

**MANUAL DE
SEÑALIZACIÓN DE TRÁNSITO**

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	1-3
2	SEÑALES VERTICALES	2-5
2.1	GENERALIDADES DE LAS SEÑALES VERTICALES.....	2-5
2.2	SEÑALES REGLAMENTARIAS	2-10
2.3	SEÑALES DE ADVERTENCIA DE PELIGRO.....	2-32
2.4	SEÑALES INFORMATIVAS	2-56
2.5	ESQUEMAS DE SEÑALIZACIÓN	2-87
3	DEMARCACIONES	3-5
3.1	GENERALIDADES DE LAS DEMARCACIONES.....	3-5
3.2	LÍNEAS LONGITUDINALES.....	3-8
3.3	LÍNEAS TRANSVERSALES.....	3-21
3.4	SÍMBOLOS Y LEYENDAS	3-26
3.5	OTRAS DEMARCACIONES.....	3-42
4	SEMÁFOROS	4-5
4.1	GENERALIDADES	4-5
4.2	JUSTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE UN SEMÁFORO.....	4-7
4.3	CAPACIDAD DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS	4-17
4.4	ASPECTOS GENERALES DE LA PROGRAMACIÓN DE SEMÁFOROS	4-26
4.5	DISEÑO BÁSICO DE UN PLAN.....	4-29
4.6	INDICADORES DE RENDIMIENTO.....	4-38
4.7	PLANES PREFIJADOS PARA SEMÁFOROS AISLADOS.	4-43
4.8	PLANES PREFIJADOS PARA REDES DE SEMÁFOROS	4-55
4.9	CONTROL DINÁMICO DE TRÁNSITO	4-60
4.10	DISEÑO SEGURO PARA TODOS LOS USUARIOS.....	4-63
4.11	IMPLEMENTACIÓN Y SINTONÍA FINA.....	4-77
4.12	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS SEMAFÓRICOS.....	4-82
5	SEÑALIZACIÓN TRANSITORIA Y MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS EN LA VÍA	5-5
5.1	GENERALIDADES	5-5
5.2	SEÑALES VERTICALES.....	5-8
5.3	CANALIZACIÓN	5-23
5.4	DEMARCACIONES.....	5-38
5.5	SISTEMAS DE CONTROL DE TRÁNSITO.....	5-39
5.6	ELEMENTOS PARA AUMENTAR VISIBILIDAD DE TRABAJADORES Y VEHÍCULOS	5-43
5.7	ESQUEMAS TIPO.....	5-49
6	FACILIDADES EXPLÍCITAS PARA PEATONES Y CICLISTAS.....	6-5
6.1	FACILIDADES PARA PEATONES.....	6-5
6.2	FACILIDADES PARA CICLISTAS.....	6-20
7	ELEMENTOS DE APOYO PERMANENTE	7-5
7.1	GENERALIDADES SOBRE ELEMENTOS DE APOYO PERMANENTE: DELINEACIÓN Y SEGREGACIÓN	7-5
7.2	DELINEADORES	7-7
7.3	HITOS DE ADVERTENCIA	7-12

7.4	SEGREGADORES DE FLUJO.....	7-16
-----	----------------------------	------

ANEXO 1: RECOMENDACIONES PARA LA CONFECCIÓN DE LEYENDAS DE SEÑALES DE TRÁNSITO	Anexos 1
ANEXO 2: COLORES DE LAS SEÑALES DE TRÁNSITO	Anexos 21
ANEXO 3: TAMAÑO DE SEÑALES	Anexos 25
ANEXO 4: METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE VELOCIDADES MÁXIMAS.....	Anexos 29
ANEXO 5: SEÑAL VELOCIDAD SUGERIDA	Anexos 43
ANEXO 6: COLORES DEMARCACIONES VIALES.....	Anexos 47
ANEXO 7: ESPECIFICACIONES PARA LA DEMARCACIÓN DE LEYENDAS	Anexos 51
GLOSARIO	Glosario 1

CAPÍTULO 1
INTRODUCCIÓN AL MANUAL DE SEÑALIZACIÓN
DE TRÁNSITO

1 INTRODUCCIÓN AL MANUAL DE SEÑALIZACIÓN DE TRÁNSITO

La circulación vehicular y peatonal, necesariamente, requiere ser guiada y regulada para que pueda llevarse a cabo de manera segura, fluida, ordenada y cómoda, siendo la señalización de tránsito – entendida como todos aquellos signos, demarcaciones viales y dispositivos instalados por la autoridad en la faja adyacente a las calzadas de las vías o sobre éstas – un elemento fundamental para lograr tales objetivos. En efecto, a través de la señalización se indica a los usuarios de las vías la forma correcta y segura de transitar por ellas, con el fin de evitar riesgos y disminuir demoras innecesarias.

