PARA CARRETERAS PAVIMENTADAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 29 de febrero de 2000.

Julio Calvin García Maldonado

AGRADECIMIENTOS

A Dios ser supremo, por permitirme alcanzar una de las metas de mi vida y llenarme de bendiciones.

A mi madre, por su amor sus esfuerzos y apoyo moral.

Al ingeniero Augusto René Pérez Méndez por su valiosa asesoría y tiempo.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala y a la Facultad de Ingeniería, valiosa casa de estudios.

Y a todas aquellas persona que contribuyeron a la realización de este trabajo de graduación.

DEDICATORIA:

- Mis padres:** Angela Maldonado Cáceres y Manuel Antonio García, por la vida, amor y comprensión.
- Mi abuelo:** Angel María Maldonado por sus consejos en mi niñez (Q.E.D.).
- Mi esposa:** Flor de María Pérez por su amor y apoyo.
- Mis hijos:** Calvin Efrén, María del Rosario y Calvin Alejandro, por su amor incondicional.
- Mis hermanos:** Nery, Antonio, Guillermina, hipolita, Omar y Mauricio, por sus consejos, apoyo y tiempo.
- Mis sobrinos:** Por su cariño.
- Mis tíos:** Por sus consejos.
- Mis cuñados:** Por su apoyo.
- Mis amigos:** Edwin, Manuel, Víctor, Ivón y Noé.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1 REQUERIMIENTOS PARA EL CONTROL Y LA SEGURIDAD DE PROTECCIÓN VIAL	1
1.1 Requisitos generales	1
1.1.1 Generalidades	1
1.1.2 Recomendaciones	2
1.2 Consideraciones básicas	3
1.3 Tránsito y transporte	4
1.3.1 Generalidades	4
1.3.2 Planificación vial	5
1.3.3 Factores que intervienen en el tránsito	6
1.3.4 Bases para una solución	6

2	ESPECIFICACIONES Y DISEÑO GEOMÉTRICO DEL ALINEAMIENTO DE LA CARRETERA	9
2.1	Especificaciones de diseño	9
2.2	Alineamiento horizontal	15
2.2.1	Tangentes	16
2.2.2	Curvas circulares	16
2.2.3	Peralte y sobre ancho	22
2.2.4	Cálculo de corrimientos	24
2.3	Alineamiento vertical	28
2.3.1	Tangentes	28
2.3.2	Curvas verticales	30
2.3.3	Cálculo de corrección curvas verticales simétricas y asimétricas	34
2.4	Tramos de rebase prohibido de curvas horizontales y verticales	36
2.4.1	Generalidades	36
3	DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO	39
3.1	Dispositivos de control	39
3.1.1	Línea termoplástica central	39
3.1.1.1	Líneas de alto	41
3.1.1.2	Pasos peatonales	41
3.1.1.3	Líneas canalizadoras	41
3.1.1.4	Líneas de parada	43
3.1.1.5	Cruce de ferrocarriles	43
3.1.1.6	Violetas	47

3.2	Dispositivos de encauzamiento	50
3.2.1	Bollas metálicas	50
3.2.2	Vibradores	51
3.2.3.1	Vibradores de hule	52
4	DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD VIAL	53
4.1	Dispositivos de seguridad	53
4.1.1	Indicadores	53
4.1.1.1	Indicadores de obstáculos	53
4.1.1.2	Indicadores de alineamiento	54
4.1.1.3	Indicadores de curvas peligrosas	58
4.1.1.4	Indicadores de reglas y tubos guías para vado	58
4.2	Defensas	59
4.2.1	Defensas laterales	59
4.2.2	Defensas centrales	59
4.2.3	Defensas para puentes	61
4.3	Bordillos	62
4.3.1	Bordos	62
4.4	Cercas	65

5	DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN DE OBRAS EN MANTENIMIENTO, RECONSTRUCCIÓN, AMPLIACIÓN DE PROYECTOS A UN COSTADO DE LA CARRETERA	67
5.1	Dispositivos de protección vial	67
5.1.1	Responsabilidad	67
5.1.2	Criterios para el proyecto	68
5.1.3	Señales preventivas temporales	68
5.1.4	Clasificación	69
5.1.4.1	Señales	69
5.1.5	Color de soportes y reverso de tableros	69
5.1.6	Uso	69
5.1.7	Forma	70
5.1.8	Tamaño	70
5.1.9	Ubicación	70
5.1.10	Colocación lateral	71
5.1.11	Altura	72
5.1.12	Ángulo de colocación	72
5.1.13	Color	72
5.1.14	Tiempo de empleo	72
5.1.15	Soportes	73
5.1.16	Equipo de trabajo	80
5.2	Canalizadores	82
5.2.1	Barreras	82

5.2.1.1	Ubicación	82
5.2.1.2	Altura	83
5.2.1.3	Ángulo de colocación	83
5.2.1.4	Color	83
5.3	Conos	84
5.3.1	Forma y tamaño	84
5.3.2	Ubicación y color	84
5.4	Dispositivos luminosos	85
5.4.1	Uso	85
5.4.1.1	Mecheros y linternas	86
5.4.1.2	Lámparas de destello	87
5.4.1.3	Luces eléctricas	87
5.5	Señales manuales	87
5.5.1	Banderas	87
5.5.2	Lámparas	88
5.6	Aplicaciones	88
5.6.1	Aplicaciones urbanas	89
5.7	Señalización para el personal de limpieza del derecho de vía, cunetas y estructuras de drenaje	89
CONCLUSIONES		93
RECOMENDACIONES		94
BIBLIOGRAFÍA		95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Elementos de curva horizontal simple	19
2.	Sección típica de carretera tipo "E"	20
3.	Peralte y sobre ancho	23
4.	Relación de volúmenes de tránsito bajo, intermedio y alto	27
5.	Tipos de curvas verticales	32
6.	Curvas en cresta para cumplir con la distancia de visibilidad de parada	33
7.	Curvas en columpio para cumplir con la distancia de visibilidad de parada	33
8.	Elementos de curva vertical	35
9.	Determinación de distancia mínima de visibilidad de rebase	37
10.	Distancia mínima de visibilidad de rebase para la velocidad de proyecto del camino	37
11.	Líneas de visibilidad	38
12.	Distancia mínima de visibilidad	38
13.	Línea central	40
14.	Línea adicional de no rebase	40
15.	Líneas para cruce de peatones	44
16.	Carril de aceleración en paralelo y directo	45
17.	Carril de desaceleración en paralelo y directo	46
18.	Tipos de líneas y marcas en el pavimento en aproximaciones a una intersección	48
19.	Franjas paralelas a la vía ferrea	49

20.	Vibradores	50
21.	Indicadores de obstáculo y bifurcaciones	55
22.	Indicadores de alineamiento en curvas horizontales	56
23.	Separación de indicadores según el grado de curvatura	57
24.	Indicadores de curvas peligrosas	60
25.	Reglas y tubos guías para vados	61
26.	Defensas laterales de lámina galvanizada y concreto reforzado	63
27.	Defensas centrales de lámina galvanizada y vigas y postes de concreto reforzado	63
28.	Defensas de concreto	64
29.	Formas de anclaje en los extremos de defensas	64
30.	Bordos de concreto	65
31.	Cercas con postes de tubo-malla y postes de concreto y alambre de púas	66
32.	Dispositivos para protección en caminos de dos carriles donde uno esta cerrado	74
33.	Dispositivos para protección en un camino que cruza a otro en construcción	75
34.	Dispositivos para protección en un camino de dos carriles cerrado totalmente, circulándose por una desviación	76
35.	Dispositivos para protección por reparación de rodamiento en caminos de dos carriles para un mismo sentido	77
36.	Dispositivos para protección en autopistas con reducción de cuatro carriles a dos carriles	78
37.	Dispositivos para protección en autopistas con reducción de cuatro carriles a dos carriles	79
38.	Posición del banderillero, como detener el tráfico, como liberar el tráfico	81
39.	Canalizador	83

40.	Formas y tamaños de conos	85
41.	Dispositivo luminoso	86
42.	Banderas como señales manuales	88
43.	Dispositivos de Seguridad en zona de desaceleración para limpieza del derecho de vía, cunetas y estructuras	91
44.	Dispositivos de Seguridad en zona de trabajo	92

TABLAS

I	Características geométricas de carreteras	21
II	Peralte recomendado, longitudes, transición y deltas mínimos	25
III	Valores de diseño sobre anchos de pavimento en curvas para carreteras de dos vías	26
IV	Relación entre velocidad de marcha y velocidad de proyecto	27
V	Relación entre pendiente máxima y velocidad de proyecto	29
VI	Valores de “k” según velocidad de diseño	31
VII	Relación de tiempo y distancia para el cálculo de coeficiente de fricción y distancia de frenado	37
VIII	Ubicación, color y colocación del reflejante de vialetas en carreteras pavimentadas	50
IX	Dimensiones de tableros adicional de las señales preventivas para protección en obras	71
X	Ubicación longitudinal de las señales preventivas para la protección en obras	71

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Diferencia algebraica de pendientes
Δ	Ángulo de deflexión de las tangentes
C_m	Cuerda máxima
CS	Punto de cambio de círculo a espiral
D	Diferencia de estaciones menos la mitad de longitud de curva vertical
dn	Diferencia entre la estación y punto de cambio de círculo a espiral
E	External
Est	Estación
e	Peralte para una estación
e_{max}	Peralte máximo en porcentaje
G	Grado de curvatura de la curva circular
K	Variación de longitud por unidad de pendiente
L	Longitud donde principia la espiral
L_c	Longitud de curva
L_s	Longitud de espiral en metros
LVC	Longitud de la curva vertical
L_v	Longitud mínima de curva vertical
L1	Longitud de curva vertical 1
L2	Longitud de curva vertical 2
M	Ordenada media
O	Centro de curva circular

OM	Corrección máxima para cada curva vertical
PC	Punto donde comienza la curva simple
PCV	Punto en donde comienza la curva vertical
PI	Punto de intersección de las tangentes
PIV	Punto de intersección de las tangentes
PT	Punto donde termina la curva circular simple
PTV	Punto en donde termina la curva vertical
P1	Pendiente de la tangente de entrada
P2	Pendiente de la tangente de salida
R	Radio de curva
Sa	Sobre ancho máximo
ST	Subtangente
TS	Punto de cambio de espiral a tangente
V	Velocidad de diseño
x1	Distancia del PCV a un punto cualquiera de la curva
x	Distancia del PTV a un punto cualquiera de la curva
y	Corrección para un punto cualquiera

GLOSARIO

Bifurcaciones	Punto donde un camino se divide en dos y puede cambiar de dirección.
Dispositivos	En general son obras que se construyen o se colocan dentro de una calle o carretera para proporcionar protección, seguridad y prevención a los conductores de vehículos y peatones.
Isleta	pequeña acera en medio de una calzada o plaza que sirve de refugio a los peatones o para señalar el tráfico rodado.
Termoplástico	Nombre genérico otorgado a cualquier material plástico que pueda ser ablandado al calor y que al enfriarse se solidifica, recuperando sus propiedades físicas y químicas.
Vado	Rebajamiento del bordillo de una acera de la calle que facilita el acceso de un vehículo a una finca urbana. Lugar de un río donde hay poca profundidad y que se puede pasar a pie sin ninguna dificultad.
Vialeta	Dispositivo de iluminación nocturna a través de la retro-reflectividad de sus caras.

RESUMEN

La planificación vial es indispensable en la ingeniería de tránsito, ya que constantemente se realizan investigaciones que sirven para planificar la vialidad en el país, en una pequeña área o zona para poder adaptar el desarrollo de calles y carreteras a las necesidades del tránsito.

La utilización de dispositivos de control y seguridad como elementos complementarios de una carretera en mantenimiento o nueva, trata de reducir hasta donde sea posible el índice de accidentes que se dan frecuentemente en las carreteras del país.

Como parte del diseño, los dispositivos diversos en proyectos de carreteras deben asegurar las características tales como; tamaño, contrastes, color, forma, efectos reflectivos; donde sea necesario a efecto que estos llamen la atención del conductor. La ubicación y uniformidad en el señalamiento vial de carreteras ayuda también a que los usuarios reaccionen a tiempo al encontrarse problemas a lo largo del camino.

Otro aspecto es el respeto a las señales, éstas deben conservarse siempre en forma física y legible para beneficio del conductor.

OBJETIVOS

Generales

Dar un reconocimiento general de los aspectos geométricos y técnicos que conlleva al desarrollo de un proyecto de protección de obras en carreteras y control del tránsito.

Las condiciones que debe cubrir un proyecto vial para que se realice con satisfacción.

Específicos

- 1 Proporcionar a la Universidad de San Carlos, material bibliográfico que reúna los aspectos de seguridad y protección para el usuario, trabajador y de la obra vial en sí.
- 2 Que sirva de guía para fines de estudio sobre los cursos en el área de carreteras, para que el estudiante aproveche dicho material y pueda profundizar más en temas de dispositivos de seguridad que se utilizan en carreteras.
- 3 Proporcionar al profesional que ejecuta un proyecto de construcción de carretera, un documento de consulta, para que tome en cuenta los aspectos principales que debe analizar sobre la seguridad y protección de los conductores, peatones y trabajadores, antes de ejecutar un proyecto.

INTRODUCCIÓN

La investigación trata sobre la propuesta a entidades que se dedican a la conservación vial, con el propósito de mejorar cada día más en nuestro país las condiciones de seguridad en las carreteras. El uso del transporte se ha manifestado a través de un crecimiento constante de los viajes por carretera, al grado que los usuarios han venido a depender de la existencia de dispositivos de control del tránsito para su seguridad. Tan grande es la dependencia, que es indispensable el uso de dispositivos para obtener un mayor rendimiento de cualquier camino.

Cabe hacer notar que las señales y dispositivos propuestos por entidades de coordinación vial, sean aprovechables, operantes, que llamen la atención del conductor; la ubicación sea dentro del cono visual dentro del conductor y la uniformidad de señalamiento de los caminos, ayude en la reacción de los usuarios en problemas del tránsito a lo largo de la ruta, que estos respondan a las necesidades previstas en el sistema vial, siempre con el propósito de regular y dirigir el tránsito en calles y carreteras.

En general el sistema de señalización vial sirve para guiar al conductor y dar una idea clara del acceso en los caminos. Los dispositivos en general se colocan dentro de una carretera para proporcionar; seguridad, protección, encauzamiento y prevención a los conductores de vehículos y peatones. Estos se clasifican como obras diversas, que pueden ser: defensas, indicadores,

vibradores, etc. Los dispositivos de protección de obras son señales, canalizadoras y medios que se utilizan para proporcionar seguridad a los usuarios, peatones y trabajadores, guiando el tránsito a través de caminos en construcción o en mantenimiento. La longitud que deberá cubrirse con estos dispositivos dependerá del tipo de camino y características de la obra, como ejemplo se colocará a 150 m como mínimo y 1000 m como máximo, antes de la zona de trabajo, en ambos sentidos.

1. LA SEGURIDAD Y EL CONTROL DE PROTECCIÓN VIAL

1.1 Requisitos generales

Es importante señalar que los dispositivos para el control, seguridad y protección de tránsito exigen la integración de cinco requisitos fundamentales que son:

1. Satisfacer una necesidad importante para el conductor.
2. Llamar la atención del usuario.
3. Transmitir un mensaje claro y rápido.
4. Imponer respeto a los usuarios del camino.
5. Estar en el lugar apropiado a fin de dar tiempo para reaccionar en cualquier situación.

1.1.1 Generalidades

Los dispositivos sirven para regular el tránsito, a través de vías públicas en rehabilitación, en mantenimiento o donde se realice cualquier tipo de obra de carácter vial.

Las actividades de mantenimiento vial generan situaciones peligrosas, tanto para las personas que se exponen constantemente al flujo vehicular, como para los automovilistas, que deben afrontar riesgos no previstos a lo largo del camino. El alto costo de los accidentes de tránsito relacionados con la construcción y rehabilitación de carreteras, exige establecer sistemas eficaces de control de tránsito donde se ejecuta este tipo de actividades.

El tiempo de duración de la aplicación de una señalización temporal varía en relación con la magnitud de las obras. Estas pueden variar dependiendo de las condiciones del lugar en periodos mayores.

Es de gran importancia que al finalizar un determinado trabajo se retiren las señales que han dejado de ser útiles, así poder evitar que posteriormente pierda su efectividad para otros proyectos.

El diseño y la localización de los dispositivos temporales deben responder a las recomendaciones generales del tránsito. La responsabilidad de la señalización durante la ejecución de las obras, caerá directamente sobre los jefes de las respectivas dependencias públicas; gerentes o representantes legales de las empresas que ejecutan estos trabajos.

Para que estos dispositivos surtan el efecto deseado es indispensable que los trabajadores y usuarios se acostumbren a ellos, ya que de este modo se podrá eliminar un elevado grado de incompreensión y confusión, factores que constituyen la causa de una gran cantidad de accidentes que ocurren en las áreas de construcción. Las estadísticas de accidentes en carreteras, constituyen una evidencia muy convincente de la necesidad de mejorar seguridad y protección hasta donde sea posible.

1.1.2 Recomendaciones generales

El tiempo durante el cual hay que señalar una obra es variable; los dispositivos necesarios deben ser colocados antes de iniciar un proyecto y ser retirados inmediatamente después de haberse terminado éste.

Es responsabilidad del supervisor, verificar que los dispositivos empleados cumplan la necesidad y efectividad de los estándares ya definidos, para la protección de los usuarios, peatones, trabajadores y de toda la obra vial.

1.2 Consideraciones básicas

Existen cuatro consideraciones básicas para asegurarse que tales requerimientos se cumplan.

Estas son: proyecto, ubicación, uniformidad y conservación.

1. El proyecto de los dispositivos de control del tránsito debe asegurar las características tales como: tamaño, contraste, color, forma, iluminación o efecto reflectante donde sea necesario que se apliquen para llamar la atención del conductor. Todas éstas se combinen para proporcionar un significado comprensible, la legibilidad y el tamaño se combine con la ubicación a fin de dar tiempo suficiente para reaccionar; la uniformidad, racionalidad, tamaño y legibilidad impongan respeto.

2. La ubicación de la señal deberá estar dentro del cono visual del conductor, para provocar su atención y facilitar su lectura e interpretación de acuerdo con la velocidad a la que vaya el vehículo. Se hace notar que en las señales, especialmente en vías rápidas, se coloquen desde el principio, ya que es preciso coordinar el señalamiento de acuerdo con el proyecto geométrico del camino o carretera.

3. La uniformidad en el señalamiento vial de carreteras, ayuda a que los usuarios reaccionen a tiempo al encontrar problemas de tránsito a lo largo de la ruta. Esto facilita la resolución de problemas del señalamiento y economiza en la construcción y colocación de señales.

El esfuerzo en la tarea de uniformar el señalamiento vial tendrá éxito solamente si se reconoce esta necesidad y se encuentra la forma de resolver cada proyecto de señalamiento con las normas viales de caminos, para que estas simplifiquen y faciliten al usuario su viaje.

4. Respecto a la conservación, ésta deberá ser física y funcional; procurar la limpieza y legibilidad de señales, también deberán colocarse o quitarse tan pronto como se vea la necesidad de ello. En términos generales, las consideraciones deben estar a cargo de los ingenieros proyectistas de caminos o de especialistas en la materia.

El éxito solo se logrará cuando se reconozca estas necesidades y se encuentre la forma de resolver cada proyecto de una forma eficiente con los medios que aquí se proporcionan sin recurrir a soluciones improvisadas. En algunos casos abra que sacrificar algunos aspectos, pero se ganara en la presentación de situaciones simplificadas que faciliten al usuario un viaje placentero.

1.3 Tránsito y transporte

1.3.1 Generalidades

Las ciudades dependen de sus sistemas de calles y avenidas, ofreciendo servicios de transporte de personas y/o mercancías, muchas veces, estos

sistemas tienen que operar por arriba de su capacidad, con el fin de satisfacer los incrementos de demanda por servicios de transporte, ya sea para tránsito de vehículos livianos, comercial o público; acceso a las distintas propiedades o estacionamientos, etc. originando obviamente problemas de tránsito, cuya severidad por lo general se puede medir en términos de accidentes y congestionamientos.

1.3.2 Planificación vial

Es indispensable en la ingeniería, realizar investigaciones y analizar los diferentes métodos, para planificar la vialidad en el país, en una municipalidad o en una pequeña área, para poder adaptar el desarrollo de las calles y carreteras a las necesidades del tránsito. Parte de esta investigación está dedicada a la planificación de la vialidad urbana, que permite conocer los problemas que se presentan al analizar el crecimiento demográfico, las tendencias al aumento en número de vehículos y la demanda de movimiento de una zona a otra. El tránsito es uno de los factores más importantes en el crecimiento y transformación de un centro urbano y de una región, por eso visto del punto de ingeniería, debe ser considerado en toda programación urbanística y en toda planificación de política económica. Éste debe tomar en cuenta en los trabajos las distintas exigencias de la colectividad de la higiene, la seguridad, de las actividades comerciales e industriales, etc.

Finalmente el ingeniero debe estar capacitado para encontrar la mejor solución al menor costo posible. Naturalmente, puede pensarse en infinidad de soluciones por demás costosas, debe desarrollar eficientemente acciones a largo plazo que tiendan a mejorar las condiciones del tránsito sin poner restricciones innecesarias al mismo.

1.3.3 Factores que intervienen en el tránsito

- 1. Tipos de vehículos.** Automóviles diversos (diferentes dimensiones), camiones pesados, de baja velocidad y autobuses, de alta velocidad, etc.
- 2. Vías inadecuadas.** Calles angostas, irregulares y pronunciadas pendientes, aceras insuficientes, el clima del lugar, etc.
- 3. Falta de planificación en el tránsito.** Carreteras y puentes que se construyen con especificaciones muy anticuadas, intersecciones proyectadas sin base técnica, prevención para estacionamientos casi nula; localización de zonas residenciales inapropiadas en relación con zonas industriales o comerciales.
- 4. Falta de consideración del automóvil como una necesidad pública.**
Falta de apreciación de las autoridades sobre la necesidad del vehículo dentro de la economía del transporte. La apreciación del público en general a la importancia del vehículo.
- 5. Falta de asimilación por parte del gobierno y del usuario.** Legislación y reglamentos del tránsito anacrónicos, que tienden a forzar al usuario de los mismos, que adaptarse a las necesidades del usuario. Falta de educación vial del conductor y del peatón.

1.3.4 Bases para una solución

La experiencia demuestra que en determinado tipo de solución deberán existir bases o elementos en que se apoye la misma.

Estos elementos son:

La ingeniería de tránsito, la educación vial, la legislación y vigilancia por parte de la policía de tránsito.

Si los problemas de tránsito causan pérdida de vidas y bienes, que equivale a una situación de falta de seguridad para las personas y de ineficiencia económica del transporte, la solución lógica, se obtendrá haciendo el tránsito seguro y eficiente.

La aceptación que ha tenido la ingeniería de tránsito en los resultados obtenidos en múltiples aplicaciones y el alarmante saldo adverso que representa por pérdidas de vida humana en la vialidad justifican con creces, la atención que se le debe dar a esta nueva tecnología.

Es esencial que el técnico especializado en ingeniería de tránsito resuelva los problemas del proyecto físico de la carretera o calle con todos sus detalles, que las instituciones educativas y el gobierno tomen por su cuenta la preparación de la creación de leyes y normas, adaptado a las necesidades del tránsito moderno y que las hagan cumplir por medio de agentes de tránsito preparados para tal fin.

La administración de las funciones de gobierno con respecto al tránsito de vehículos, es una parte importante del arte de gobernar. El objetivo en la administración del tránsito es mantener la red vial en actividad, hacer posible que se muevan las personas y los vehículos y permitir que todo el que quiera se traslade y efectúe sus actividades en forma eficiente.