1.1 PROPÓSITOS DEL MANUAL DE SEÑALIZACIÓN DE TRÁNSITO

El propósito fundamental de este documento técnico es lograr mediante el fiel cumplimiento de las normas que contiene, una completa uniformidad de la señalización de tránsito en todo el territorio nacional. Para ello, además de entregar las especificaciones de cada elemento de señalización, ya sean señales verticales u horizontales, semáforos, delineadores, balizas u otros, se consignan los criterios técnicos que permiten conocer cuáles, cuándo, dónde y cómo éstos deben ser instalados.

Lo anterior facilita el conocimiento de dichas normas por parte de los usuarios de las vías y de los responsables de la construcción de elementos de señalización, de su instalación y mantención, disminuyendo así los riesgos de accidentes.

1.2 ANTECEDENTES

Chile suscribió en 1968, en Viena, la Convención sobre Señalización Vial, la que fue posteriormente ratificada en 1975. El correspondiente decreto promulgatorio – D.S. N° 140/75, del Ministerio de Relaciones Exteriores – y el texto íntegro de esta Convención, fueron publicados en el Diario Oficial del 24 de marzo de 1975.

Cabe señalar que toda la normativa que contiene este Manual se ajusta a las disposiciones de dicha Convención, la que se encuentra actualmente vigente.

El Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, mediante la dictación de la Ley N° 18.059, publicada en el Diario Oficial del 7 de noviembre de 1982, fue designado Organismo Rector a nivel nacional en materia de tránsito, subsanándose así uno de los principales inconvenientes que había tenido nuestro país hasta entonces para lograr un efectivo desarrollo en esta área: el que no hubiese una institución pública que hiciera de coordinadora general en esta importante materia.

Por otra parte, con posterioridad a la dictación de la Ley N° 18.059, la Ley N° 18.290, Ley de Tránsito, en su artículo 99° entregó facultades explícitas al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones en lo que a la señalización de tránsito se refiere. En efecto, el citado artículo – actualmente correspondientes al N°93 del D.F.L. N°1/2007, de los Ministerios de Transportes y Telecomunicaciones y de Justicia, que fija el texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Ley de Tránsito -, textualmente expresa: “La señalización del tránsito en las vías públicas será únicamente la que determine el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, de acuerdo con los convenios internacionales ratificados por Chile”. En razón de lo anterior, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones dictó el D.S. N° 20/86, mediante el cual se oficializó el Manual de Señalización de Tránsito que había elaborado en 1982. El referido D.S. N° 20/86, junto a su Anexo que contiene los capítulos relativos a señales verticales y demarcaciones, fue publicado en el Diario Oficial del 12 marzo de 1986.

Posteriormente, a fines de la década de los noventa, se dio inicio a un proceso de actualización del Manual, proceso que culminó con la elaboración de 5 Capítulos independientes. A saber: Capítulo 2 – Señales Verticales –, aprobado por D.S. N° 150/2000, Capítulo 3 – Demarcaciones –, aprobado por D.S. N° 20/2001, Capítulo 5 – Señalización Transitoria y Medidas de Seguridad para Trabajos en la Vía –, aprobado por D.S. N° 90/2002, Capítulo 6 – Facilidades Explícitas para Peatones y Ciclistas –, aprobado por D.S. N° 157/2003, y Capítulo 7 – Elementos de Apoyo Permanente –, aprobado por D.S. N°108/2006, todos del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

El presente Manual refunde en un solo texto los capítulos anteriormente mencionados, considerando también el Capítulo 4 – sobre Semáforos -, en su texto original, y a la vez, incorpora algunas modificaciones, considerando las experiencias y nuevas necesidades de señalización detectadas.

1.3 ÁMBITO DE APLICACIÓN

Los criterios técnicos y demás disposiciones del presente Manual son aplicables a todas las vías y espacios públicos, sean éstas de carácter urbano o rural.

1.4 PROCESO DE MODIFICACIÓN Y PERMISOS DE EXPERIMENTACIÓN

Como se expresara, la señalización de tránsito es determinada únicamente por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. Sólo dicha autoridad puede crear una nueva señal o autorizar una modificación de las ya existentes. Por lo tanto, toda señalización que no se ajuste a lo dispuesto por esta Secretaría de Estado carece de validez legal.