2. ESPECIFICACIONES Y DISEÑO GEOMÉTRICO DEL ALINEAMIENTO DE LA CARRETERA

2.1 Especificaciones de diseño

- A. Existen ciertas especificaciones de diseño reconocidas por la práctica que son importantes para lograr una circulación cómoda y segura. Deben tomarse en cuenta para el diseño del alineamiento horizontal.
1. La seguridad al tránsito que debe ofrecer el proyecto es la condición de preferencia.
 2. La topografía condiciona muy especialmente los radios de curvatura y velocidad de proyecto.
 3. La distancia de visibilidad debe ser tomada en cuenta junto con la topografía, porque con frecuencia la visibilidad requiere radios mayores que la velocidad.
 4. El alineamiento debe ser direccional en lo posible, sin dejar de ser consistente con la topografía. Una línea que adapta al terreno natural es preferible a otra con tangentes largas con repetidos cortes y rellenos.
 5. Para una velocidad de proyecto dada, debe evitarse dentro de lo razonable,

el uso de la curvatura máxima permisible. El proyectista debe tender, en lo general, a usar curvas suaves, dejando las de curvatura máxima para las condiciones más críticas.

6. Debe diseñarse un alineamiento uniforme que no tenga quiebres repentinos en su desarrollo, por lo que deben evitarse curvas forzadas después de tangentes largas o pasar repentinamente de tramos de curva suave a otros de curva críticas.
7. En terraplenes altos y largos es preferible alineamientos rectos o de muy suave curvatura, pues es muy difícil para un conductor percibir alguna curva forzada y ajustar su velocidad a las condiciones dadas.
8. En camino abierto debe evitarse el uso de curvas compuestas, sobre todo donde sea necesario proyectar curvas críticas. Las curvas compuestas se pueden emplear siempre y cuando la relación entre radio mayor y el menor sea igual o menor a 1.5 m.
9. Debe evitarse el uso de curvas inversas que presenten cambios de dirección rápidos, dichos cambios hacen difícil al conductor mantenerse en su alineamiento, resultando peligrosa la maniobra. Estas curvas deben proyectarse con una tangente intermedia, la cual permite que el cambio de dirección sea suave y seguro.
10. Un alineamiento con curvas sucesivas en la misma dirección debe evitarse cuando existan tangentes cortas entre ellas, pero puede proporcionarse cuando las tangentes sean mayores de 150 m.

11. Para anular la apariencia de distorsión, el alineamiento horizontal debe estar balanceado con el alineamiento vertical.

12. Es conveniente limitar el uso de tangentes largas, debido a que la atención de los conductores se concentra durante largo tiempo en puntos fijos, que le causa somnolencia, especialmente durante la noche, por lo cual es preferible proyectar un alineamiento ondulado con curvas amplias.

B. En el perfil longitudinal de una carretera, la subrasante es la línea de referencia que define el alineamiento vertical. La posición de la subrasante depende principalmente de la topografía de la zona atravesada, pero existen otros factores de diseño que deben considerarse:

1. La condición topográfica del terreno influye en diversas formas al definir la subrasante; así en terrenos planos, la altura de la subrasante sobre el terreno es regular, generalmente, por el drenaje. En las lomas se adoptan subrasantes onduladas, las cuales convienen tanto en razón de la operación de los vehículos como por la economía del costo. En terrenos montañosos, la subrasante es controlada por las restricciones y condiciones de la topografía.

2. Una subrasante suave con cambios graduales es consistente con el tipo de camino y el carácter del terreno; a esta clase de proyecto debe darse preferencia, en lugar de uno con numerosos quiebres y pendientes en longitudes cortas.

3. Los valores de diseño son la pendiente máxima y la longitud crítica, pero la

manera en que estos se aplican y adaptan al terreno formando una línea continua, determina el acoplamiento y la apariencia de la terminación del camino.

4. Deben evitarse vados formados por curvas verticales muy cortas, pues el perfil resultante se presta a que las condiciones de seguridad y estética sean muy pobres.
5. Dos curvas verticales sucesivas y en la misma dirección, separadas por una tangente vertical corta, no deben diseñarse en columpios donde la vista completa de ambas curvas verticales no es agradable.
6. Un perfil escalonado es preferible a una sola pendiente, porque permite aprovechar el aumento de velocidad, previo al ascenso y el correspondiente impulso, pero evidentemente, sólo puede adaptarse tal sistema para vencer desniveles pequeños o cuando no hay limitaciones en el desarrollo horizontal.
7. Cuando la magnitud del desnivel por vencer o la limitación del desarrollo motiva largas pendientes uniformes, de acuerdo con las características previsibles del tránsito, puede convenir adoptar un carril adicional en la sección transversal.
8. Los carriles auxiliares de ascenso también deben ser considerados donde la longitud crítica de la pendiente está excedida y donde el volumen horario del proyecto excede del 20% de la capacidad de diseño para dicha pendiente, en el caso de caminos de dos carriles y del 30% en el caso de caminos de varios carriles.

9. Donde las intersecciones a nivel ocurren en tramos de caminos con pendientes de moderadas a fuertes, es deseable reducir la pendiente a través de la intersección; este cambio en el perfil es benéfico para todos los vehículos que den vuelta.
- C. La combinación de los alineamientos horizontal y vertical no deben ser considerados independientes en el proyecto, debido a que ambos se complementan entre sí. Deben estudiarse ambos alineamientos, para lograr armónicamente apropiadas combinaciones e incrementar su uso y seguridad. La velocidad de proyecto adquiere mayor importancia, puesto que en el cálculo es el parámetro que logra el equilibrio buscado. Las combinaciones apropiadas, se logran por medio de estudios de ingeniería y de las especificaciones de diseño.
1. La curvatura y la pendiente deben estar balanceadas. Las tangentes o las curvas horizontales suaves en combinación con pendientes fuertes o largas, o bien una curvatura horizontal excesiva con pendientes suaves, correspondientes a diseños deficientes. Un diseño apropiado es aquel que combina ambos alineamientos ofreciendo mayor seguridad, capacidad, velocidad, facilidad y uniformidad en la operación, además de una apariencia agradable dentro de los límites prácticos del terreno y del área atravesada.
 2. La curvatura vertical sobrepuesta a la curvatura horizontal o viceversa, generalmente da como resultado un camino más agradable a la vista, pero debe ser analizada tomando en cuenta el tránsito.
 3. No deben proyectarse curvas horizontales forzadas, en o cerca de una cima,

o en el punto bajo de una curva vertical, esta condición es peligrosa porque el conductor no puede advertir el cambio en el alineamiento horizontal, especialmente en la noche, porque las luces de los vehículos alumbran adelante hacia el espacio y en línea recta. El peligro puede anularse si la curvatura horizontal se impone a la vertical, por ejemplo construyendo una curva horizontal más larga que la vertical. También puede lograrse usando valores de proyecto mayores que los mínimos.

4. No deben proyectarse curvas horizontales forzadas en o cerca del punto bajo de una curva vertical en columpio, porque el camino da la impresión de estar cortado. Cuando la curva horizontal es muy suave presenta una apariencia de distorsión indeseable. Muchas veces las velocidades de otros vehículos, especialmente las de los camiones, son altas al final de las pendientes y pueden conducir a provocar accidentes, especialmente durante la noche.
5. En caminos de dos carriles, la necesidad de tramos para rebasar con seguridad a intervalos frecuentes y en un porcentaje apreciable de la longitud del camino, en estos casos es necesario proporcionar suficientes tangentes largas, para asegurar la distancia de visibilidad de rebase.
6. En las intersecciones donde la distancia de visibilidad a lo largo de ambos caminos son importantes, por lo que la curvatura horizontal y el perfil deben proyectarse lo más suave posible para evitar el peligro que se presenta si el conductor no puede ver a los vehículos que disminuyen su velocidad o paran en el camino.

La coordinación entre los alineamientos horizontal y la tapa de anteproyecto, donde puede realizarse los ajustes correspondientes, mediante

estudios exhaustivos. El proyectista deberá utilizar planos de trabajo del tamaño y escala que requiera el estudio; generalmente para la planta se utiliza la escala 1:2000 con curvas de nivel a cada dos metros y para el perfil se usan dos escalas, la horizontal 1:2000 y la vertical 1:200. En este último plano, se acostumbra representar en la parte superior el alineamiento horizontal, con el fin de facilitar el estudio de la coordinación entre ambos alineamientos.

En esta etapa el proyectista no debe preocuparse por la precisión sus cálculos, con algunas excepciones, el estudio debe ser en su mayor parte con base en un análisis gráfico, efectuándolo con el auxilio de plantillas, teniendo en mente el criterio y especificaciones fijadas, sobre todo en lo referente a la velocidad de proyecto, curvatura y pendiente máxima y como consecuencia, a la distancia de visibilidad. La velocidad de proyecto puede variar en algunos tramos, dependiendo de la configuración del terreno, tipo y volumen del tránsito previsto.

Además, las especificaciones generales de diseño que se han citado anteriormente, deben ser consideradas en todos sus aspectos. La coordinación de ambos alineamientos desde el punto de vista de apariencia, puede llevarse a cabo visualmente en los trabajos preliminares, lográndose magníficos resultados cuando son analizados por un proyectista con experiencia, sin menoscabo de que el análisis sea completado con modelos o perspectivas de aquellos lugares donde se tenga duda del efecto de ciertas combinaciones del trazo y perfil.

2.2 Alineamiento horizontal

El alineamiento horizontal es la proyección sobre un plano horizontal del eje de la subcorona del camino, los elementos que la integran son las tangentes

y las curvas circulares, peralte, sobre ancho y corrimientos. Como lo vemos en las figuras 1, 2 y 3.

2.2.1 Tangentes

Las tangentes son la proyección sobre un plano horizontal de las rectas que unen la curva. Al punto de intersección de la prolongación de dos tangentes consecutivas, se le representa como PI , y al ángulo de deflexión formado por la prolongación de una tangente y la siguiente se le representa por Δ la longitud de una tangente es la distancia comprendida entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente.

La longitud máxima de una tangente está condicionada por la seguridad. Las tangentes largas son causa potencial de accidentes, debido a la somnolencia que produce al conductor, mantener concentrada su atención en puntos fijos del camino durante mucho tiempo, o bien, porque favorecen los deslumbramientos durante la noche; por tal razón, conviene limitar la longitud de las tangentes, proyectando en su lugar alineamientos ondulados con curvas de gran radio.

La longitud mínima de tangentes entre dos curvas consecutivas está definida por la longitud necesaria para dar la sobre elevación y ampliación a esas curvas.

2.2.2 Curvas circulares

Las curvas circulares son los arcos de círculo que forman la proyección horizontal de las curvas empleadas para unir dos tangentes consecutivas. En el

sentido del cadenamamiento, las curvas pueden ser hacia la izquierda o hacia la derecha.

Los elementos característicos de estas curvas se calculan de la siguiente forma. Por definición **G** es el ángulo subtendido por un arco de 20 m.

El grado máximo de curvatura que puede tener una curva, es el que permite a un vehículo recorrer con seguridad la curva con la sobre elevación máxima a la velocidad de proyecto.

Las fórmulas para los cálculos de una curva se expresan de la forma siguiente:

$$G/20 = 360^\circ/2\pi R$$

$$G = 1145.92/R$$

El radio **R** de la curva se calcula de la expresión anterior:

$$R = 1145.92/G$$

La longitud de la curva **Lc** es la distancia del arco entre **PC** y **PT**, se expresan de dos formas.

$$Lc = [(\pi * \Delta/180^\circ) * R$$

$$Lc = 20 * (\Delta/G)$$

La subtangente ST es la distancia entre PI y PC o PT , medida sobre la prolongación de las tangentes.

$$ST = R * (\tan(\Delta/2))$$

La external E es la distancia desde el PI al punto medio de la curva.

$$E = R * (\sec(\Delta/2))$$

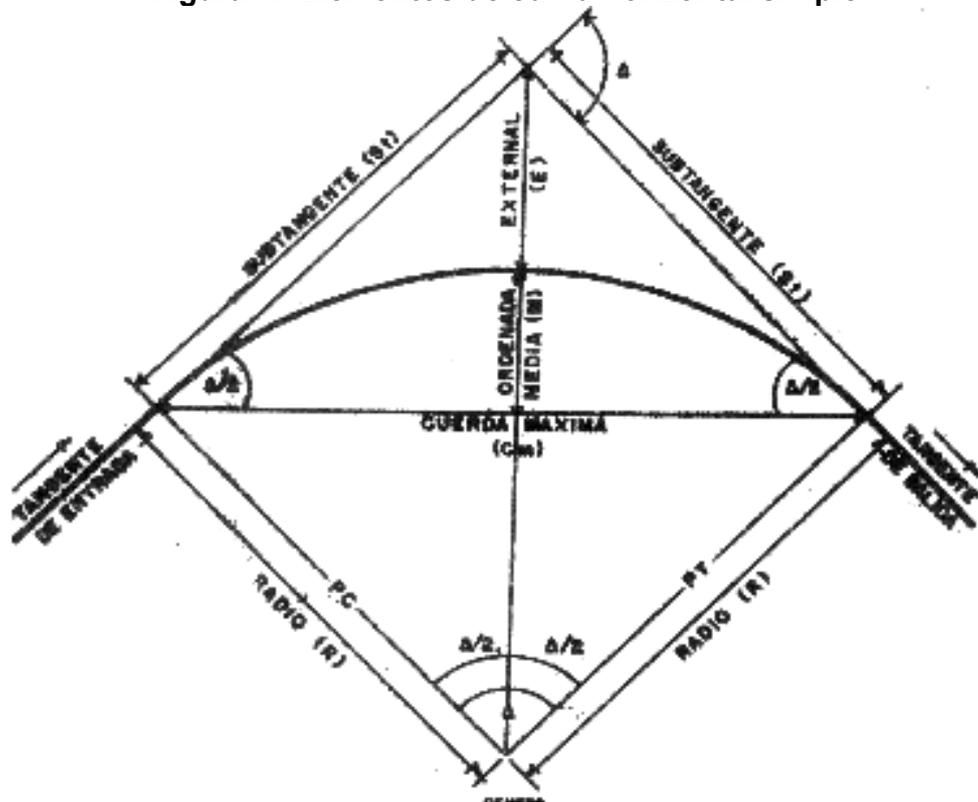
La ordenada media M es la distancia de la flecha en el punto medio de la curva y el punto medio de cuerda máxima.

$$M = R * [1 - \cos(\Delta/2)]$$

Cuerda máxima C_m es la recta comprendida entre dos puntos de la curva, esos puntos son el PC y el PT .

$$C_m = 2R * (\sen(\Delta/2))$$

Figura 1. Elementos de curva horizontal simple

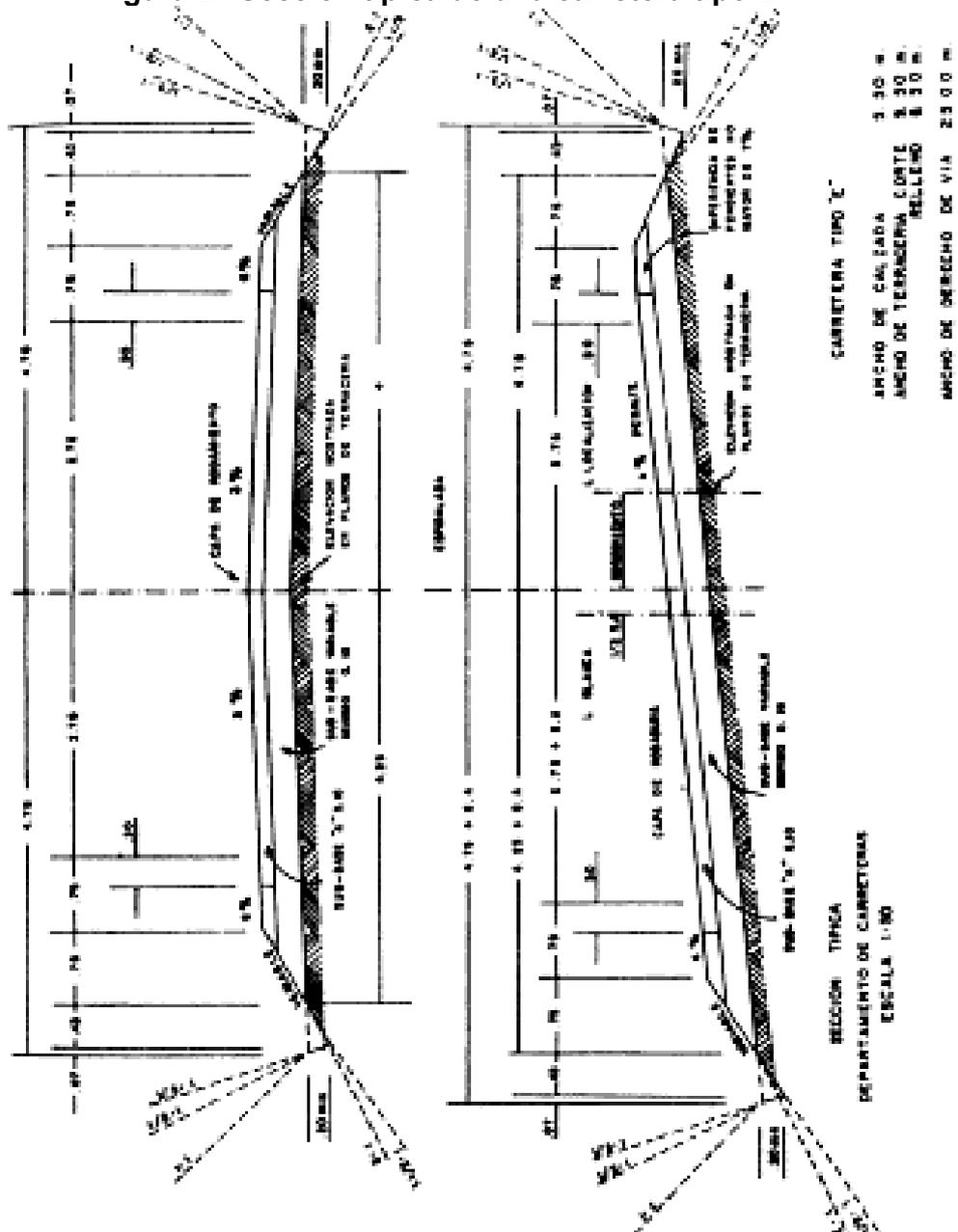


Fuente: Pérez Méndez, Augusto René. Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería 1989. Pág. 29.

Elementos de curva horizontal:

PI	Punto de intersección de la prolongación de las tangentes
PC	Punto donde comienza la curva simple
PT	Punto donde termina la curva circular simple
O	Centro de curva circular
Δ	Ángulo de deflexión de las tangentes
G	Grado de curvatura de la curva circular
R	Radio de curva
ST	Subtangente
E	External
M	Ordenada media
Cm	Cuerda máxima
Lc	Longitud de curva

Figura 2. Sección típica de una carretera tipo E



2.2.3 Peralte y sobre ancho

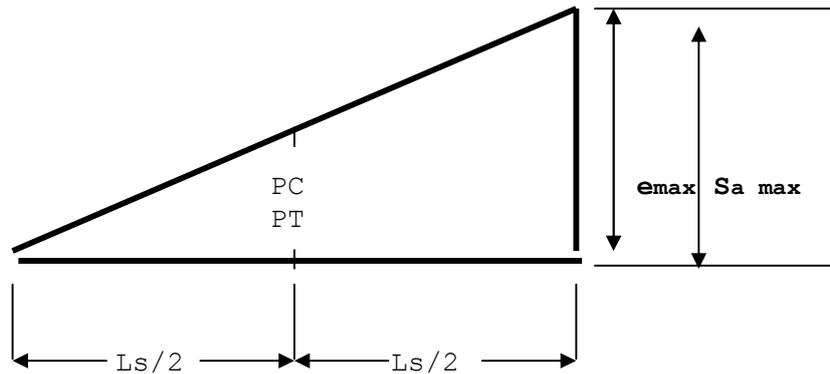
El peralte es la sobre elevación que se le da a la sección transversal en la curva, para contrarrestar la fuerza centrífuga que se produce al trasladarse en un movimiento circular, esta fuerza tiende a desviarlo hacia fuera de su trayectoria normal, o sea fuera de la curva.

El sobre ancho es el ancho adicional proporcionado en las curvas debido a que al circular en ellas, los vehículos ocupan mayor espacio por que aunque los neumáticos sigan la dirección de la curva, la carrocería tiende a seguir tangencialmente al movimiento.

Para los cálculos del peralte y sobre ancho se necesitan las especificaciones del diseño geométrico, donde podremos ver los anchos máximos, dependiendo éstos del tipo de carretera, velocidad de diseño y grado de curvatura.

El peralte y sobre ancho serán repartido proporcionalmente en la longitud de la curva, empezando a partir de PC menos la media longitud de espiral y terminando en el PT más la media longitud de espiral, obteniendo esta longitud de espiral de las especificaciones estando ésta relacionada con el peralte, dependiendo de la velocidad de diseño y el grado de curva. Por repartirse proporcionalmente en el PC y el PT , el peralte y el sobre ancho tendrá la mitad del valor máximo en dichos puntos, la estación donde principia y donde termina la curva espiralada.

Figura 3. Determinación de peralte y sobre ancho



Fuente: Pérez Méndez, Augusto René. Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería 1989. Pág. 43.

Especificaciones:

- e_{max} = Peralte máximo en porcentaje %
- L_s = Longitud de espiral en metros m
- S_a = Sobre ancho máximo
- G = Grado de curva en $^{\circ}$
- V = Velocidad de diseño (K.P.H), carretera tipo "E"
- $CS = PC - L_s/2$ Punto de cambio de círculo a espiral
- $TS = PT - L_s/2$ Punto de cambio de espiral a tangente
- $e = d1 * (e_{max} / L_s) \longrightarrow (K1)$ Peralte para una estación
- $S_a = d2 * (S_a_{max} / L_s) \longrightarrow (K2)$ Sobre ancho para una estación
- $dn = Est\ i - CS$ diferencia entre la estación y punto de cambio de círculo a espiral

El peralte y sobre ancho se calcula igual para cada estación, ningún peralte o sobre ancho debe ser mayor que el máximo.

2.2.4 Cálculo de corrimientos

El corrimiento es el desplazamiento radial, que es necesario darle hacia adentro a la curva circular para darle cabida a la espiral.

Para el corrimiento de cada estación en las curvas se tienen gráficas con los grados de curva según las velocidades de diseño, por lo tanto, sólo se leen los corrimientos según la distancia a que esté la estación deseada del **PC** o el **PT**, tomando los corrimientos al lado izquierdo de estos puntos para las estaciones que estén dentro de la curva, al analizar la fórmula se percibe cuenta que dicho corrimiento permanece después de media longitud espiral. Las gráficas de corrimientos sólo son una solución gráfica de la ecuación que resuelve la definición de la **ESPIRAL DE EULER**.

Corrimiento desde **PC** a **PT**:

$$X = L/100 [(100-0.3046) (L^2 * G / Ls * 40)^2]^{10-2} + [(0.4296 (L^2 * G / Ls * 40)^4)^{10-7}]$$

$$Y = L^3 * G / (6,896.5517 * Ls)$$

Corrimiento del principio de la **Ls** al **PC** y de **PT** al final de la **Ls**.

$$C = \sqrt{(X^2 + Y^2)}$$

L = Est i - Est donde principia la **Ls**

G = Grado de curva

Ls = Longitud de espiral

Ver las tablas II, III y IV para valores de diseño

Tabla II. Peralte, longitudes de transición y deltas mínimos

Gr	RADIO	30 K.P.H.			40 K.P.H.			50 K.P.H.			60 K.P.H.			70 K.P.H.			80 K.P.H.			90 K.P.H.			100 K.P.H.			110 K.P.H.			120 K.P.H.		
		Db	e %	Ls	Db	e %	Ls	Db	e %	Ls	Db	e %	Ls	Db	e %	Ls	Db	e %	Ls	Db	e %	Ls	Db	e %	Ls	Db	e %	Ls			
1	###	BM	#	00'51"	BM	#	01'09"	BM	#	01'24"	#	01'42"	#	01'57"	#	02'15"	#	02'30"	#	02'48"	#	03'06"	#	03'21"	#	03'36"	#	03'51"	#	04'06"	
2	572.96	BM	#	01'42"	BM	#	02'18"	#	02'48"	#	03'24"	#	03'54"	#	04'30"	#	04'30"	#	05'06"	#	05'24"	#	06'00"	#	06'24"	#	07'00"	#	07'24"	#	08'00"
3	381.97	BM	#	02'33"	BM	#	03'27"	#	04'12"	#	05'06"	#	05'36"	#	06'00"	#	06'00"	#	06'36"	#	06'36"	#	07'12"	#	07'36"	#	08'12"	#	08'36"	#	09'12"
4	286.48	#	#	03'24"	#	#	04'36"	#	#	05'36"	#	#	07'00"	#	#	09'48"	#	#	13'00"	#	#	17'45"	#	#	#	#	#	#	#	#	
5	229.18	#	#	04'15"	#	#	05'45"	#	#	07'00"	#	#	10'30"	#	#	14'30"	#	#	17'45"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
6	190.99	#	#	05'06"	#	#	06'54"	#	#	09'36"	#	#	14'24"	#	#	19'12"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
7	163.70	#	#	05'57"	#	#	08'24"	#	#	12'57"	#	#	18'54"	#	#	23'27"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
8	143.24	#	#	06'48"	#	#	10'00"	#	#	16'24"	#	#	23'12"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
9	127.32	#	#	07'39"	#	#	12'36"	#	#	20'15"	#	#	27'0"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
10	114.59	#	#	08'30"	#	#	15'30"	#	#	24'30"	#	#	30'30"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
11	104.17	#	#	09'21"	#	#	18'09"	#	#	28'03"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
12	95.49	#	#	11'24"	#	#	21'36"	#	#	31'48"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
13	88.15	#	#	13'00"	#	#	24'42"	#	#	35'45"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
14	81.85	#	#	15'24"	#	#	28'00"	#	#	39'12"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
15	76.39	#	#	17'15"	#	#	31'30"	#	#	42'00"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
16	71.62	#	#	20'00"	#	#	35'12"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
17	67.41	#	#	22'06"	#	#	38'15"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
18	63.66	#	#	24'18"	#	#	42'18"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
19	60.31	#	#	27'33"	#	#	45'36"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
20	57.30	#	#	30'00"	#	#	49'00"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
21	54.57	#	#	33'36"	#	#	51'27"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
22	52.09	#	#	35'12"	#	#	55'00"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
23	49.82	#	#	39'06"	#	#	63'33"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
24	47.75	#	#	42'00"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
25	45.84	#	#	45'00"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
26	44.07	#	#	48'06"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
27	42.44	#	#	49'57"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
28	40.93	#	#	53'12"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
29	39.51	#	#	56'33"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
30	38.20	#	#	60'00"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
31	36.97	#	#	63'33"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
32	35.81	#	#	65'36"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
33	34.73	#	#	69'18"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
34	33.70	#	#	71'24"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
35	32.74	#	#	75'15"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
36	31.83	#	#	77'24"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
37	30.97	#	#	81'24"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	
38	30.16	#	#	83'36"	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	#	

- 1) El peralte fue calculado según el método "4" recomendado por la AASHO.
 - 2) El peralte se repartió proporcionalmente a la longitud de la espiral usada, debiendo ser el PC y PT el punto medio de dicha espiral.
 - 3) En las curvas con peralte calculado menor que la pendiente del bombeo se recomienda usar peralte la pendiente del bombeo.
 - 4) El peso del bombeo al 0% en el principio o el final de la espiral (TS o ST) debe hacerse proporcionalmente a la distancia Db; esta distancia se calcula en base al bombeo, el ancho del asfalto y la mitad de la pendiente de desarrollo del peralte sin embargo se recomienda usar las que aparecen en este cuadro que son las correspondientes a un bombeo de 3%, un ancho asfáltico de 7.20 metros y la mitad de las pendiente indicadas.
 - 5) Las longitudes de espiral fueron calculadas según las pendientes de desarrollo del peralte indicadas arriba y recomendadas por AASHO.
 - 6) Los mínimos valores de longitud de espiral son los correspondientes a las distancias recorridas en 2 segundos a la velocidad de diseño.
- A. Pollock Geometric Design of Rural Highways American Association of State Highway Officials 3ra. Impresión.

Fuente: Pérez Méndez, Augusto René. Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería 1989. Pág. 85.

Tabla III. Valores de diseño para sobre anchos de pavimentos en curvas

SOBRE ANCHO EN METROS PARA ANCHOS DE CALZADA EN METROS Y VELOCIDADES EN K.P.H. PARA CARRETERAS DE DOS		6.00 TIPICA "D"										6.00 TIPICA "C"										6.00 TIPICA "C"																				
		5.50 TIPICA "E"			6.00 TIPICA "D"			6.00 TIPICA "C"			6.00 TIPICA "C"			6.00 TIPICA "C"			6.00 TIPICA "C"			6.00 TIPICA "C"			6.00 TIPICA "C"			6.00 TIPICA "C"																
ANCHO CALZADA	VELOCIDAD	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	40	50	60	70	80	90	100	110	120	40	50	60	70	80	90	100	110	120	40	50	60	70									
G°																																										
1°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN							
2°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN						
3°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN					
4°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN					
5°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN				
6°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN				
7°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN			
8°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN			
9°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN			
10°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN		
11°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN		
12°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN		
13°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
14°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
15°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
16°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
17°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
18°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	
19°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
20°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
21°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
22°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
23°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
24°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
25°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
26°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
27°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
28°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
29°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
30°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
31°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
32°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
33°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
34°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
35°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
36°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
37°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN
38°		###	###	###	###	###	###	###	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	###	###	###	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN	AN

1) Los sobre anchos fueron calculados de acuerdo a especificaciones de la AASHO
 2) El sobre ancho se repartira proporcionalmente a la longitud de la espiral usada, midiendo en el PC o PT el punto medio de dicha espiral.
 3) Sobre las lineas horizontales los valores calculados fueron menores de 0.60 m, pero mayores que 0.30 m, en caso de ser menores de 0.30 m, no se usara sobre ancho.
 4) Para ancho de calzada de 7.20 m, y velocidades mayores de 70 K.P.H. Las curvas no seran sobre

Figura 4. Relación velocidad de marcha y de proyecto

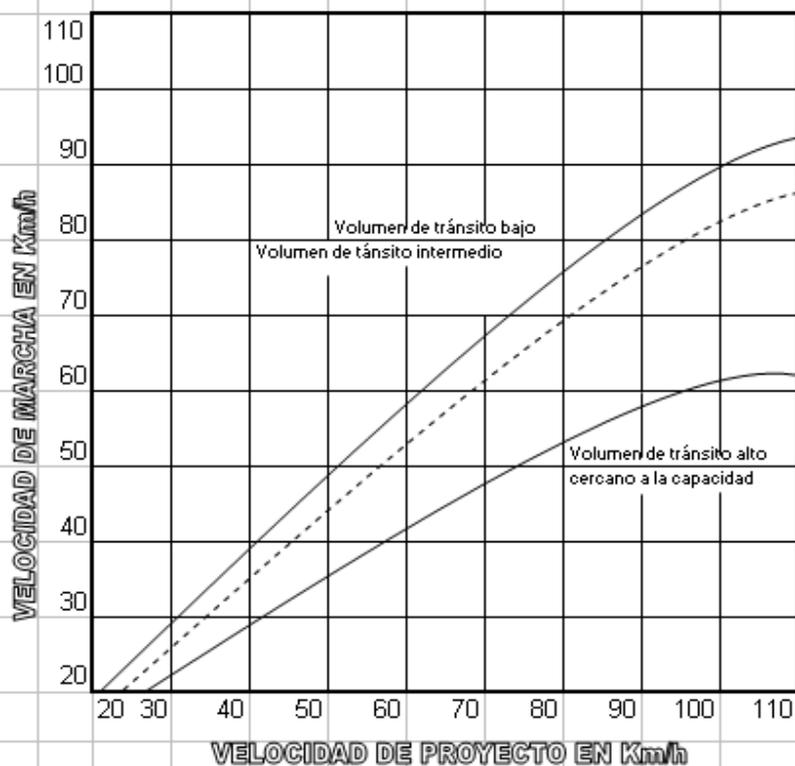


Tabla IV. Relaciones entre velocidad de marcha y de proyecto

VELOCIDAD DE PROYECTO km/h	VELOCIDAD DE MARCHA, EN km/h		
	VOLUMEN DE TRÁNSITO BAJO	VOLUMEN DE TRÁNSITO INTERMEDIO	VOLUMEN DE TRÁNSITO ALTO
25	24	23	22
30	28	27	26
40	37	35	34
50	46	44	42
60	55	51	48
70	63	59	53
80	71	66	57
90	79	73	59
100	86	79	60
110	92	85	61

Fuente: SCT, Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, México 1974. Pág. 105.

2.3 Alineamiento vertical

El alineamiento vertical es la proyección sobre un plano vertical del desarrollo del eje de la subcorona. Está compuesta por tangente, y curvas verticales, la finalidad de una curva vertical es proporcionar suavidad al cambio de una pendiente a otra, estas curvas pueden ser circulares, parabólicas. El departamento de carreteras de la **D.G.C.**, utiliza las parabólicas simples debido a la facilidad de su cálculo y a su gran adaptación a las condiciones necesarias de operación. Al momento de diseñar, se deben considerar las longitudes mínimas permisibles de curvas, con el objeto de evitar el traslape de las mismas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores.

2.3.1 Tangente

Las tangentes se caracterizan por su longitud y su pendiente y están limitadas por dos curvas sucesivas. La longitud de una tangente es la distancia medida horizontalmente entre el fin de la curva anterior y el principio de la siguiente, se representa como T_v , la pendiente de la tangente es la relación entre el desnivel y la distancia entre dos puntos de la misma. Al punto de intersección de dos tangentes consecutivas se le denomina **PIV**, y a la diferencia algebraica de pendientes en ese punto se le representa por la letra **A**.

1. Pendiente gobernadora. Es la pendiente media que teóricamente puede darse a la línea subrasante para dominar un desnivel determinado, en función de las características del tránsito y la configuración del terreno; la mejor pendiente gobernadora para cada caso será aquella que al conjugar esos conceptos, permita obtener el mejor costo de construcción, conservación y operación. Sirve de norma reguladora a la serie de pendientes que se deban proyectar para ajustarse en lo posible al terreno.

2. Pendiente máxima. Es la mayor pendiente que se permite en el proyecto. Queda determinada por el volumen y la composición del tránsito previsto y la configuración del terreno. La pendiente máxima se empleará, cuando convenga desde el punto de vista económico, para salvar ciertos obstáculos locales tales como cantiles, fallas y zonas inestables, siempre que no se rebase la longitud crítica.

La **AASHO** recomienda que para caminos principales las pendientes máximas no excedan a las dadas en la tabla V. Para caminos secundarios, con escaso volumen de tránsito, las pendientes dadas en la tabla pueden incrementarse hasta en dos por ciento.

Tabla V. Relación entre pendiente máxima y velocidad de proyecto (caminos principales)

Tipo de terrenos	Porcentaje en pendientes máximas para diversas velocidades de proyecto, Km/h.						
	50	60	70	80	90	100	110
Plano	6	5	4	4	3	3	3
Lomerío	7	6	5	5	4	4	4
Montañoso	9	8	7	7	6	5	5

Fuente: SCT, Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, México 1974. Pág. 352.

3. Pendiente mínima. La pendiente mínima se fija para permitir el drenaje. En los terraplenes puede ser nula; en los cortes se recomienda 0.50% mínimo, para garantizar el buen funcionamiento de las cunetas; en ocasiones la longitud

de los cortes y la precipitación pluvial en la zona podrá llevar a aumentar esa pendiente mínima.

4. Longitud crítica de una tangente del alineamiento vertical. Es la longitud máxima en la que un camión cargado puede ascender sin reducir su velocidad, más allá de un límite previamente establecido. Los elementos que intervienen para la determinación de la longitud crítica de una tangente son fundamentalmente: el vehículo de proyecto, la configuración del terreno, el volumen y la composición del tránsito.

2.3.2 Curvas verticales

Las curvas verticales son las que enlazan dos tangentes consecutivas del alineamiento vertical, para que en su longitud se efectúe el paso gradual de la pendiente de la tangente de entrada a la de la tangente de salida. Deben dar por resultado un camino de operación segura y confortable, apariencia agradable y con características de drenaje adecuadas. El punto común de una tangente y una curva vertical en el inicio de ésta, se representa como **PCV** y como **PTV** el punto común de la tangente y la curva al final de ésta.

Al momento de diseñar, se deben considerar las longitudes mínimas permisibles de curvas, con el objeto de evitar el traslape de las mismas, dejando también la mejor visibilidad posible a los conductores. Estas curvas pueden ser calculadas de la siguiente forma.

$$L = K * A$$

L: Longitud mínima de curva vertical (cóncava o convexa para la visibilidad)

K: Constante que depende de la velocidad de diseño

A: Diferencia algebraica de pendientes

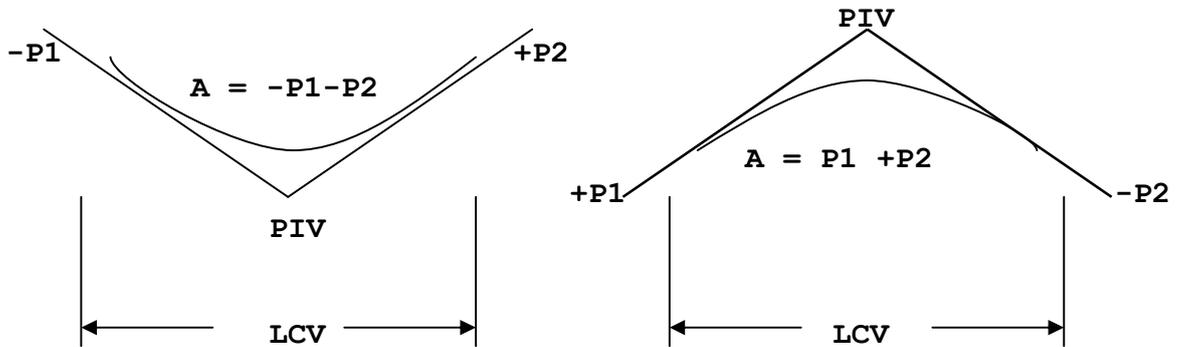
Tabla VI. Valores de K según velocidad de diseño

Velocidad de diseño K.P.H	Valor de "K" según tipo de curva	
	Cóncava	Convexa
10	1	0
20	2	1
30	4	2
40	6	4
50	9	7
60	2	12
70	17	19
80	23	29
90	29	43
100	36	60

Fuente: Pérez Méndez, Augusto René. Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería 1989. Pág. 53.

Para proyectos, el criterio por seguir debe ser el de seguridad, que satisfaga cuando menos la distancia de visibilidad de parada. El criterio de apariencia sólo debe emplearse en caminos de tipo muy especial. Por otra parte, el drenaje siempre debe resolverse, sea con la longitud de curva o modificando las características hidráulicas de las cunetas. De las figuras 6 y 7 se obtienen los datos de la tabla 6, las longitudes de curvas según el criterio de seguridad para satisfacer el requisito de distancia de visibilidad de parada y la longitud mínima de curva, empleando las fórmulas correspondientes a la condición D menor a L , que representa el caso más crítico. La longitud obtenida en las gráficas debe redondearse al número de estaciones de veinte metros inmediato superior.

Figura 5. Tipos de curva verticales



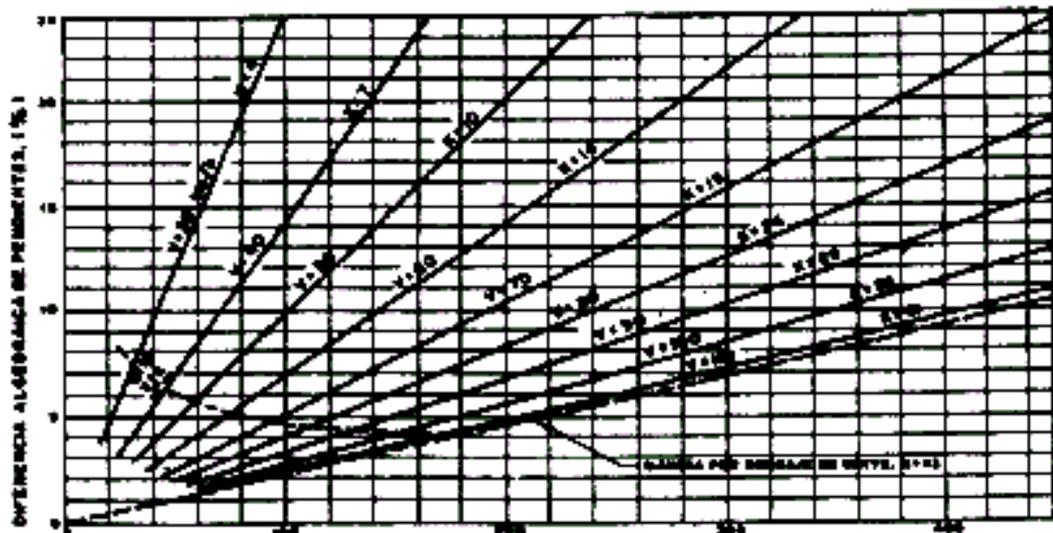
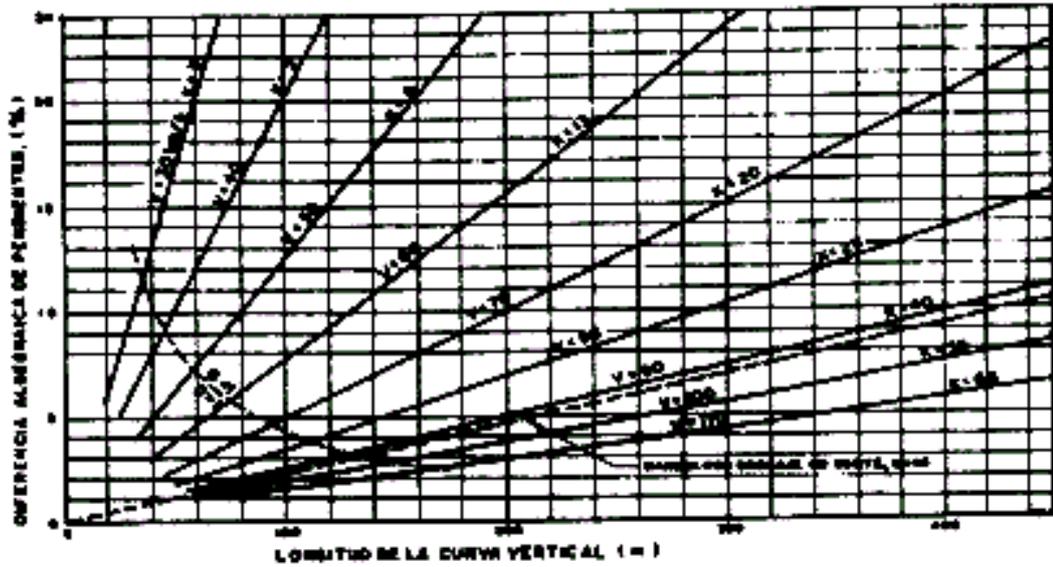
Fuente: Pérez Méndez, Augusto René. Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería 1989. Pág. 53.

Componentes de curva vertical:

- $P1$ = Pendiente de entrada (con su signo)
- $P2$ = Pendiente de salida (con su signo)
- A = Diferencia de pendientes
- LVC = Longitud de la curva vertical
- K = Variación de longitud por unidad de pendiente: $K = LCV/A$
- PIV = Punto de intersección de tangentes

Figuras 6 y 7. Curvas en columpio y cresta para cumplir con la

distancia de visibilidad de parada



Fuente: SCT, Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, México 1974. Pág. 363

2.3.3 Cálculo de corrección de curvas verticales simétricas y asimétricas

1. Curvas simétricas. El cálculo se efectuó por medio de las siguientes fórmulas, cuya deducción está basada en las propiedades de la parábola y se encuentran en el trabajo de investigación del ingeniero Edwin Raúl Barrios Ambrosy (USAC).

$$OM = [(P2 - P1) / 800] * LCV$$

OM = Corrección máxima para cada curva vertical (ordenada máxima)

$$Y = [OM / (LCV/2)^2] * D^2$$

$$Y = K * D^2$$

Y = Corrección para un punto cualquiera

$$D = (Est PI - Est i) - LCV/2$$

(Est PI - Est i) : esta distancia siempre será positiva

2. Curvas asimétricas. Debido a ciertas condiciones se puede usar curvas verticales asimétricas, para proporcionar un mejor acoplamiento a determinada curva vertical simétrica simple. Sin embargo una curva vertical asimétrica se caracteriza porque sus proyecciones horizontales son desiguales. Véanse los elementos de curvas verticales en la figura 8.

$$OM = (\Delta * L1 * L2) / (200 * LCV)$$

$$Y1 = K1 * X1^2$$

$$K1 = (\Delta * L2) / (200 * LVC * L1)$$

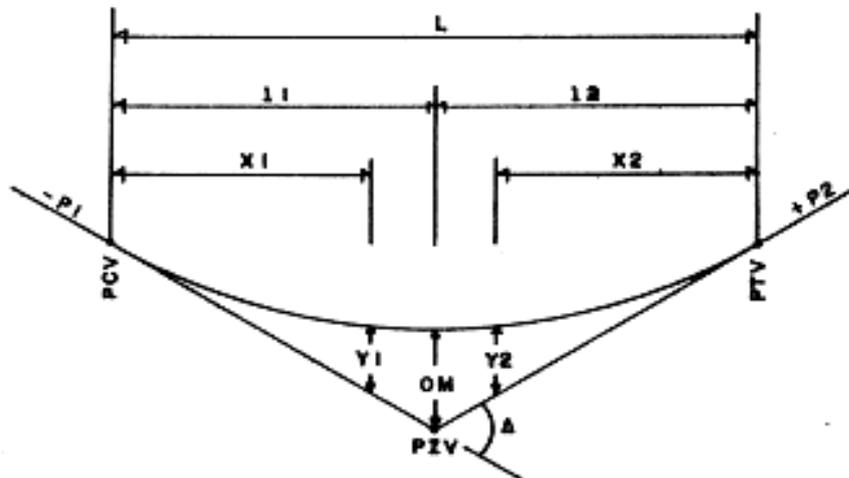
Para elevaciones del PCV al PIV.

$$Y2 = K2 * X2^2$$

$$K2 = (\Delta * L1) / (200 * LVC * L2)$$

Para elevaciones del PIV al PTV.

Figura 8. Elementos de curva vertical



Fuente: Pérez Méndez, Augusto René. Metodología de actividades para el diseño geométrico de carreteras. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de ingeniería 1989. Pág. 59.

Elementos de curvas verticales:

- PIV** Punto de intersección de las tangentes
- PCV** Punto en donde comienza la curva vertical
- PTV** Punto en donde termina la curva vertical
- Δ** Angulo de deflexión de las tangentes
- P1** Pendiente de la tangente de entrada en por ciento
- P2** Pendiente de la tangente de salida en por ciento
- A** Diferencia algebraica entre pendientes de la tangente de entrada y salida
- LCV** Longitud de curva vertical
- L1** Longitud de curva vertical 1
- L2** Longitud de curva vertical 2
- OM** Ordenada media
- K** Variación de longitud por unidad de pendiente, $K = L/A$
- x1** Distancia del **PCV** a un punto cualquiera de la curva
- x2** Distancia del **PTV** a un punto cualquiera de la curva
- y1** Elevación en una distancia **x1**
- y2** Elevación en una distancia **x2**

2.4 Tramos de rebase prohibido de curvas horizontales y verticales

2.4.1 Generalidades

Para los tramos de rebase prohibido en las curvas se indica la línea central discontinua a lo largo de la curva, además, líneas continuas a uno y otro lado de la línea central, de acuerdo con la distancia mínima de visibilidad de rebase.

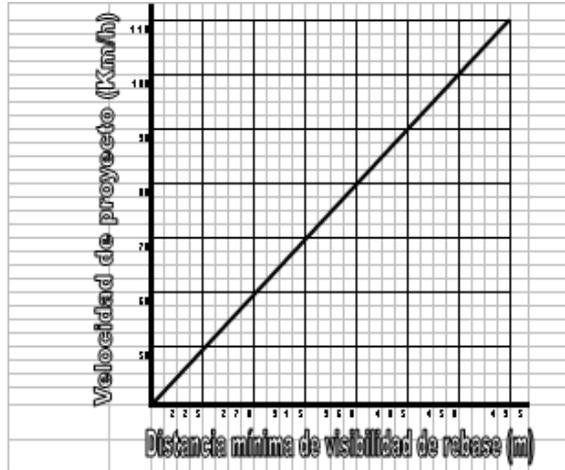
Un tramo de rebase permitido, en una curva horizontal o vertical, se justifica cuando la distancia de visibilidad sea mayor que la mínima necesaria de acuerdo con la velocidad de proyecto del tramo en particular, de la figura 9 se puede determinar la distancia mínima de visibilidad de rebase y tabla VII, el coeficiente de fricción y distancia de frenado.

La distancia de visibilidad de rebase para una curva horizontal, es aquella que se mide entre dos puntos situados al centro de los carriles de circulación, con alturas de 1.20 m. a los ojos de los observadores que efectúan la medición y en línea tangencial a la obstrucción que limita la visibilidad.

En la práctica, la distancia mínima de visibilidad de rebase sobre una curva vertical, es aquella a la cual puede ser visto un objeto que se encuentra a 1.20 m. sobre la superficie del pavimento, desde otro punto a la misma altura sobre la misma superficie.

En una curva se demarcará una zona de rebase prohibido, cuando la distancia de visibilidad disponible sea menor que la obtenida. Mediante las figuras 10, 11 y 12 podemos observar detalladamente las zonas de rebase prohibido.

Figura 9. Determinación de la distancia mínima de visibilidad de rebase



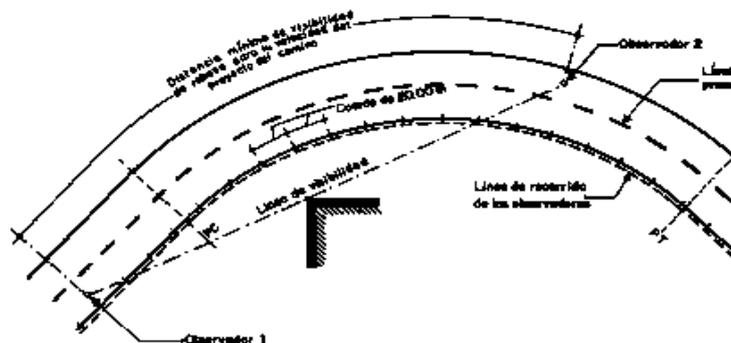
Fuente: STC, Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, México 1986. Pág. 498.

Tabla VII. Coeficiente de fricción y distancia de frenado

VELOCIDAD DE PROYECTO km/h	VELOCIDAD DE MARCHA km/h	Reacción		Coeficiente de fricción	Dist. de frenado m	Distancia de visibilidad	
		Tiempo seg	Distancia m			Calculada m	Redondeada m
30	28	2.5	19.44	0.400	7.72	27.16	25
40	37	2.5	25.69	0.380	14.18	39.87	40
50	46	2.5	31.94	0.360	23.14	55.08	55
60	55	2.5	38.19	0.340	35.03	73.22	75
70	63	2.5	43.75	0.325	48.08	91.83	90
80	71	2.5	49.30	0.310	64.02	113.32	115
90	79	2.5	54.86	0.305	80.56	135.42	135
100	86	2.5	59.72	0.300	97.06	156.78	155
110	92	2.5	63.88	0.295	112.95	176.83	175

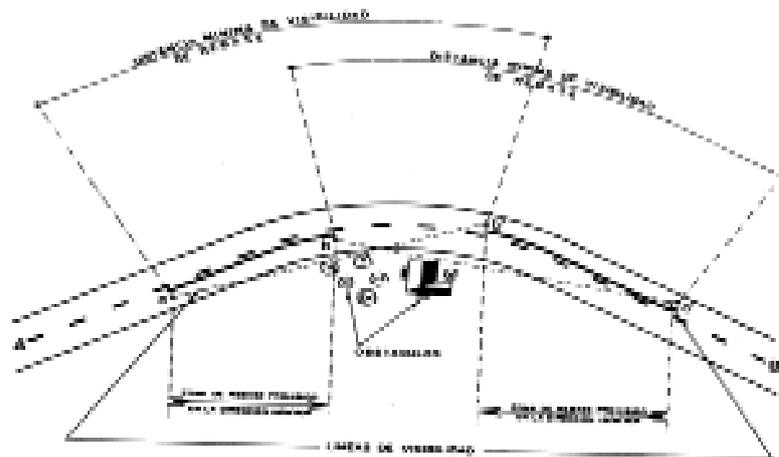
Fuente: SCT, Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras, México 1974. Pág. 114.

Figura 10. Distancia mínima de visibilidad de rebase para velocidad de proyecto del camino



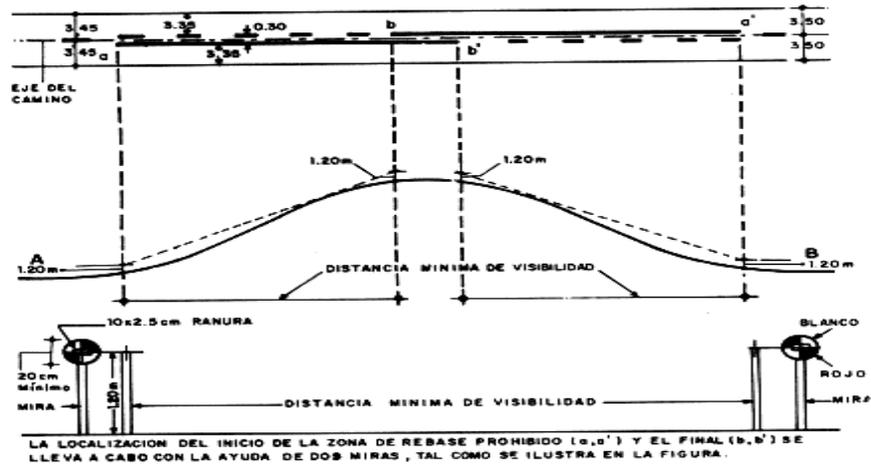
Fuente: STC, Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, México 1986. Pág. 500.

Figura 11. Líneas de visibilidad



Fuente: STC, Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, México 1986. Pág. 501.

Figura 12. Distancia mínima de visibilidad con dos miras



Fuente: STC, Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, México 1986. Pág. 503.

3. DISPOSITIVOS DE CONTROL DEL TRÁNSITO

3.1 Dispositivos de control

Los dispositivos de control del tránsito, sirven para protección e información, así como los objetos que se coloquen sobre la superficie de rodamiento con el fin de regular o canalizar el tránsito e indicar la presencia de obstáculos.

3.1.1 Línea termoplástica central

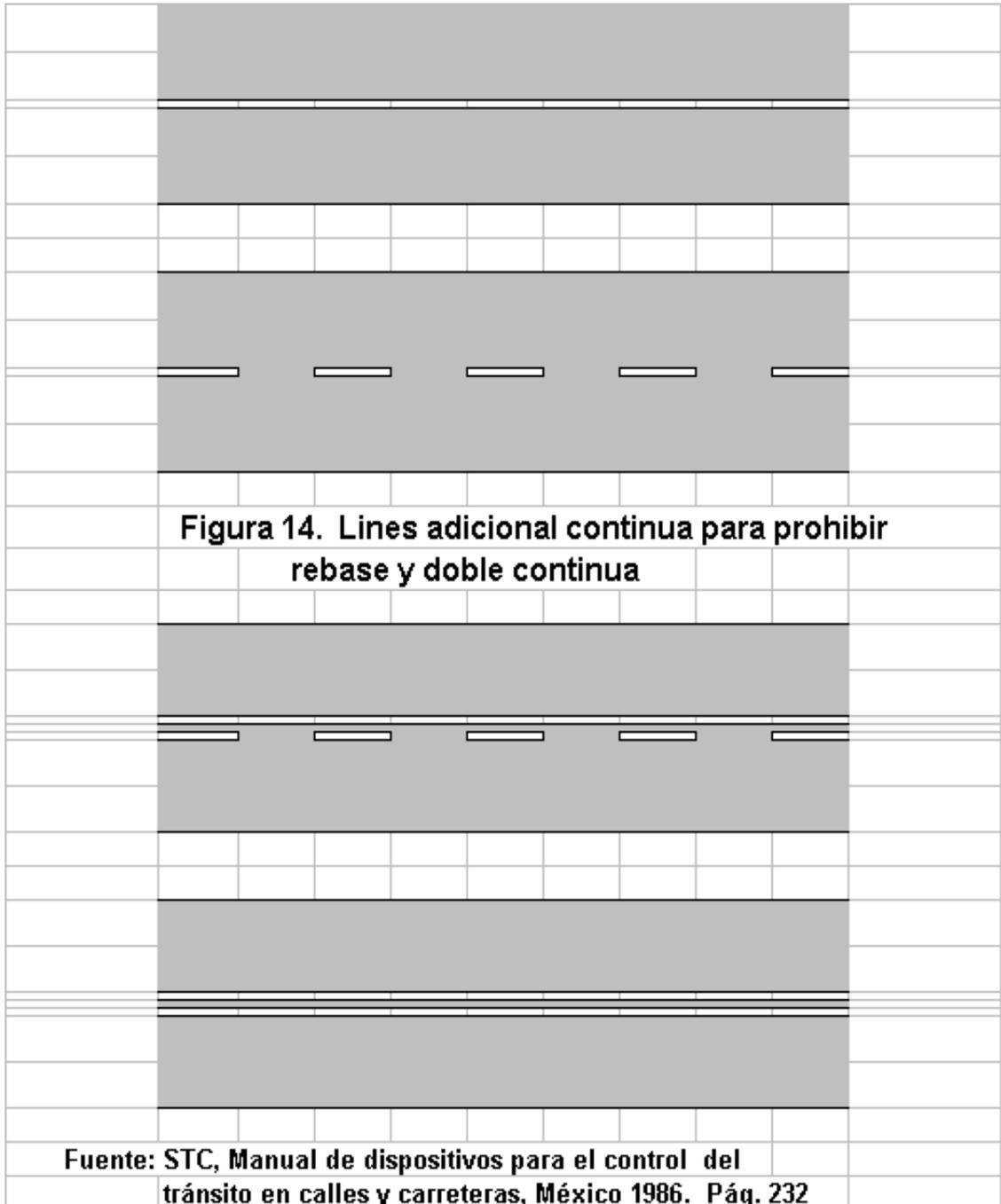
Se utiliza para separar los dos sentidos del tránsito, en una carretera de dos carriles, se deberá situar al centro de la calzada, tanto en tangentes como en curvas, será una faja de 10 cm de ancho pintada o adherida al pavimento de color blanco reflejante y podrá ser continua o discontinua, dependiendo de la velocidad del vehículo, así es la visibilidad de la línea guía, entonces el ancho de la línea dependerá del tipo de carretera, por ejemplo en el periférico de la ciudad el ancho de la faja es de 15 cm.

La línea continua se colocará en aquellos lugares donde la distancia de visibilidad disponible no permite la maniobra de rebase. Cuando estén delimitando carriles especiales para vueltas o exclusivos para la circulación de ciertos tipos de vehículos.

La línea discontinua se colocará en tramos con suficiente distancia de visibilidad de rebase, en módulos de 15.00 m o sea en segmentos de 5.00 m,

separados entre sí 10.00 m. Véase lo como se definen las marcas en las figuras 13 y 14.

Figura 13. Línea central



3.1.1.1 Líneas de alto

Se utilizan en todas las intersecciones donde los conductores deben parar el vehículo, así poder visualizar el movimiento o flujo vial perpendicular a ellos para poder evitar accidentes.

3.1.1.2 Pasos peatonales

Se utilizan en todas las intersecciones donde pueda presentarse confusión entre el movimiento de los vehículos y el de los peatones, así como en algunos otros lugares en donde el movimiento de estos sea considerable. Véase la figura 15 el trazo de las marcas, sus anchos y sus separaciones.

Serán líneas continuas de color amarillo reflejante. En carreteras rurales y vías rápidas urbanas, consistirá en una sucesión de líneas párales de 40 cm; tendrán una longitud que generalmente será igual al ancho de las banquetas entre las que se encuentren situadas pero en ningún caso podrán ser mayores de 4.50 m ni menor de 1.80 m. En calles secundarias consistirán de dos líneas continuas paralelas, transversales a la vía de circulación, con un ancho de 20 cm y de color amarillo reflejante, trazadas a una separación que se determinará generalmente por el ancho de las banquetas entre las que se encuentren situadas, pero en ningún caso dicha separación será menor de 1.80 m ni mayor de 4.50 metros.

3.1.1.3 Líneas canalizadoras

Se emplean como guía para encauzar la circulación en ciertas direcciones, sin provocar interferencias al flujo vehicular. Podrán usarse para formar isletas

en grandes áreas pavimentadas y para canalizar el tránsito en las entradas y salidas de carreteras rurales o vías rápidas urbanas.

Las líneas que delimitan las trayectorias de los vehículos serán sencillas continuas de color blanco reflejante de 10 cm de ancho; en todos los casos, formarán ya sea una isleta o una zona neutral de aproximación a la isleta o faja separadora. Dicha zona deberá marcarse con líneas diagonales con una inclinación de 45° de manera que el conductor al pretender invadir esta área, encuentre la línea perpendicular a su movimiento, de esta forma, cuando la zona se ubique entre los dos sentidos del tránsito, la diagonal tendrá una sola inclinación y cuando se localice entre trayectorias de un solo sentido tendrán dos inclinaciones, formándose una marca, como podemos ver en las figuras 16 y 17.

Las líneas inclinadas colocadas en la zona neutral serán continuas, de color blanco reflejante, con un ancho de 20 cm separadas entre sí 2.00 m. La longitud de la zona neutral en la aproximación a los extremos de fajas separadoras o isletas centrales será de 50.00 m como mínimo. En las isletas canalizadoras, esta longitud quedará definida por las trayectorias de los movimientos que divergen o convergen.

En todas estas zonas, las marcas se complementarán con dispositivos, tales como: vialetas o botones de superficie lisa con la estructura de plástico resistente y color blanco, con reflejante color amarillo, fijándose por medio de anclas o adhesivos, espaciados a cada 2.00 m sobre las líneas que delimitan estas zonas. También será conveniente colocar bordos de concreto en la misma posición que las líneas diagonales, en la mitad de la zona neutral más cercana a la isleta, con la finalidad de advertir la presencia de la misma a los conductores que llevan una trayectoria errónea.

3.1.1.4 Líneas de parada

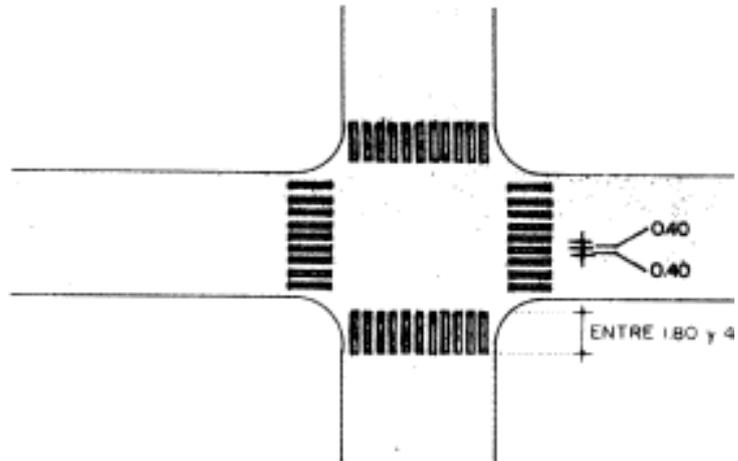
Estas se emplearán donde sea importante indicar el lugar en que se requiera con una señal de alto. Las líneas de parada se trazan por lo general paralelamente a las de cruce de peatones más próximas y a una distancia de 1.20 m antes de las mismas. En caso de no existir líneas para cruce de peatones, las de parada se ubicarán en el lugar preciso en el que deban detenerse los vehículos, el cual no quedará en ningún caso a más de 9.00 m ni a menos de 1.20 m de la orilla más próxima de la vía de circulación que cruzan. Si la línea de parada se usa junto con una señal de alto, ésta deberá colocarse alineada con la línea, veamos la figura 18.

Deberán ser continuas de color blanco reflejante y su ancho podrá variar de 40 cm en las calles hasta 60 cm en carreteras rurales y vías rápidas urbanas. Se trazarán cruzando todos los carriles que tenga tránsito en el mismo sentido.

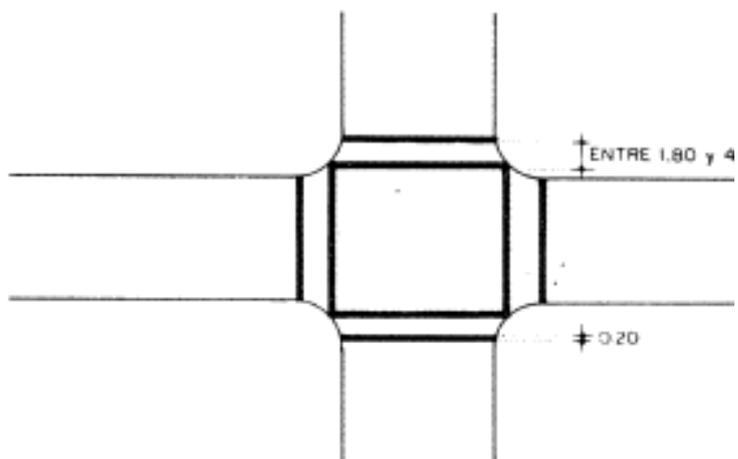
3.1.1.5 Cruce de ferrocarriles

Se usarán para advertir la proximidad de un cruce a nivel con una vía de ferrocarril, deberán ser blancas reflejantes y consistirán en una **X** con las letras **F** y **C**, una a cada lado de la misma, una línea central sencilla continua y líneas transversales. El símbolo **FXC** deberá pintarse en cada carril antes del cruce, en el sentido del tránsito. Como puede verse en la figura 19.

Figura 15. Líneas para cruce de peatones.

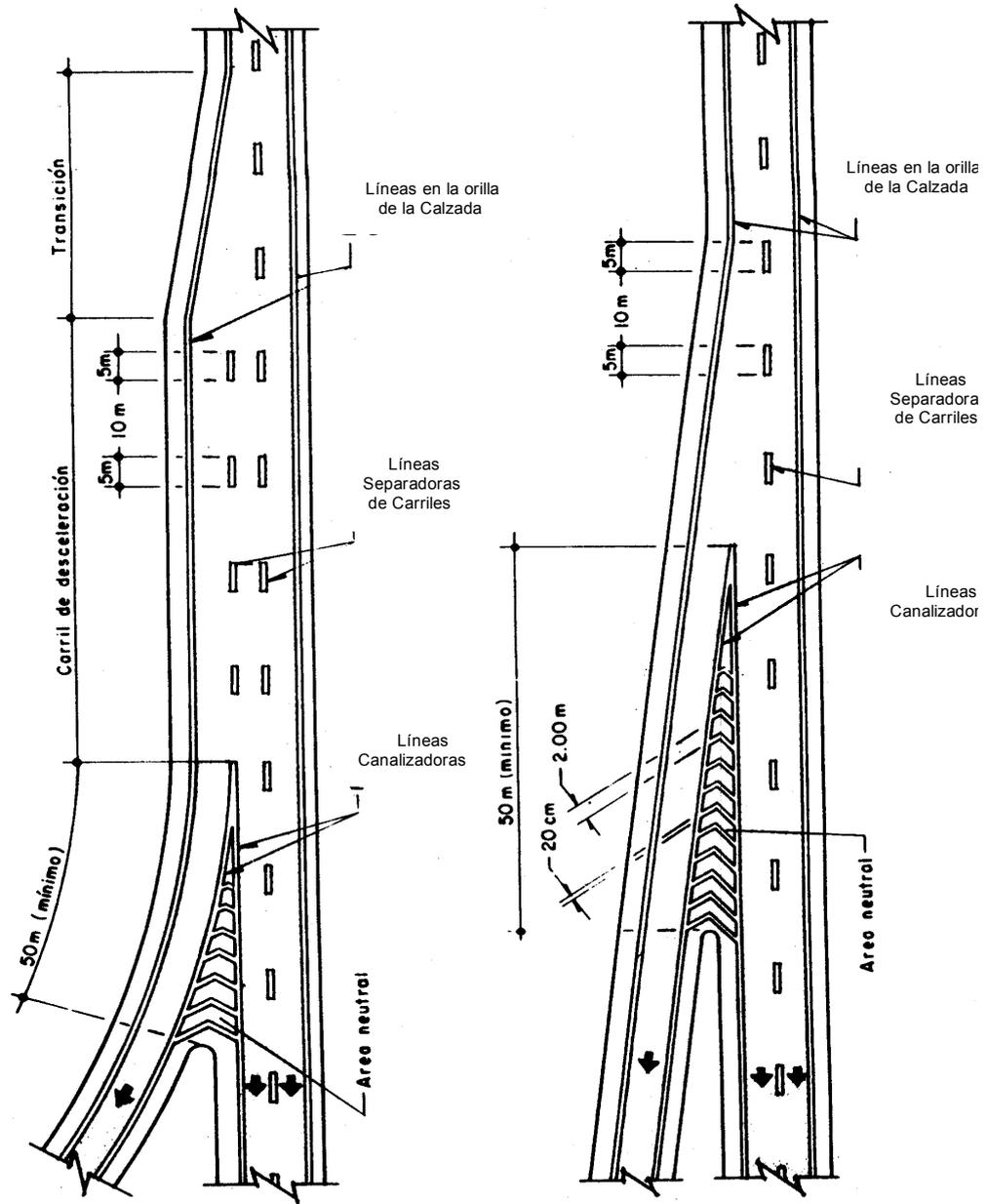


CARRETERAS RURALES Y VÍAS RÁPIDAS URBANAS



Fuente: STC, Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, México 1986. Pág. 240.

Figura 16. Carril de desaceleración en paralelo y directo

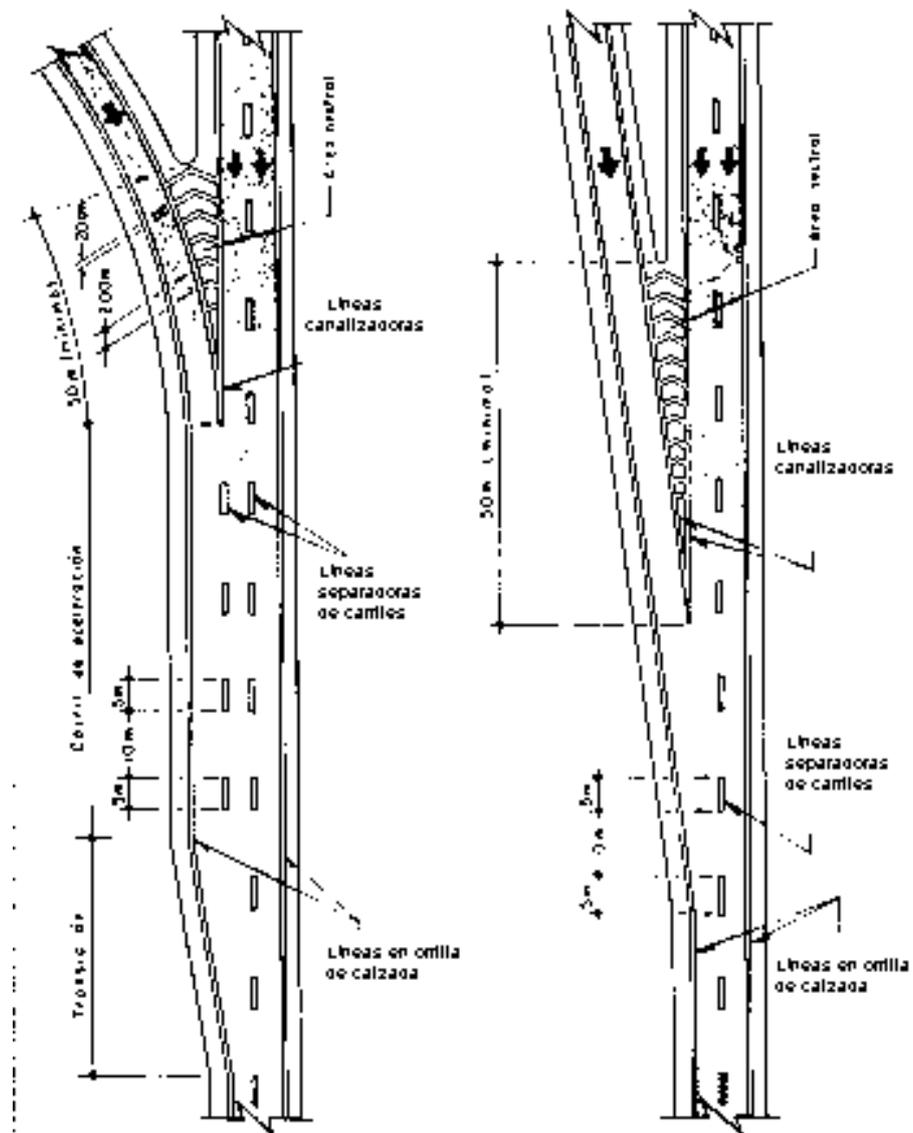


Carril de desaceleración en paralelo

Carril de desaceleración en directo

Fuente: STC, Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, México 1986. Pág. 236.

Figura 17. Carril de aceleración en paralelo y directo



Carril de aceleración en paralelo

Carril de aceleración directo

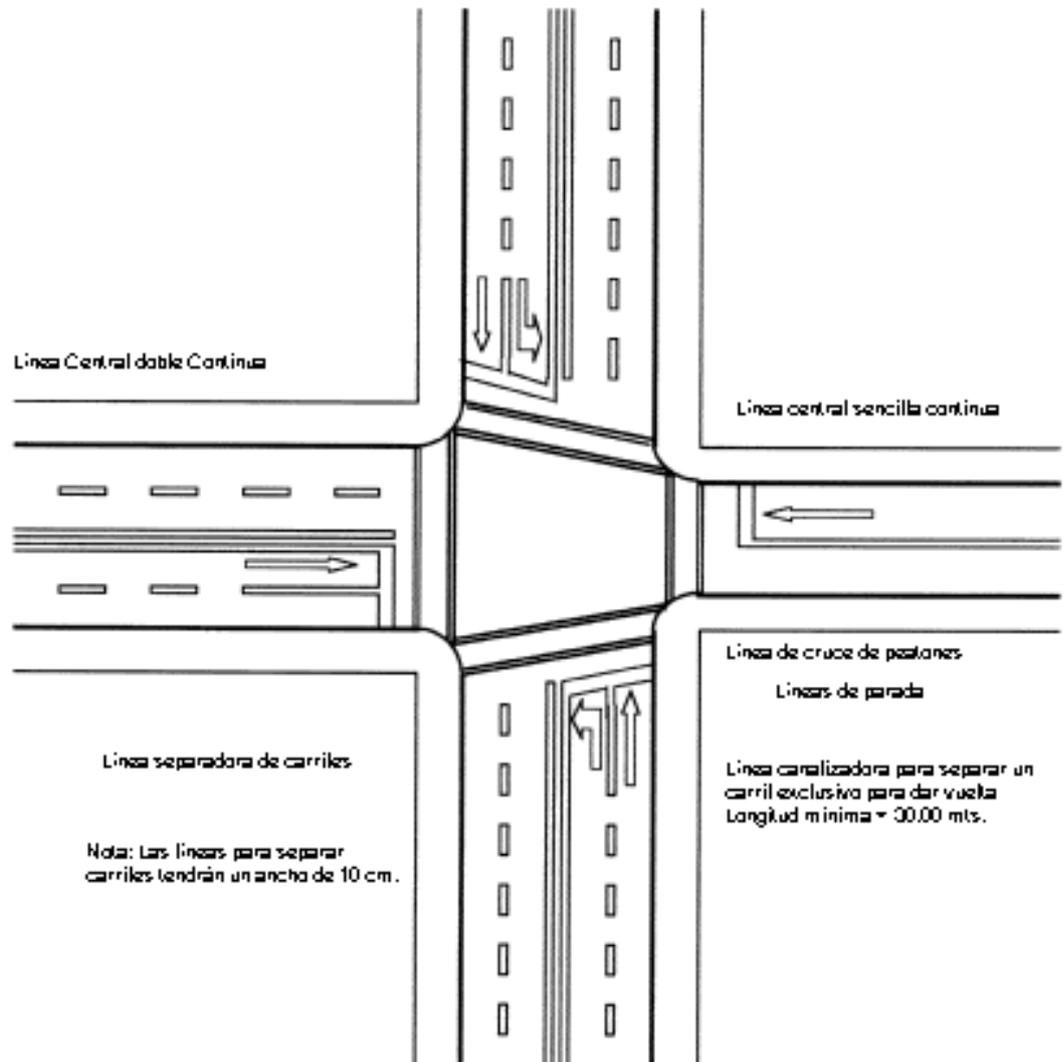
Fuente: STC, Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, México 1986. Pág. 237.

En caminos de dos o más carriles de un mismo sentido de tránsito deberá pintarse el símbolo **FXC** en cada carril. En caminos con línea central, las líneas transversales deberán tener una longitud igual al semiancho de la carpeta, en caminos con faja separadora central deberán pintarse desde la faja hasta la orilla de la carpeta, abarcando todos los carriles de un mismo sentido de tránsito. En zonas urbanas se ajustará a las necesidades del lugar.

3.1.1.6 Vialita

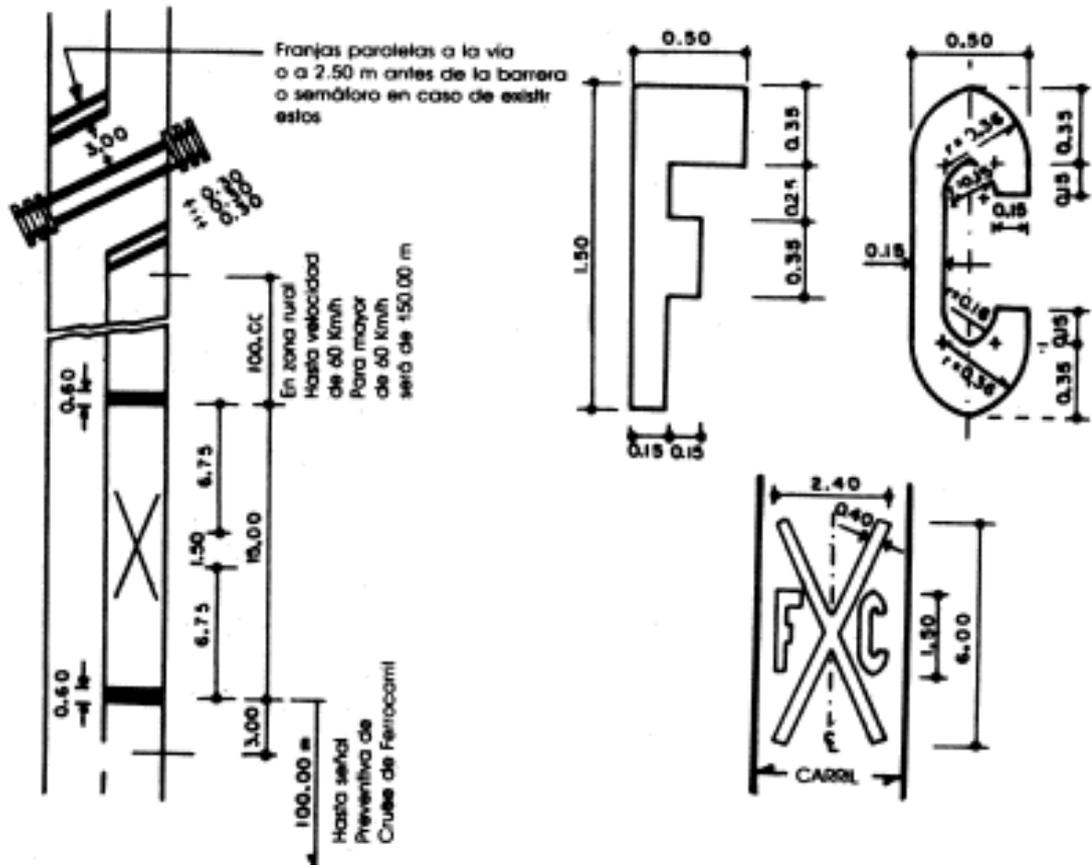
Se utilizará para complementar las marcas sobre el pavimento, en segmentos ya definidos, su estructura será de plástico resistente con superficie lisa, su colocación será por medio de anclas o adhesivos como el termoplástico, no deberá sobresalir más de 2 cm del pavimento. Estos dispositivos llevarán un elemento reflejante de color blanco, amarillo o rojo, en una o ambas caras, según el caso y de frente al sentido del tránsito.

Figura 18. Diversos tipos de líneas y marcas en el pavimento en aproximación a una intersección



Fuente: STC, Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, México 1986. Pág. 238.

Figura 19. Señales en cruce de ferrocarriles



Fuente: STC, Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, México 1986. Pág. 241.

Tabla VIII. Ubicación, color y colocación de violetas

Clave	Tipo de Marca Nombre	Violetas		
		Ubicación	Reflejante Color Colocación	
M-4	Línea central sencilla continua	A cada 10.00 m a partir del inicio de la zona marcada	Rojo	En dos caras
	Línea central sencilla discontinua	Al centro de cada segmento sin marcar de 10.00 metros.	Blanco	En dos caras
M-6	Línea central doble continua	A cada 10.00 m en medio de las dos Líneas	Rojo	En dos caras
		A cada 10.00 m desde el inicio de la línea continua	Rojo	Una sola cara
M-7	Líneas separadoras de carriles	Al centro de cada segmento sin marcar en línea discontinuos	Blanco	Una sola cara
		A cada 10.00 m en líneas para delimitar carriles exclusivos	Rojo	En dos caras
M-8	Líneas en las orillas de la calzada	A cada 15.00 metros	Amarillo	en la cara al tránsito
			Rojo	En contrasentido
M-9	Líneas canalizadoras	A cada 2.00 m sobre la línea que delimita la zona central	Amarillo	Una sola cara

Fuente: STC, Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, México 1986. Pág. 275.

La ubicación, color y colocación del reflejante de estos dependerá del tipo de marca en el camino, como ejemplo si el tipo de marca es líneas canalizadoras; la ubicación será a cada 2.00 m sobre la línea que delimita la zona neutral, de color amarillo con reflejante a una sola cara. Según tabla VIII.

3.2 Dispositivos de encauzamiento

3.2.1 Bollas metálicas

Estos se usarán para complementar las marcas sobre el pavimento en segmento ya definidos, sea sobre la línea separadora de carriles, en carretera al atlántico puede verse un ejemplo de sus aplicaciones. Su estructura es de metal con forma semi-esférica (o lomo de tortuga) y superficie lisa pintada de color amarillo, estas se fijarán por medio de anclas (clavos acerados) o adhesivos. El

uso de estos tiene como propósito regular el tránsito y proporcionar advertencias a los conductores que rebasan sobre la línea central doble continua.

Estos también son colocados a lo ancho de una calzada, en diversos puntos donde se encuentre una intersección de caminos con otro de mayor importancia y en salidas de emergencia, con el propósito de canalizar el tránsito e indicar la presencia de obstáculos así disminuir la velocidad de los vehículos. Un ejemplo claro puede verse sobre la avenida hincapié zona 13 frente a la Fuerza Aérea.

3.2.2 Vibradores

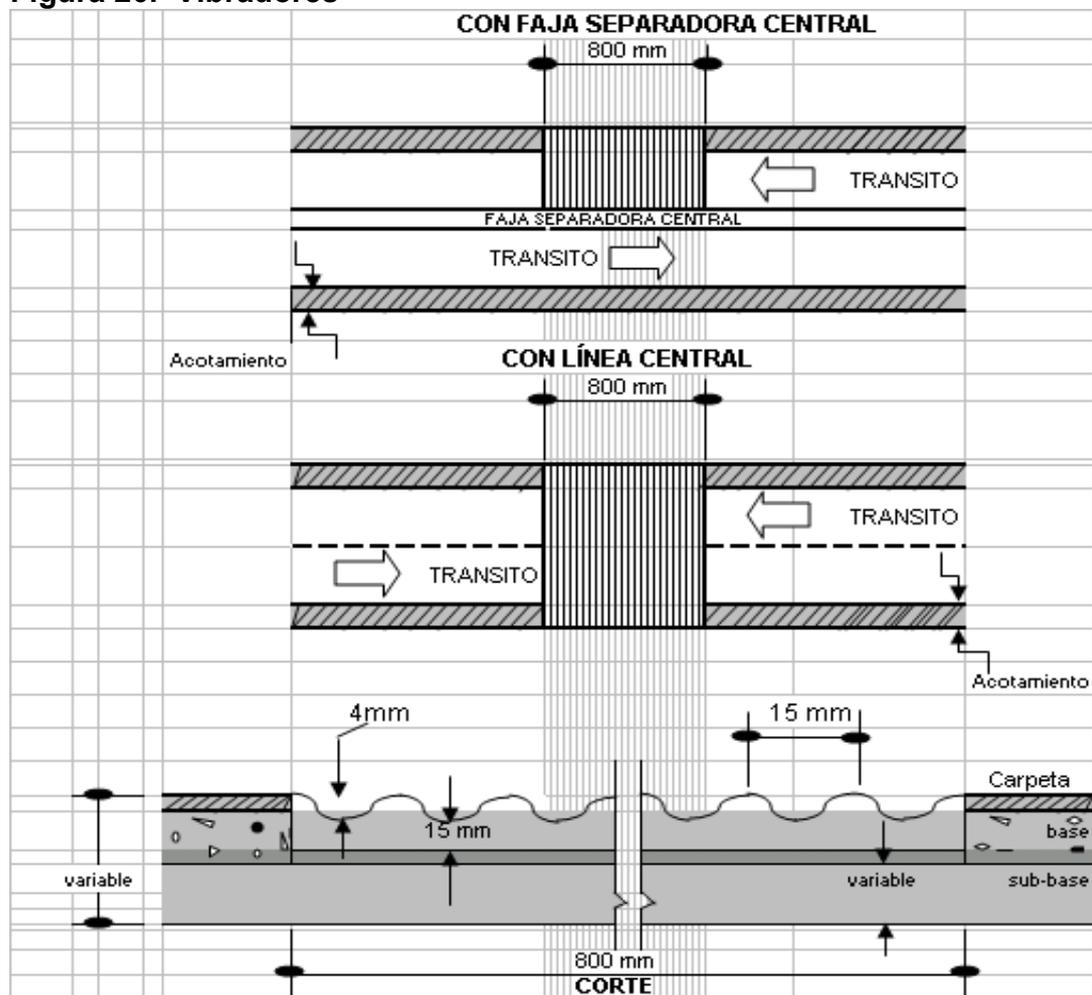
Se construyen para anunciar la llegada a una garita de control, antes de un cruce a nivel con el ferrocarril o en caminos secundarios, en un entronque con otro de mayor importancia y en lugares donde se puedan presentar accidentes. Su objetivo principal será advertir a los conductores, mediante la vibración y el ruido que se produce al cruzarlos.

Son estructuras onduladas de concreto hidráulico simple, construidas perpendicularmente al eje de una vía de circulación y sin sobresalir de la superficie de la carpeta asfáltica, se fabrican a todo lo ancho de la corona. En carreteras con faja separadora, se construyen desde el hombro de la carretera al límite de la corona, la figura 20 muestra los casos que se pueden dar en la construcción de vibradores.

3.2.2.1 Vibradores de hule

Similares a los de concreto, estos se componen de una faja de hule con un ancho definido por el diseñador, son de un material resistente al desgaste similar al neopreno se fijará con un adhesivo especial, a todo el ancho de una calle secundaria, indicando un alto y peligro por la intersección de una calle principal.

Figura 20. Vibradores



Fuente: STC, Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, México 1986. Pág. 279.

4. DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD VIAL

4.1 Dispositivos de seguridad

A diferencia de los dispositivos control, estos indican la presencia de obstáculos y sirven para alinear el tránsito, complementan la estructura de una carretera, previniendo así la seguridad de los conductores y vehículos que circulan en ella.

4.1.1 Indicadores

Se utilizan como complemento de la seguridad y señalamiento en la carretera, cuando ocurren cambios bruscos de alineamiento o cambios peligrosos.

4.1.1.1 Indicadores de obstáculos

Se ubican a la par del barandal de ambos lados de un puente o depende de las condiciones del campo y así indicar la presencia del obstáculo al que se aproxima con el propósito de llamar la atención del conductor. Se utilizarán donde se separen dos o más vías y frente a los obstáculos en general, estos tendrán un ancho de 30 cm.

Un indicador de obstáculos como ejemplo a la llegada de un puente, consiste en un tablero de 30 x 122 cm colocado en posición vertical, con franjas alternadas en colores blanco reflejante y negro, de 10 cm de ancho, inclinadas a

45° descendiendo hacia la derecha, si se ubican a la derecha del tránsito, y la inclinación bajando hacia la izquierda, cuando se ubiquen a la izquierda del tránsito.

En separaciones de vías, se utilizará un tablero 61 x 122 cm con franjas alternadas en colores blanco y negro, de 10 cm de ancho, inclinadas a 45° subiendo en la dirección del tránsito a partir del eje vertical de simetría del tablero.

La altura entre la parte inferior del tablero y la superficie de acotamiento del camino será de 20 cm. Ver figura 21.

4.1.1.2 Indicadores de alineamiento

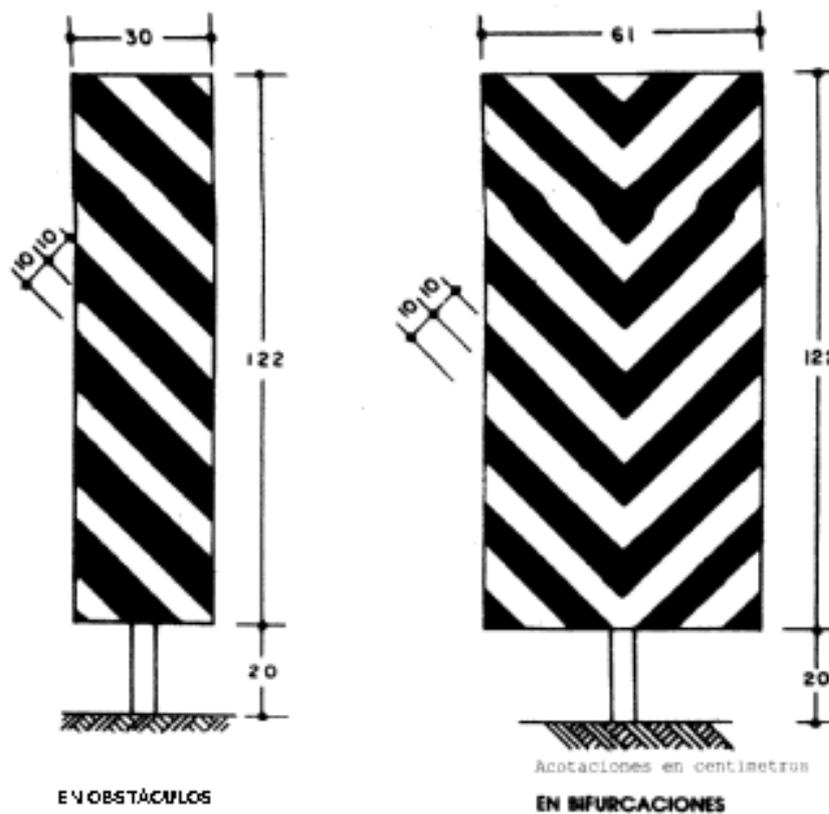
Son utilizados para delinear la orilla de una vía de circulación, en cambios de alineamiento horizontal, para señalar los extremos de muros de cabeza de alcantarillas y para marcar estrechamientos de una vía de circulación.

Son postes de color blanco de 1.00 m de longitud libre, sobresaliendo 75 cm del hombro del camino, con una franja reflejante cerca de su extremo superior. Se colocarán en las curvas horizontales, en el lado exterior, desde el principio de la transición de entrada hasta el final de la transición de salida, de acuerdo con las separaciones que se indican en las figuras 22 y 23.

En los casos de estrechamiento del camino los indicadores de alineamiento se instalarán en ambas orillas, antes y después del estrechamiento a cada 5.00 m de distancia en una longitud de 50.00 metros.

En los tramos en tangente, se ubicarán espaciados a 40.00 m en ambas orillas, no se colocarán en los lugares del camino que están protegidos con defensas. Estos dispositivos deberán situarse de manera que su orilla interior coincida con el hombro del camino.

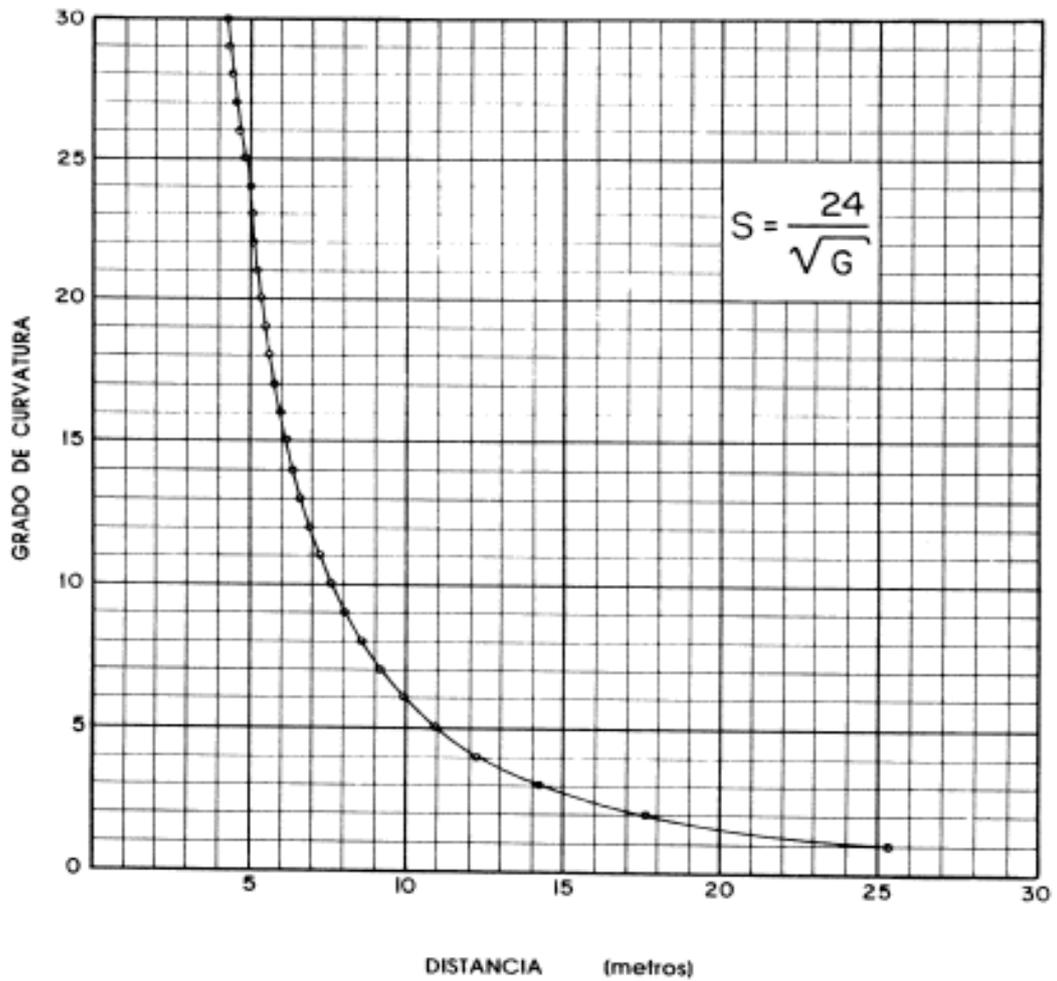
Figura 21. Indicadores de obstáculos y bifurcaciones



Fuente: STC, Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, México 1986. Pág. 270.

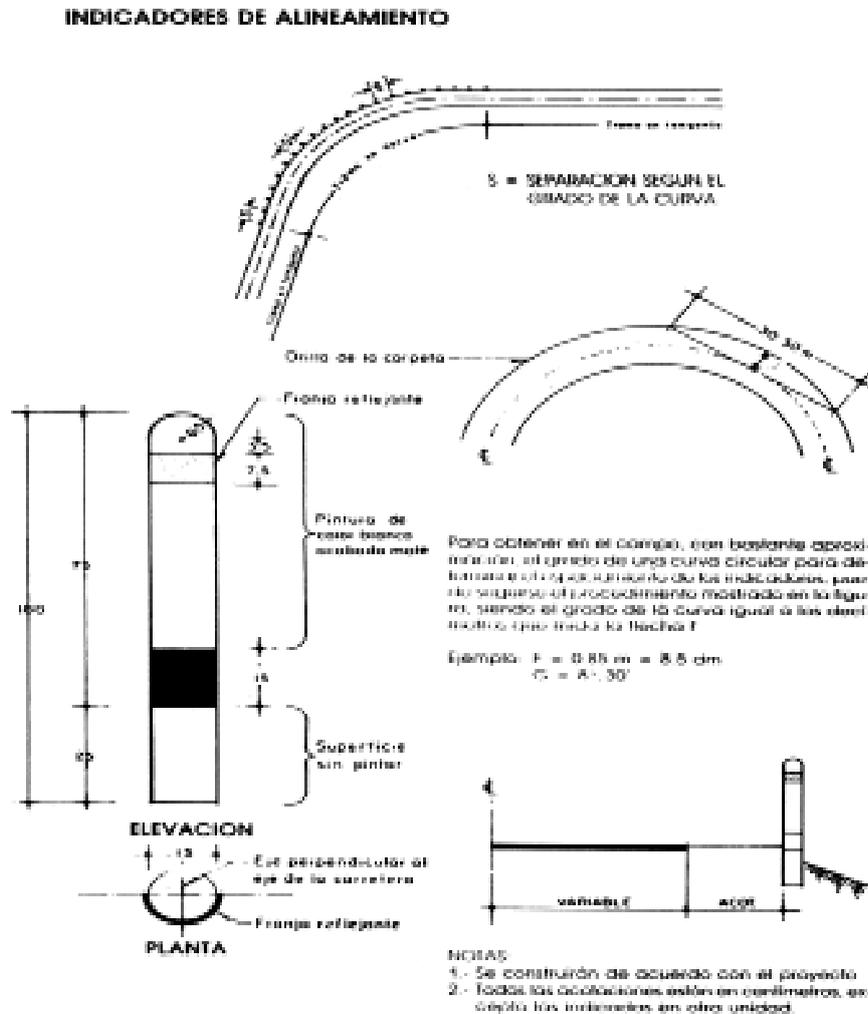
Figura 22. Distancia centro a centro de indicadores de alineamiento en

curvas horizontales



Fuente: STC, Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, México 1986. Pág. 273.

Figura 23. Indicadores de alineamiento



Fuente: STC, Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, México 1986. Pág. 237.

4.1.1.3 Indicadores de curvas peligrosas

Se utilizarán como complemento al tratamiento normal de señalamiento del camino, cuando haya cambios peligrosos en el alineamiento horizontal, con el propósito de proporcionar un énfasis adicional y una mejor orientación a los conductores. Estos son de forma rectangular colocados con su mayor dimensión vertical y el símbolo (flecha izquierda o derecha) será de color negro, fondo amarillo reflejante; ver figura 24.

El tablero de esta señal (indicador), ya sea que lleve ceja perimetral doblada o sea placa plana sin ceja tendrá las dimensiones dependiendo del ancho de corona de la carretera.

En caminos de dos carriles, los indicadores de curva peligrosa, deberán instalarse en la orilla exterior de la curva y en el caso de caminos divididos, se instalarán en la orilla exterior de cada cuerpo.

Para que el conductor siempre tenga en su ángulo visual al menos dos de ellas, estas deben ser orientadas en posición normal a la línea de aproximación del tránsito. Las señales deben ser visibles por lo menos a una distancia de 150 m para una mayor efectividad.

4.1.1.4 Indicadores de reglas y tubos guías para vado

Estos se utilizan en caminos para indicar a los conductores el tirante de agua máximo, que van a encontrar sobre un vado poco profundo en vía pública; por lo cual las reglas deben estar graduadas y fijadas a postes (o tubos guías). Al modificar su estructura facilita el acceso a vehículos, personas, etc.

Los tubos y reglas se instalan en ambos lados del vado y a lo largo del mismo, a una separación máxima de 10.00 m, que sirven como guía para marcar el ancho del vado, por lo que su altura libre deberá ser de 1.00 metro y se colocarán como se muestra en la figura 25.

4.2 Defensas

Estas se emplean para evitar que los vehículos se salgan del camino y posibles accidentes o invadan el carril contrario. Estas pueden ser de metal, lámina galvanizada, concreto u otro material resistente, apoyados en postes adecuados al tipo de material. Su forma será aquella que permita un adecuado encauzamiento de los vehículos fuera de control.

4.2.1 Defensas laterales

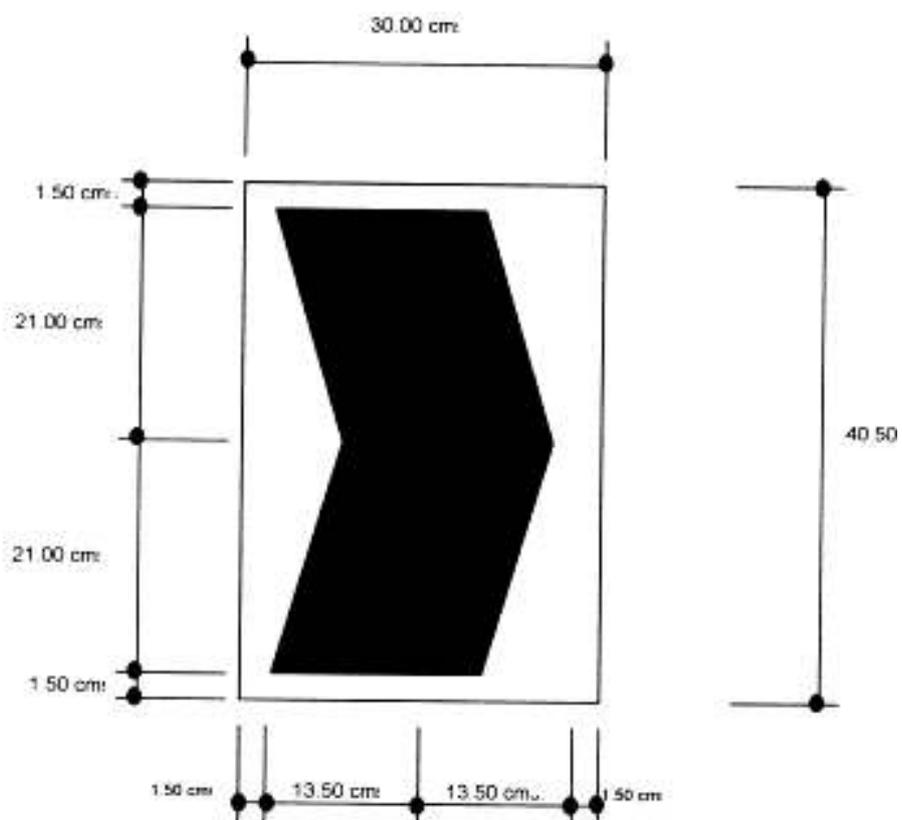
La defensa lateral se instalará en los lugares donde exista mayor peligro, ya sea por el alineamiento del camino o por accidentes topográficos (cuencas perpendiculares a la carretera). Deberán colocarse en la orilla exterior de las curvas peligrosas a orilla de barrancos y/o en tangentes con terraplenes altos o en balcón, en una o ambas orillas según se requiera.

4.2.2 Defensas centrales

Las defensas centrales se ubicarán en el eje geométrico de la faja separadora central como complemento de la misma, para proporcionar mayor seguridad a los usuarios, excepto en las carreteras de cuerpos separados, en donde el tratamiento deberá ser el que corresponde a una defensa lateral. Para mayor seguridad en el uso de las defensas, principalmente metálicas, en el

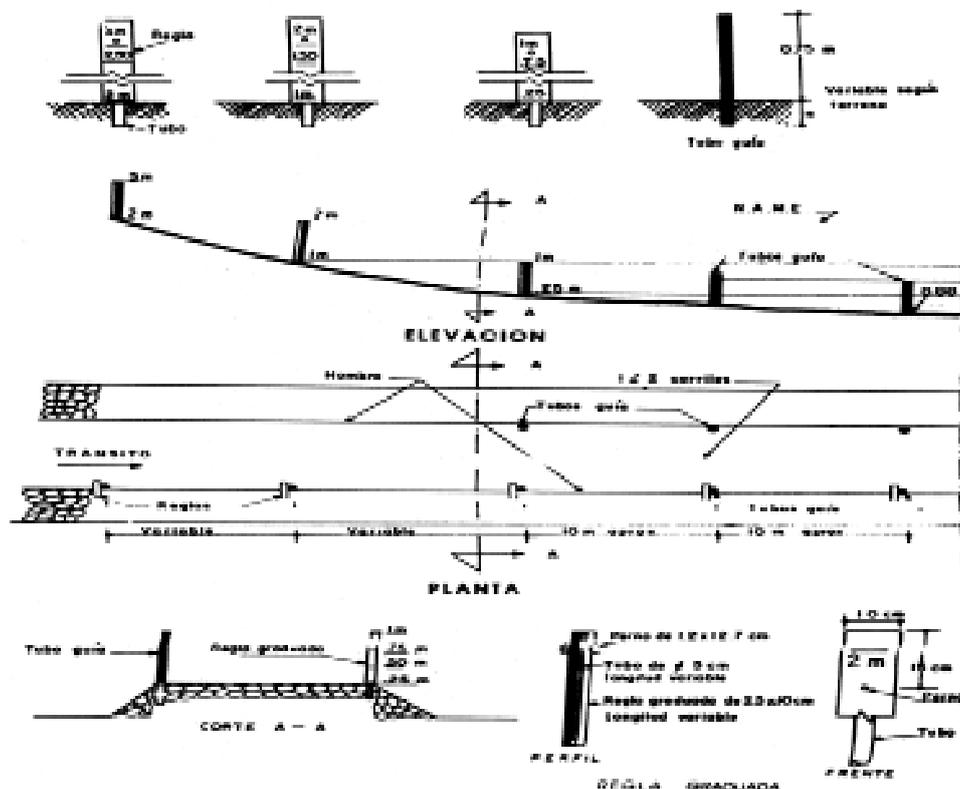
extremo de la dirección por donde se aproxima el tránsito, el límite de la misma debe empotrarse en el piso.

Figura 24. Indicadores de curvas peligrosas



Fuente: STC, Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, México 1986. Pág. 280.

Figura 25. Reglas y tubos guías para vado



274

MANUAL DE DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO EN CALLES Y CARRETERAS

Fuente: STC, Manual de dispositivos para el control del tránsito en calles y carreteras, México 1986. Pág. 274.

4.2.3 Defensas para puentes

Estas son estructuras de concreto reforzado o preesforzado y metal formadas por postes o rieles, colocados a ambos lados del puente para prevenir accidentes y disminuir la gravedad como consecuencia de los mismos. Las cotas de cimentación, dimensiones y formas deben ser indicados en los planos de construcción.

Veamos las figuras 26, 27, 28 y 29, donde se muestran algunas características de la forma y dimensiones de las defensas usuales.

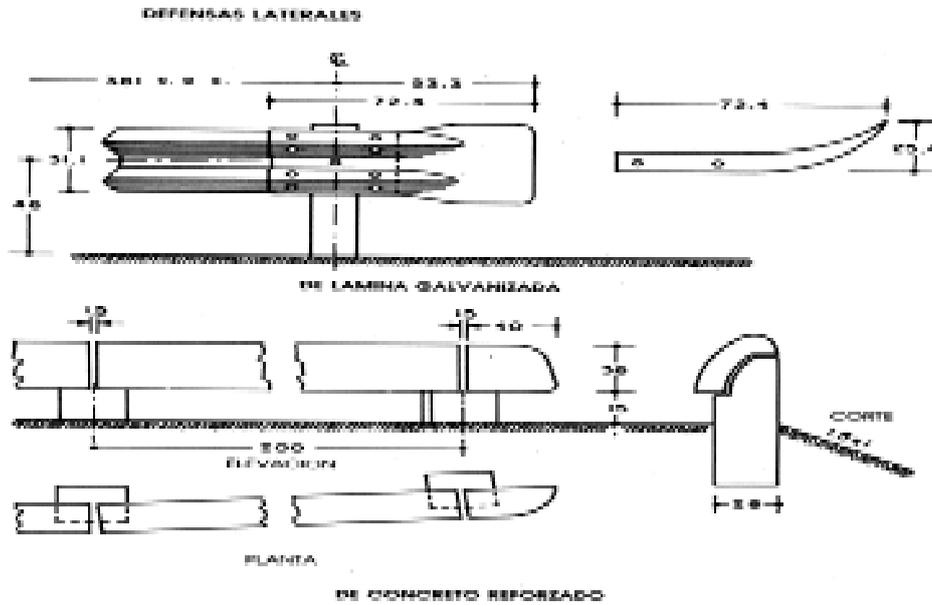
4.3 Bordillos

Son estructuras de concreto simple o baja resistencia la especificación $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ que se construyen en el centro, en uno o en ambos lados de una carretera y que sirve para el ordenamiento del tránsito y seguridad del usuario. Las cotas de cimentaciones, tipos y formas de los bordillos deben ser indicadas en los planos de construcción.

4.3.1 Bordos

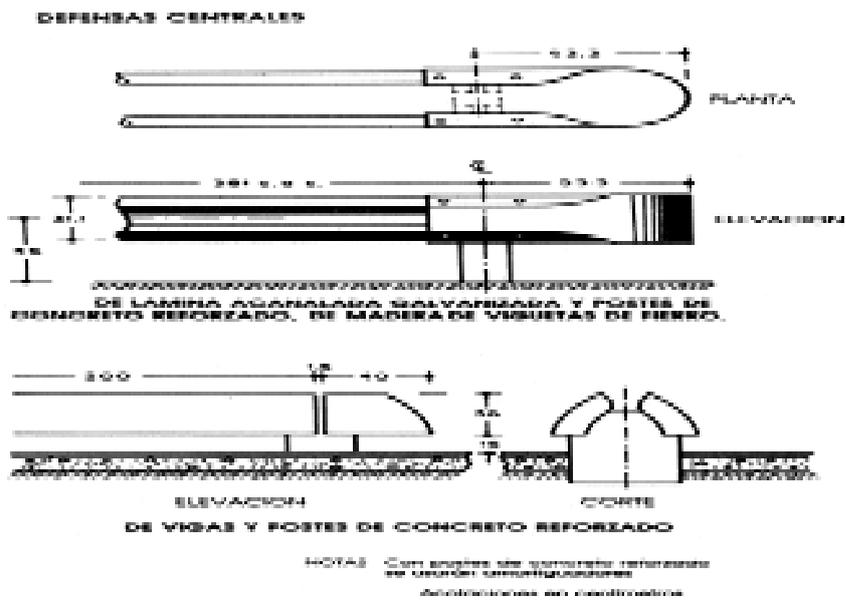
Se fabrican en la transición de un camino de dos carriles a cuatro, con faja separadora, en la aproximación de una isleta, en zonas urbanas y rurales se emplean para indicar la proximidad a un obstáculo y para encauzar a los vehículos en las salidas de vías de alta velocidad. Serán elementos de concreto simple de 12.5 cm de ancho por 10 cm de altura y longitud variable, sobresaliente 5 cm de la superficie de rodadura. Se usarán en la posición de las líneas diagonales de las zonas neutrales delimitadas por líneas canalizadoras. En ningún caso se construirán a través de los carriles de circulación. Ver figura 30.

Figura 26. Defensas laterales de lámina galvanizada y de concreto



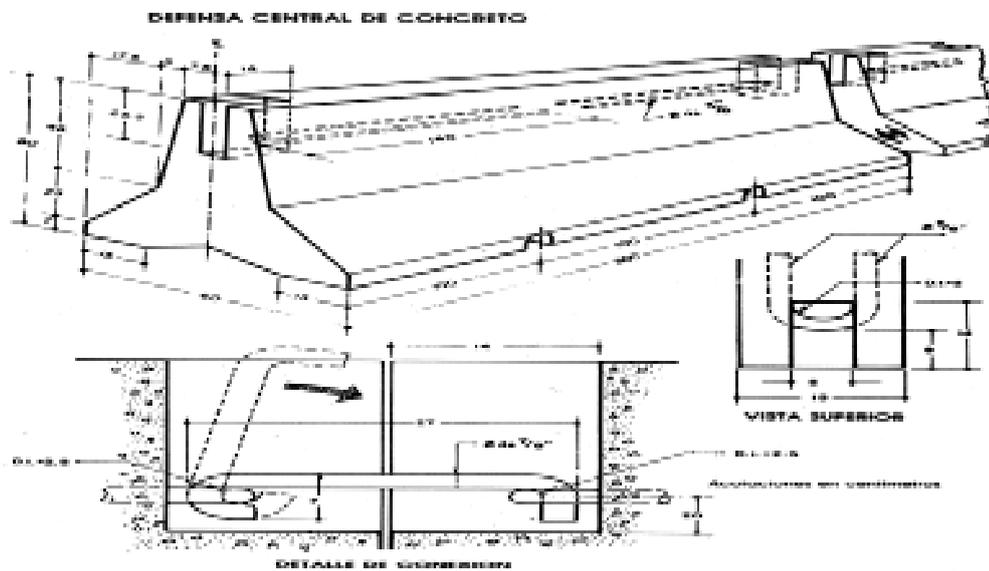
Fuente: STC, Manual de Dispositivos para el control del tránsito en calles y Carreteras México 1986. Pág. 266.

Figura 27. Defensas centrales de lámina galvanizada y de concreto



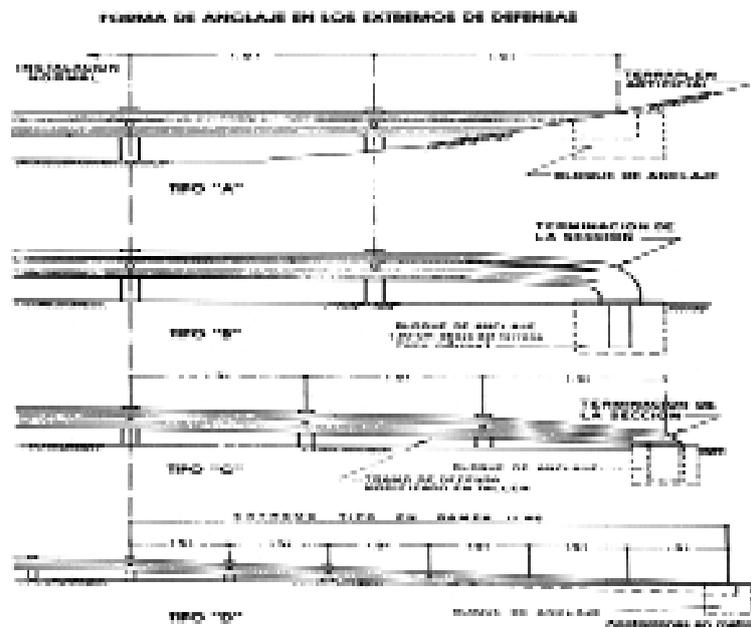
Fuente: STC, Manual de Dispositivos para el control del tránsito en calles y Carreteras, México 1986. Pág. 267.

Figura 28. Defensa central de concreto



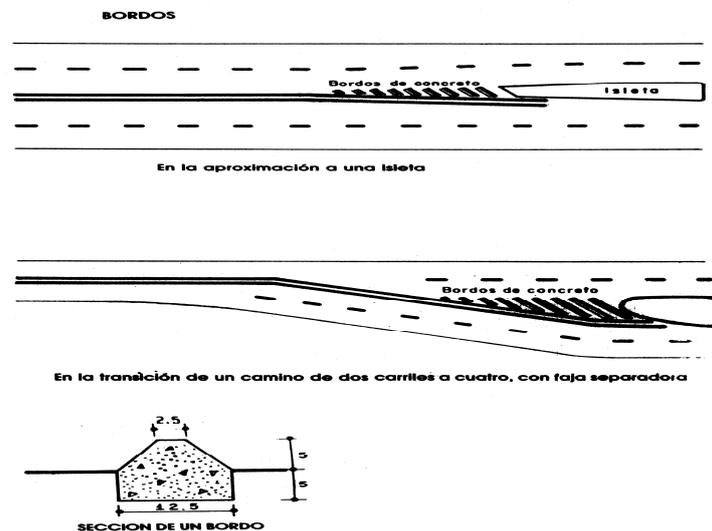
Fuente: STC, Manual de Dispositivos para el control del tránsito en calles y Carreteras, México 1986. Pág. 268.

Figura 29. Forma de anclaje en los extremos de defensas



Fuente: STC, Manual de Dispositivos para el control del tránsito en calles y Carreteras, México 1986. Pág. 269.

Figura 30. Bordos de concreto



Fuente: STC, Manual de Dispositivos para el control del tránsito en calles y Carreteras, México 1986. Pág. 277.

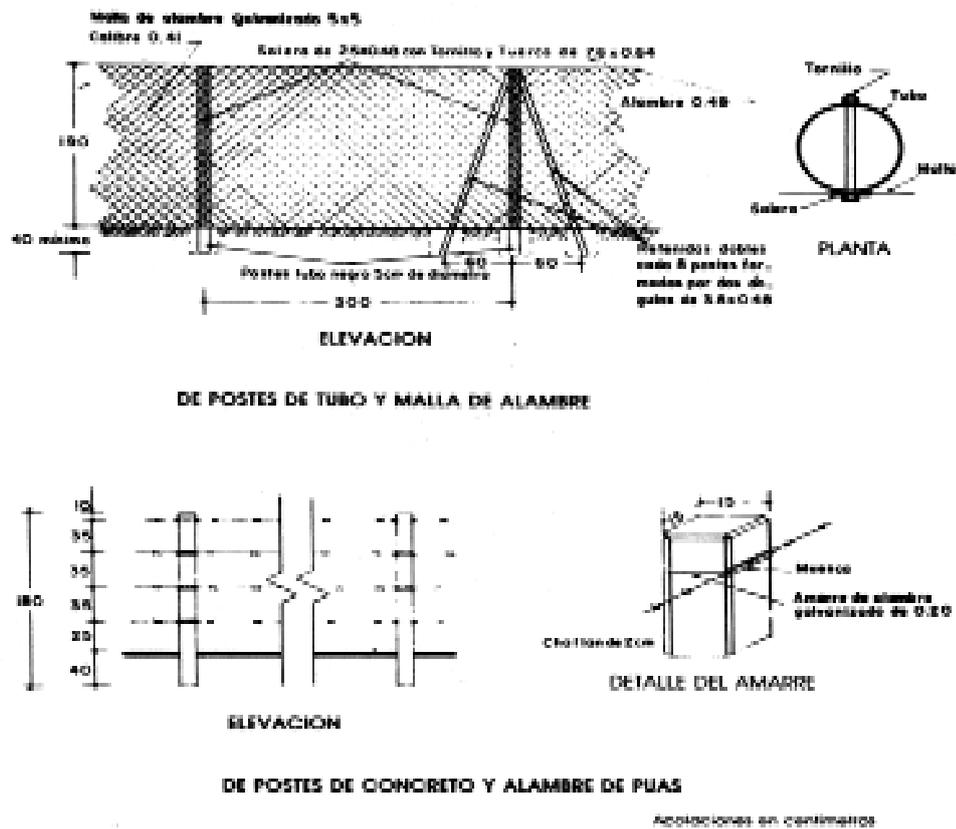
4.4 Cercas

Se utilizarán para evitar que la faja del derecho de vía sea invadida por construcciones particulares, que los peatones crucen la carretera y que los vehículos puedan incorporarse a ésta, en cualquier lugar diferente de los proyectados para dicho fin. Serán dispositivos contruidos por poste situados a distancias que variaran de 3.00 a 5.00 metros, para sostener varios hilos de alambre de púas espaciados verticalmente de 25 a 40 cm, o malla de alambre galvanizados. También podrán ser muros prefabricados o de mampostería. Las constituidas por alambres de púas se emplearán en las zonas donde haya ganado, para evitar que los animales invadan o crucen la carretera.

En los lugares en que las carreteras cruzan alguna zona urbana, las cercas serán de malla de alambre galvanizado para evitar el paso de peatones y

pequeños animales. Véase la figura 31, se colocarán límite del derecho de vía a lo largo y en ambos lados del camino.

Figura 31. Cercas de malla galvanizada y alambre de púas



Fuente: STC, Manual de Dispositivos para el control del tránsito en calles y Carreteras, México 1986. Pág. 264.

5. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN DE OBRAS EN MANTENIMIENTO, RECONSTRUCCIÓN, AMPLIACIÓN DE PROYECTOS A UN COSTADO DE LA CARRETERA

5.1 Dispositivos de protección vial

5.1.1 Responsabilidad

La responsabilidad en la colocación y retiro de este tipo de señalamiento, durante la construcción o reconstrucción de una calle o carretera, será del ministerio de obras viales, municipalidades o de las compañías constructoras encargadas de este tipo obras.

Las obligaciones de los responsables del señalamiento para protección en obras serán entre otras, la siguiente:

- a No iniciar ninguna reparación o construcción, sin disponer de las señales necesarias para el tipo de obra que se va a ejecutar.
- b Ubicar y conservar adecuadamente señales.
- c No obstruir la visibilidad de las señales.
- d Retirar inmediatamente los dispositivos empleados, tan pronto haya terminado el motivo por el que fueron colocados.

Los responsables deberán en todo tiempo, mantener una supervisión adecuada, para que los dispositivos empleados sean los indicados para la protección de los usuarios, peatones, trabajadores y de las obras en sí.

5.1.2 Criterios para el proyecto

En la construcción y conservación de calles y carreteras, se presenta una amplia variedad de situaciones para guiar al tránsito y proteger a los usuarios, por lo que dar recomendaciones específicas para cada una de ellas sería muy complejo; por lo tanto, todos los conceptos generales especificados en este trabajo de graduación serán aplicables en el proyecto de señalamiento para protección de obras.

5.1.3 Señales preventivas temporales

En cuanto a su función, los dispositivos usados en el señalamiento transitorio para protección en obras de construcción y conservación de calles y carreteras, también son señales y otros medios que se usan para proporcionar seguridad a los usuarios, peatones y trabajadores. Como mínimo debe cubrir las áreas de la carretera en zona de desaceleración de llegada o salida, con una longitud mínima de 300 m y en la zona de trabajo la longitud es variable.

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

En los tramos en curva, donde la visibilidad es menor, la zona de desaceleración puede ser menor a los 300 m. El supervisor y contratista decidirán en el campo la distancia más apropiada.

5.1.4 Clasificación

En cuanto a su función, los dispositivos en el señalamiento para protección de obras, se clasifican en:

5.1.4.1 Señales

- a Preventivas (protección de obras)
- b Restrictivas
- c Informativas

De las cuales solo se hará énfasis en las preventivas.

5.1.5 Color de soportes y reverso de tableros

Independientemente de los colores característicos de cada señal, todas llevarán el soporte y el reverso pintado en color gris mate.

5.1.6 Uso

Se utilizarán para prevenir a los usuarios sobre la existencia de una situación peligrosa y la naturaleza de ésta, motivada por la construcción o conservación de una calle o carretera; así como proteger a peatones, trabajadores y equipo, de posibles accidentes.

5.1.7 Forma

El tablero de las señales preventivas, será de forma cuadrada con las esquinas redondeadas y se fijarán con una diagonal vertical en postes, o bien sobre caballetes desmontables. El radio para redondear las esquinas será de 4 cm, quedando el radio interior para la curvatura del filete de 2 cm. Las señales que requieran una explicación complementaria, además del símbolo, llevarán un tablero adicional de forma rectangular para formar un conjunto.

5.1.8 Tamaño

El tablero de estas señales será uniforme para calles y carreteras, con dimensiones de 91 x 91 cm sin ceja cuando se coloquen sobre caballetes, o de 86 x 86 cm con ceja cuando se fijen en postes. El tablero adicional que servirá para formar un conjunto, tendrá las dimensiones indicadas en la tabla IX.

5.1.9 Ubicación

Las señales preventivas se colocarán antes del riesgo que se trate de señalar, a una distancia que depende de la velocidad de acuerdo con la tabla X. En carreteras se utilizará la velocidad de proyecto; cuando se desconozca este dato, se optará por la velocidad de marcha. Las señales preventivas se colocarán antes del riesgo que se trate de señalar. En calles se deberá usar la velocidad establecida por las autoridades correspondientes de caminos. Cuando se coloque una señal de otro tipo entre la preventiva y el riesgo, aquella deberá colocarse a la distancia en que irá la preventiva, y ésta al doble; si son dos señales de otro tipo las que se vayan a colocar entre la preventiva y el riesgo, la primera de aquellas se colocará a la distancia de la preventiva, la segunda al doble de esta distancia y la preventiva al triple, y así sucesivamente.

5.1.10 Colocación lateral

La colocación de las señales será de tal forma que no obstaculicen la circulación de los vehículos, debe procurarse que el borde interior del tablero quede a una distancia no menor de 50 cm de la proyección vertical de la orilla del carril en zona rural y de 30cm en zona urbana.

Tabla IX. Dimensiones del tablero adicional de las señales preventivas para protección en obras									
Dimensiones de la señal señal cm	Dimensiones del tablero cm				Altura de la letra mayúscula cm				
	1 renglón		2 renglones		1 renglón		2 renglones		
	86 X 86 (con ceja)	30 X 117	56 X 117	15	15				
91 X 91 (sin ceja)	30 X 122	61 X 122	15	15					
86 X 86 (con ceja)	30 X 178	56 X 178	15	15					

Tabla X. Ubicación longitudinal de las señales preventivas para protección en obras									
Velocidad * km/h	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Distancia m	30	40	55	75	95	115	135	155	175
*En carreteras se utilizará la velocidad de proyecto; cuando se desconosca este dato, se utilizaá la velocidad de marcha.									
En calle se utilizará la velocidad establecida por las autoridades correspondiente.									

Fuente: STC, Manual de Dispositivos para el control del tránsito en calles y Carreteras, México 1986. Pág. 283,284.

5.1.11 Altura

En carreteras, el tablero de las señales se instalará de manera que su parte inferior quede a 1.50 m sobre la superficie de rodamiento y en zonas urbanas a 2.00 metros. En donde haya equipo de construcción, materiales u otras obstrucciones, esta altura podrá ser aumentada hasta 2.50 metros.

5.1.12 Ángulo de colocación

Las señales serán fijadas siempre en posición vertical a 90° con respecto al sentido del tránsito.

5.1.13 Color

El fondo del tablero de estas señales, así como el del tablero adicional, será de color naranja reflejante, y el de leyendas, símbolos, caracteres y filete será en negro.

5.1.14 Tiempo de empleo

El tiempo de durante el cual hay que señalar una obra es variable, y los dispositivos necesarios deberán ser colocados antes de iniciar cualquier proyecto y ser retirados de inmediato después de verificar que ya no serán necesarios o después de haberse terminado éste. Todas las señales de tráfico deben de ser de acuerdo con los manuales y códigos que rijan en el sistema vial en el país.

Las señales hechas o reparadas son a menudo confusas y conllevan al irrespeto de nuestro sistema de control de tráfico, éstas deben ser devueltas

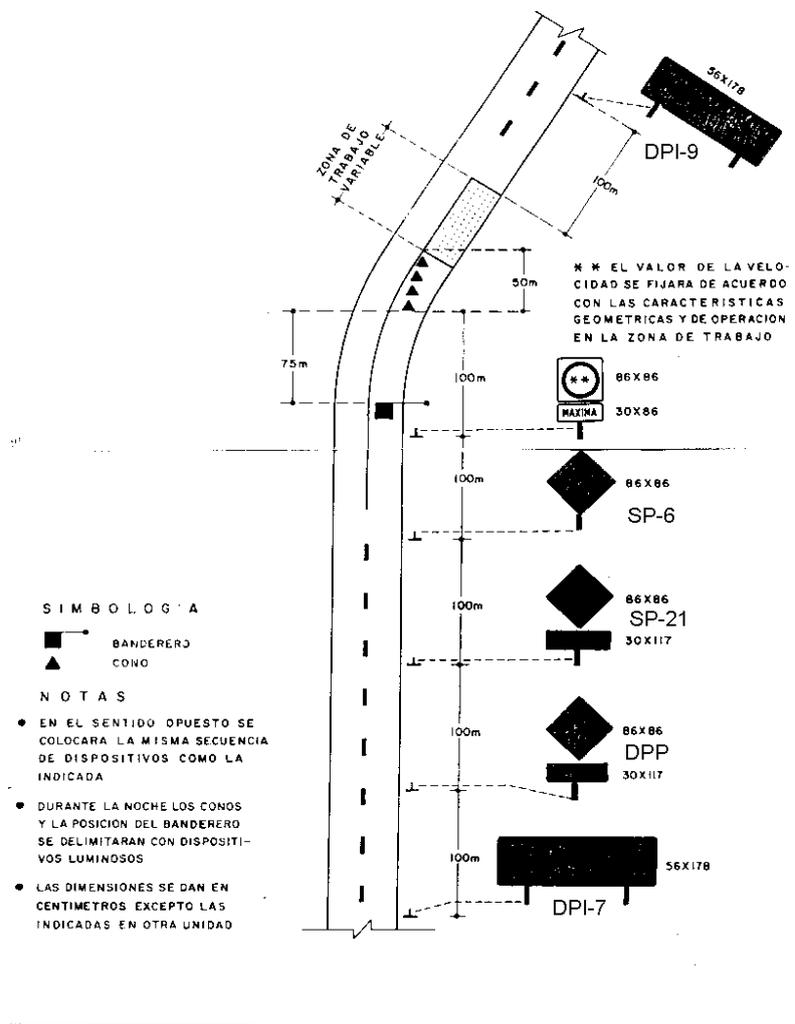
para mantenimiento, repintarlas o reemplazarlas cuando sea necesario o los colores se pongan pálidos.

5.1.15 Soportes

Los tableros se montaran sobre postes, como en el caso de las permanentes o bien sobre caballetes desmontables.

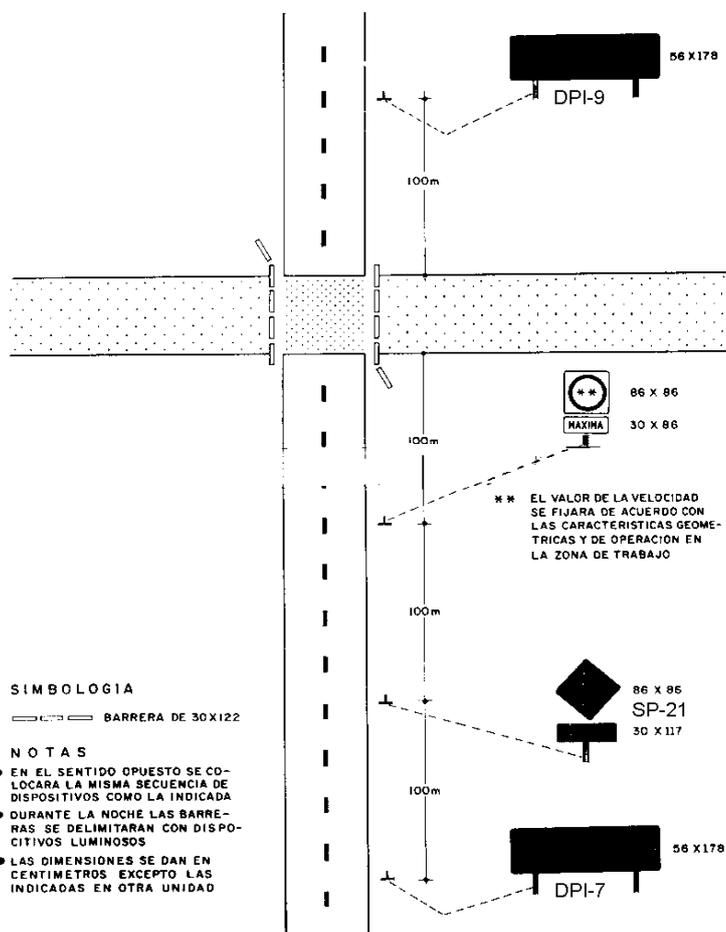
En las figuras 32, 33, 34, 35, 36 y 37 se muestran las diferentes formas de colocación de dispositivos de control en caminos de dos carriles donde uno está cerrado, cuando cruza a otro en construcción, un camino de dos carriles cerrados totalmente, circulándose por una desviación, cuando la reparación es por fuera de la superficie de rodamiento en caminos de dos carriles para un mismo sentido y en autopistas con reducción de cuatro a dos carriles.

Figura 32. Dispositivos para protección en caminos de dos carriles donde uno esta cerrado



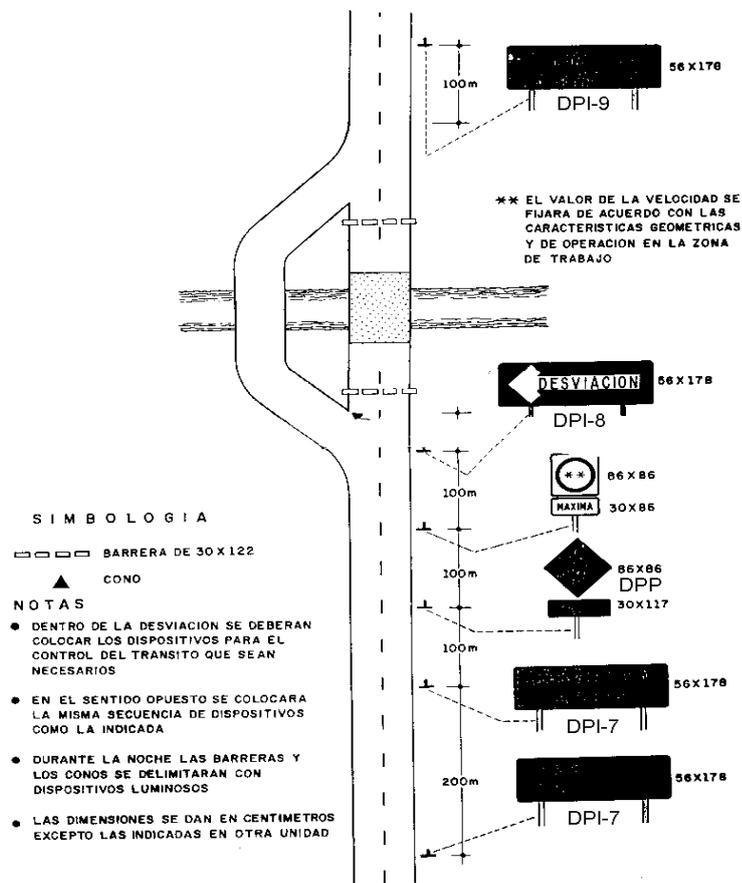
Fuente: STC, Manual de Dispositivos para el control del tránsito en calles y Carreteras, México 1986.

Figura 33. Dispositivos para protección en un camino que cruza a otro en construcción



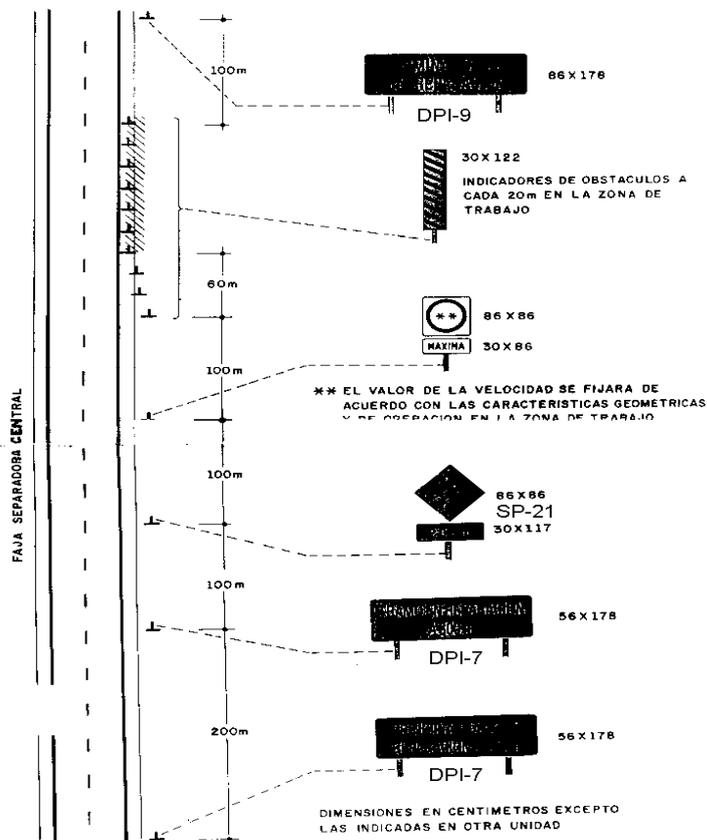
Fuente: STC, Manual de Dispositivos para el control del tránsito en calles y Carreteras, México 1986.

Figura 34. Dispositivos de protección en un camino de dos carriles Cerrado totalmente, circulándose por una desviación



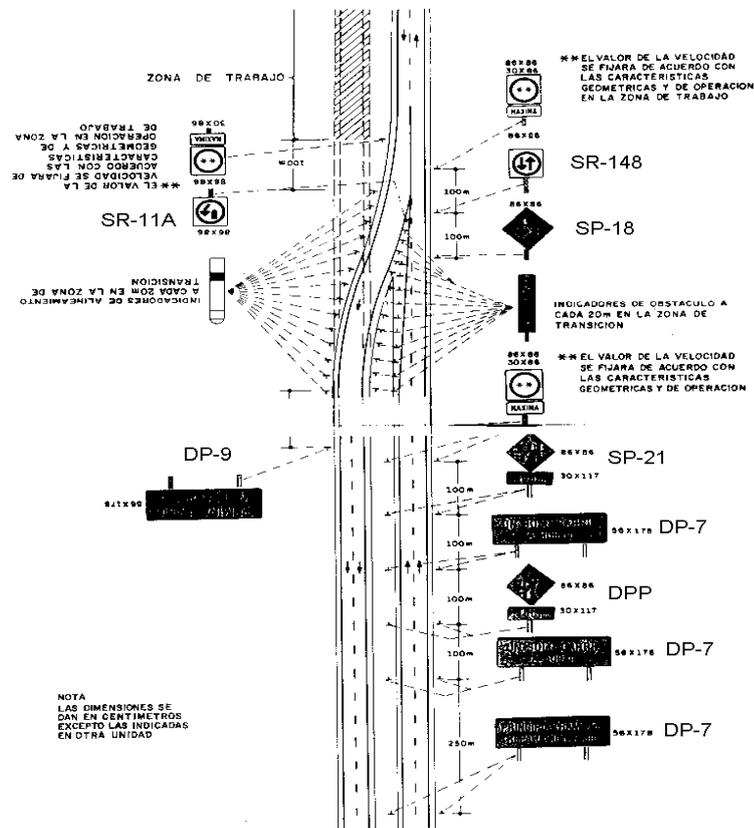
Fuente: STC, Manual de Dispositivos para el control del tránsito en calles y Carreteras, México 1986.

Figura 35. Dispositivos para protección por reparación de rodamiento en caminos de dos carriles para un mismo sentido



Fuente: STC, Manual de Dispositivos para el control del tránsito en calles y Carreteras, México 1986.

Figura 37. Dispositivos para protección en autopistas con reducción de cuatro a dos carriles



Fuente: STC, Manual de Dispositivos para el control del tránsito en calles y Carreteras, México 1986.

5.1.16 Equipo de trabajo

El equipo mínimo obligatorio que debe usar el personal que labora dentro de las zonas en construcción y/o rehabilitación es: chaleco de color anaranjado fluorescente, amarillo o verde y una gorra de los mismos colores para incrementar su visibilidad y una playera blanca. En la noche la vestimenta debe de ser de un material retroreflectivo anaranjado, blanco amarillo o verde limón fuerte.

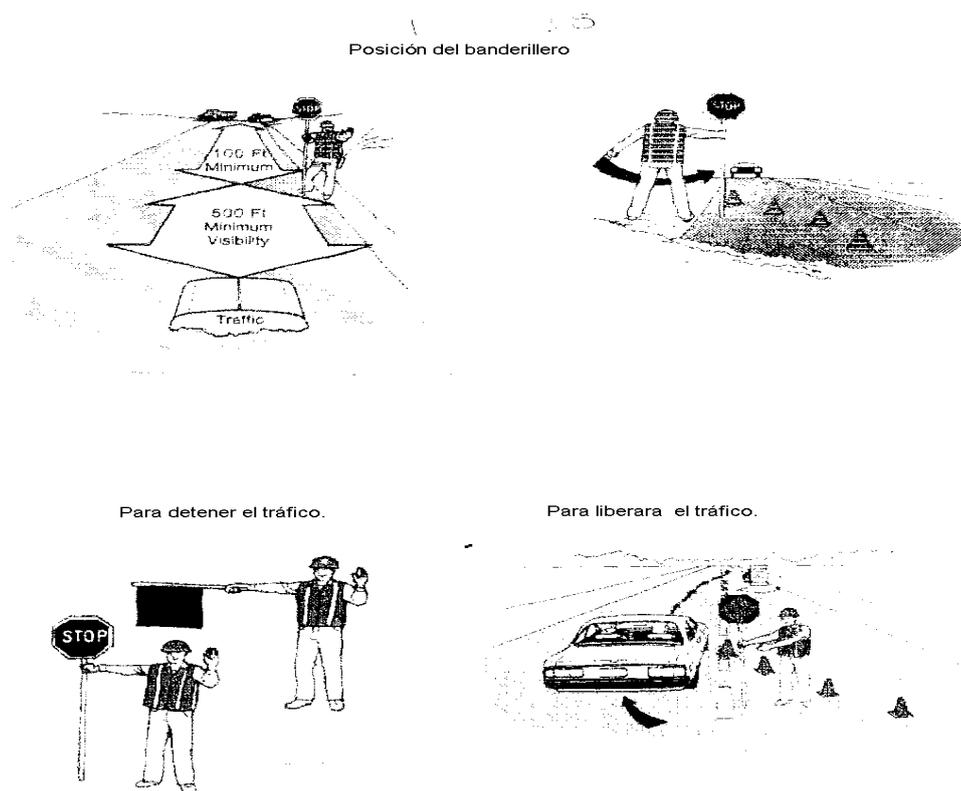
El trabajador tiene que poder ser identificado claramente como una persona y visualizarse en todo tipo de movimiento. La ropa en mal estado no será permitida, una apariencia impecable ayuda a que lo respeten más y hace su trabajo más efectivo.

Cuando se cierra una vía en un camino de dos vías deben colocarse tantos reflectores como sean necesarios para identificar las estaciones de banderilleros en la noche. Para trabajos de poco volumen se utiliza solo un banderillero, pero, debe visualizarse desde ambos lados del camino. Los elementos canalizadores, deben de colocarse extendiéndolos donde el tráfico proveniente pueda visualizarlos. Las señales de camino en reparación adelante y final de la reparación no se deben colocar en trabajos de corta duración. Deben utilizarse banderas y lámparas intermitentes para prevenir el área de trabajo.

En la figura 38 se muestra la posición del banderillero éste debe estar alerta todo el tiempo, de pie hacia donde viene el tráfico. Tiene que estar parado en un lugar fácil de visualizar, ubicándose más o menos a 30 metros del lugar de trabajo. Como parar el tráfico éste debe sostener la banderola recta y alejada de

su cuerpo, viendo directamente al conductor que se aproxima, y con el brazo que no está usando haciendo la señal de alto con la mano levantada y la palma de la misma en dirección al conductor para detener por completo al primer vehículo. Para liberar el tráfico tiene que pararse al frente y hacia la derecha del tráfico parado, debe mover la bandera y con el otro brazo debe indicar al vehículo que pase despacio por el carril indicado liberar el tráfico.

Figura 38. Posición del banderillero para: desviar, detener y liberar el tráfico



Fuente: Reflecta. Manual de banderilleros. Traducido del original, revisión 3 ATSSA, 6ta. Edición USA. Septiembre 1993. Págs. 2, 4 y 5.

5.2 Canalizadores

Elementos que son utilizados al igual que otros dispositivos ya mencionados, para encauzar el tránsito de vehículos y peatones a lo largo de un tramo en construcción, tanto en calles como en carreteras, para indicar cierres, estrechamientos y cambios de dirección de la ruta con motivo de la obra.

5.2.1 Barreras

Las barreras consisten en dos tableros horizontales de 30 cm de altura y 122 o 244 cm de longitud montados en postes, firmemente hincadas, cuando sean fijas y sobre caballetes cuando sean portátiles.

Las barreras también podrán ser levadizas cuando se utilicen exclusivamente en garitas o casetas de control para dar paso a determinados vehículos. Su forma será la de un tablero trapezoidal con la base menor de 15 cm y la mayor de 30 cm formando un ángulo de 90 grados con su lado inferior, para cubrir el ancho del carril.

5.2.1.1 Ubicación

Estas podrán ir aisladas o en serie, en los límites y dentro de la zona de trabajo; con el objeto de prevenir al conductor del vehículo de un cierre o estrechamiento próximo de la calle o carretera.

5.2.1.2 Altura

Las barreras se colocarán de tal manera que la parte inferior del tablero más bajo quede a 60 cm sobre la superficie de rodamiento.

5.2.1.3 Ángulo de colocación

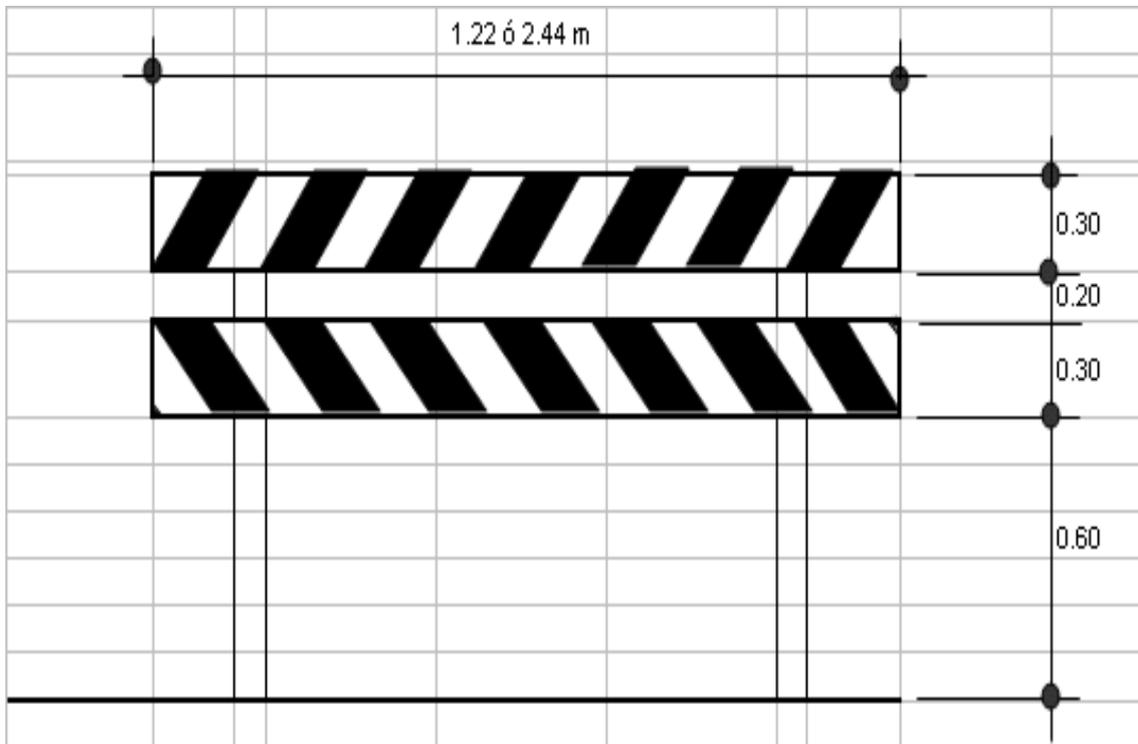
Estas se colocarán perpendiculares, diagonales o paralelas al sentido del tránsito de acuerdo con las necesidades de uso, excepto las levadizas que siempre deberán colocarse perpendiculares a la trayectoria de los vehículos.

5.2.1.4 Color

Los tableros se pintarán con franjas alternadas en colores naranja reflejante y negro mate de 10 cm de ancho e inclinadas a 45 grados de tal manera que sean convergentes hacia el sentido del tránsito como se puede observar en la figura 39.

Las barreras levadizas se pintarán con franjas alternadas en colores naranja reflejante y negro mate de 10 cm de ancho e inclinadas a 45° hacia la izquierda cuando estén en posición horizontal.

Figura 39. Tablero DPC-1



Fuente: STC. Manual de Dispositivos para el control de Transito en Calles y Carreteras, México 1986. Pág. 297.

5.3 Conos

5.3.1 Forma y tamaño

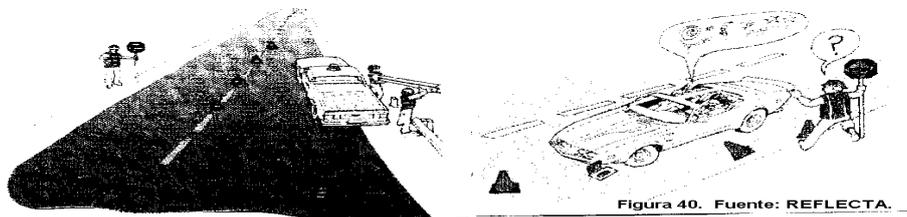
Son dispositivos en forma de cono truncado, con la base de sustentación cuadrada, fabricados con material resistente al impacto, de tal manera que no se deterioren ni causen daño a los vehículos. Serán de 45 cm de altura con base de 30 x 30 cm y de 75 cm de altura con base de 40 x 40 cm.

5.3.2 Ubicación y color

Se colocarán en serie sobre superficies uniformes, para delimitar las zonas de trabajo y encauzar al tránsito hacia el carril adecuado, su número y ubicación dependerá del tipo de vía y de la obra que se esté realizando.

Será de color naranja mate, en algunos casos tendrán una franja de 10 cm de ancho en color blanco reflejante, colocado a 5cm del extremo superior de este. Veamos la figura 40 que nos muestra la ubicación en la zona de trabajo.

Figura 40. Ubicación de conos



Fuente: Reflecta. Manual de banderilleros. Traducido del original, revisión 3 ATSSA, 6ta. Edición USA. Septiembre 1993. Págs. 3 y 7.

5.4 Dispositivos luminosos

5.4.1 Uso

Son fuentes de luz que se utilizan durante la noche o cuando la claridad y la distancia de visibilidad disminuya y se haga necesario llamar la atención e indicar la existencia de obstrucciones o peligros. Véase la figura 41. Podrán ser mecheros y linternas, lámparas de destello y luces eléctricas.

Figura 41. Lámpara de destello



Fuente: Reflecta. Manual de banderilleros. Traducido del original, revisión 3 ATSSA, 6ta. Edición USA. Septiembre 1993. Pág. 1.

5.4.1.1 Mecheros y linternas

Los mecheros son elementos de flama libre y consisten en recipientes con combustible y una mecha de estopa. Debido a que proporcionan poca iluminación, deberán usarse sólo como complemento de otros dispositivos de canalización y para delinear o hacer destacar las obstrucciones o peligros. Las linternas son flama cautiva y su uso es similar al de los mecheros.

5.4.1.2 Lámparas de destello

Son elementos portátiles con luz intermitente de color ámbar que emiten destellos de corta duración. Sirven para prevenir al usuario de la existencia de un peligro y deberán colocarse anticipadamente al mismo.

5.4.1.3 Luces eléctricas

Son lámparas que emiten un haz luminoso de alta o baja intensidad, sirven para iluminar la zona o tramo que se encuentre en reparación o construcción y se colocarán de tal manera que no deslumbre al conductor en la carretera.

5.5 Señales manuales

Son banderas y lámparas operadas manualmente que sirven para controlar el tránsito de vehículos y peatones en las zonas de trabajo. A las personas encargadas de operar estos dispositivos se les denomina bandereros, quienes deberán estar equipados con camisa blanca, casco y chaleco de color naranja reflejante para hacerlos más visibles a los conductores.

5.5.1 Banderas

Las banderas se utilizarán durante el día y son elementos de tela de color rojo reflejante de 60 x 60 cm; se sujetan a un asta de 100 cm de longitud, como se muestra en la figura 42.

Figura 42. Señales manuales



Fuente: Reflecta. Manual de banderilleros. Traducido del original, revisión 3 ATSSA, 6ta. Edición USA. Septiembre 1993. Págs. 4 y 6.

5.5.2 Lámparas

Durante la noche o cuando la claridad o visibilidad disminuyan, se usarán lámparas que emitan un haz luminoso de color rojo.

5.6 Aplicaciones

Los principios generales delineados en los párrafos previos, son aplicables para áreas rurales y urbanas; sin embargo, las diferencias indican que podrían hacerse ajustes de acuerdo con las necesidades.

5.6.1 Aplicaciones urbanas

Las características del tránsito urbano son: velocidades relativamente bajas, grandes volúmenes de tránsito, espacio limitado para maniobras, movimientos cruzados y un considerable número de peatones.

Las obstrucciones al tránsito se deben particularmente a vehículos estacionados, las provocadas por trabajos de construcción y conservación, incluyendo diversas actividades, tales como rotura del pavimento para ciertos trabajos, bacheo, marcas y estrechamientos por obstrucciones laterales.

Existe un conflicto inherente al movimiento del flujo vehicular urbano por lo mismo, los problemas que se agregan al efectuar trabajos de construcción, deberán reducirse al mínimo. En arterias principales estos trabajos deben efectuarse fuera de las horas de mayor tránsito.

5.7 Señalización para el personal de limpieza del derecho de vía, cunetas y estructuras de drenaje

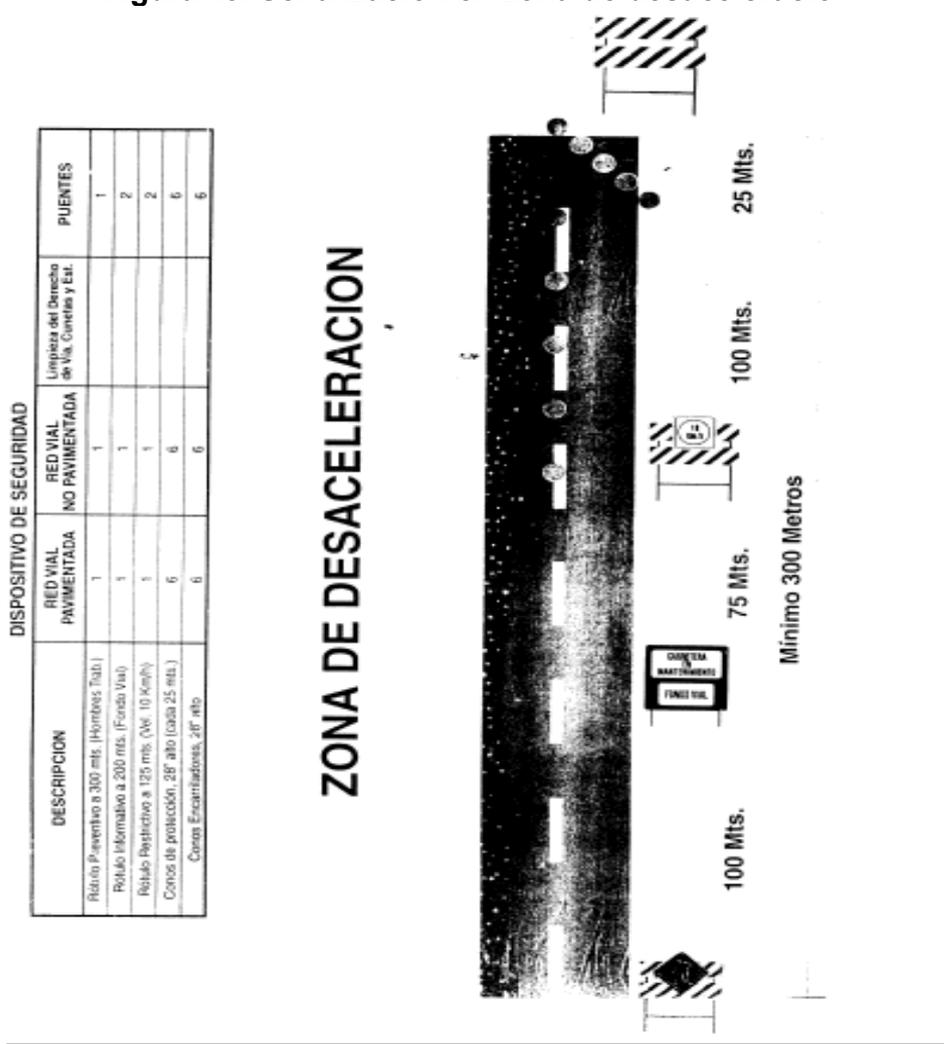
El contratista de limpieza del derecho de vía debe identificar el tramo de carretera en el cual tenga distribuido todo su personal, así como también, éste debe estar identificado con playeras en colores y diseños propuestos por la

identidad con que se esta trabajando. Esta identificación además de proveer seguridad al personal de campo, facilita las labores de supervisión.

Los dispositivos de seguridad y control serán colocados en lugares donde no interfieran con el flujo vehicular, antes de iniciar los trabajos, no obstruir la visibilidad de las señales con el equipo, herramienta e implementos usados en las obras, y retirados posteriormente a la conclusión de sus actividades.

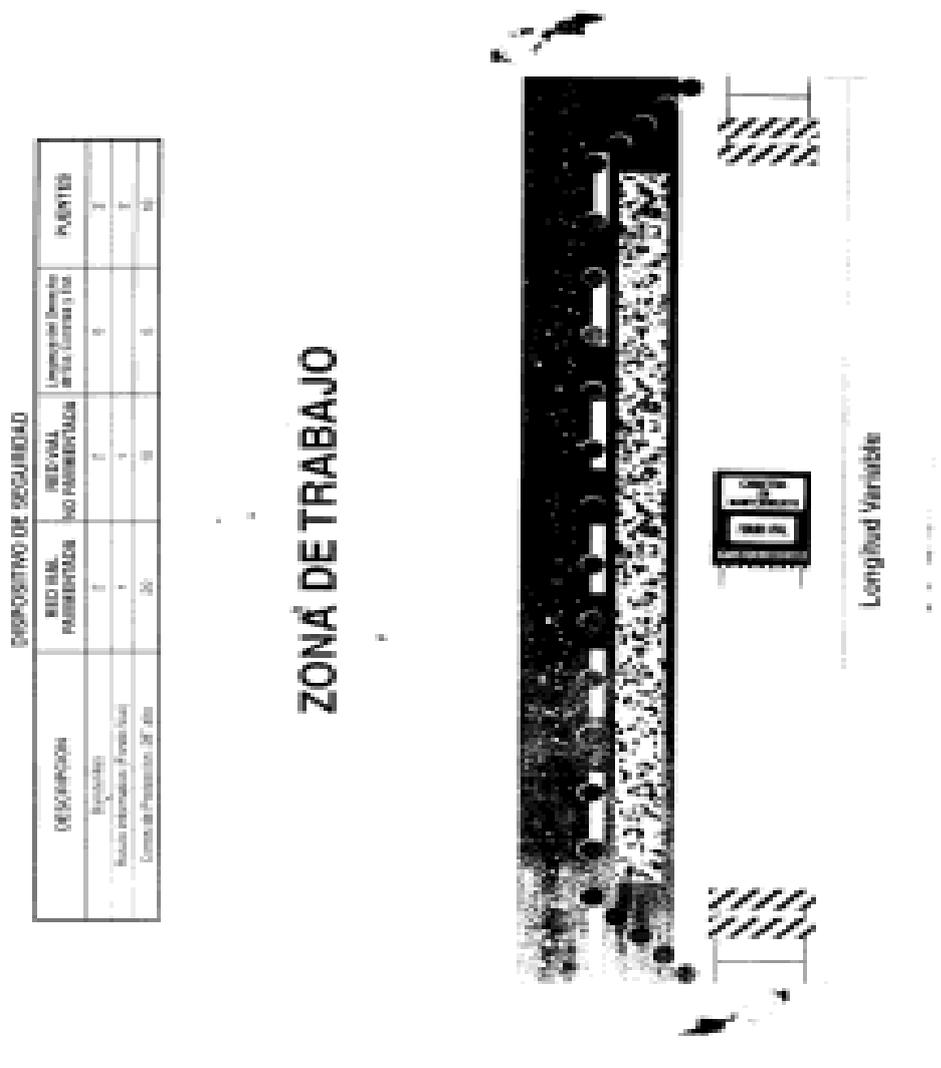
Los responsables deberán mantener en todo momento una supervisión adecuada, tanto en las labores de trabajo como en los dispositivos empleados, estos serán los indicados para la protección de toda la obra. En las figuras 43 y 44 puede observarse los indicadores de la zona de desaceleración y zona de trabajo para la limpieza de cunetas y estructuras de drenaje.

Figura 43. Señalización en zona de desaceleración



Fuente: Coviial, Unidad Ejecutora de Señalización vial. Manual de Seguridad y Señalización de Obras Viales, Guatemala 1998.

Figura 44. Señalización en zona de trabajo



Fuente: Coviav, Unidad Ejecutora de Señalización vial. Manual de Seguridad y Señalización de Obras Viales, Guatemala 1998.

CONCLUSIONES

1. El diseño y la localización de los dispositivos temporales de tránsito deben responder a las condiciones generales, para que estos llamen la atención y transmitan un mensaje claro e infundan respeto por parte del conductor.
2. Para evitar accidentes viales, es necesario un estudio preliminar y la supervisión de los dispositivos de seguridad que se utilizarán en los frentes de trabajo, es importante que al terminarse un determinado trabajo se retire inmediatamente los dispositivos que han dejado de ser útiles.
3. Para la señalización de calles y vías rápidas deben ubicarse dispositivos de tal forma que el conductor lo enfoque y reconozca la señal a la que se aproxima, de esa manera se mejorará el flujo vehicular y se evitarán los accidentes.
4. En general, los dispositivos de control, sirven para informar y canalizar el tránsito y los de seguridad complementan la estructura de la carretera e indican la presencia de obstáculos alineando el tránsito, con el fin de dar protección a las obras en construcción y mantenimiento.

RECOMENDACIONES

1. En la decisión final de un proyecto de protección vial, debe tomarse muy en cuenta un estudio de ingeniería de tránsito y que las necesidades de la solución ya determinada, sea semejante en cualquier lugar de la carretera.
2. Debe verificarse que los dispositivos que se coloquen cumpla con las especificaciones generales del tránsito, para que estos transmitan un mensaje claro y conciso, que infundan respeto de tal modo que se pueda evitar accidentes.
3. El supervisor de una obra, antes de terminar la jornada de trabajo debe verificar que no hayan ningún obstáculo que interrumpa el paso en la carretera, estos pueden ocasionar accidentes al usuario, principalmente por la noche, de ser así deben colocarse señales reflectivas y luminosas.
4. Las instituciones que fabrican dispositivos para la complementación de carreteras, deben estar concientes de las decisiones tomadas cuando cambian un color en una señal, las señales y dispositivos de control se han estandarizado a través de un estudio de ingeniería vial a nivel mundial con profesionales con mucha experiencia.

Por ejemplo si se observa un semáforo, sus colores no cambian y su significado es lo mismo en cualquier parte del mundo, el objetivo es evitar un accidente de tránsito. Esto trata de evitar la confusión que pueda tener una persona al viajar de un país a otro. Por eso debemos respetar los colores utilizados en señales de tránsito y no cambiarlos a capricho.

BIBLIOGRAFÍA

Reflecta. **Manual de Banderilleros**. Traducido del Original revisión 3 ATSSA. (6ta. Edición; USA: Septiembre 1993).

Dirección General de Servicios Técnicos, Secretaria de Comunicación y Transporte. **Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito en Calles y Carreteras**. (5ta. Edición; México: Abril 1986).

Dirección General de Servicios Técnicos, Secretaria de Comunicación y Transporte. **Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras**. (1ra. Reimpresión; México: 1974).

Unidad Ejecutora de Conservación Vial. **Manual de Seguridad Y Señalización de Obras Viales**. (Guatemala: 1998).

Pérez Méndez, Augusto René. Metodología de Actividades para el Diseño Geométrico de Carreteras. Tesis Ing. Civil. Guatemala, universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1989.