En razón de lo anterior, y teniendo en consideración que los adelantos en la tecnología generan cambios en las vías, vehículos y sistemas de señalización y que, en consecuencia, pueden surgir nuevas situaciones no previstas en este Manual, se ha consultado un procedimiento para posibilitar innovaciones, previa formalización de los correspondientes experimentos y del seguimiento de los mismos.

Para estos efectos, las solicitudes de autorización para llevar experiencias de prueba con nuevos elementos de señalización, deberán ser canalizadas a la Subsecretaría de Transportes, Amunátegui 139, Santiago, Chile.

1.5 REQUISITOS DE LA SEÑALIZACIÓN DE TRÁNSITO

Toda señal de tránsito debe satisfacer los siguientes requisitos mínimos para cumplir integralmente su objetivo:

- a) debe ser necesaria
- b) debe ser visible y llamar la atención
- c) debe ser legible y fácil de entender
- d) debe dar tiempo suficiente al usuario para responder adecuadamente
- e) debe infundir respeto
- f) debe ser creíble

1.6 ASPECTOS CLAVES DE LA SEÑALIZACIÓN

El cumplimiento de los requisitos mínimos a que se refiere el párrafo anterior supone que, a su vez, las señales deben satisfacer determinadas condiciones respecto de los siguientes aspectos claves:

1.6.1 Diseño

El diseño de la señalización debe asegurar que:

- a) su tamaño, contraste, colores, forma, composición y retrorreflexión e iluminación se combinen de tal manera que atraigan la atención de todos los usuarios.
- b) su forma, tamaño, colores y diagramación del mensaje se combinen para que éste sea claro, sencillo e inequívoco.
- c) su legibilidad y tamaño correspondan al emplazamiento utilizado, permitiendo un tiempo adecuado de reacción.
- d) su tamaño, forma y mensaje concuerden con la situación que se señala, contribuyendo a su credibilidad y acatamiento.
- e) sus características de color y tamaño se aprecien de igual manera durante el día, la noche y períodos de visibilidad limitada.

1.6.2 Emplazamiento

Toda señal debe ser instalada de tal manera que capte oportunamente la atención de usuarios de distintas capacidades visuales, cognitivas y psicomotoras, otorgando a éstos la facilidad y el tiempo suficiente para distinguirla de su entorno, leerla, entenderla, seleccionar la acción o maniobra apropiada y realizarla con seguridad y eficacia. Un conductor que viaja a la velocidad máxima que permite la vía, debe tener siempre el tiempo suficiente para realizar todas estas acciones.

1.6.3 Conservación y mantención

Toda señalización tiene una vida útil que es función de los materiales utilizados en su fabricación, de la acción del medio ambiente, de agentes externos y de la permanencia de las condiciones que la justifican. Por ello, resulta imprescindible que las autoridades responsables de la instalación y mantenimiento de las señales cuenten con un catastro de ellas y con un programa de mantenimiento e inspección que asegure su oportuna limpieza, reemplazo o retiro.

La señalización limpia, legible, visible, en buen estado y pertinente inspira respeto en los conductores y peatones. A su vez, cualquier señal que permanece en la vía sin que se justifique, o se encuentra deteriorada, dañada o rayada, sólo contribuye a su descrédito y al de la entidad responsable de su mantenimiento, constituyendo además un estímulo para nuevos actos vandálicos.

1.6.4 Uniformidad

La señalización debe tratar siempre situaciones similares de la misma manera. Esto, además de facilitar el reconocimiento y entendimiento de las señales por parte de los usuarios, genera ahorros en la manufactura, instalación, conservación y gestión de la señalización.

1.6.5 Justificación

En general, se recomienda usar un número razonable y conservador de señales, ya que su uso excesivo reduce su eficacia.

1.6.6 Simbología y Placas Educativas

A nivel internacional existe la tendencia a preferir señales con mensajes simbólicos en lugar de escritos, ya que el uso de símbolos facilita una más rápida comprensión del mensaje, contribuyendo así a una mayor seguridad del tránsito.

Lo anterior cobra especial relevancia al considerar que las economías y el tránsito se encuentran cada día más globalizados, y que día a día aumenta la cantidad de conductores extranjeros en cada país.

CAPÍTULO 2
SEÑALES VERTICALES

2	SEÑALES VERTICALES	2—5
2.1	Generalidades de las Señales Verticales	2—5
2.1.1	Función.....	2—5
2.1.2	Clasificación	2—5
2.1.3	Características Básicas	2—5
2.1.4	Emplazamiento.....	2—7
2.1.5	Sistema de Soporte	2—9
2.2	Señales Reglamentarias.....	2—10
2.2.1	Clasificación	2—10
2.2.2	Características.....	2—12
2.2.3	Señales de Prioridad	2—12
2.2.4	Señales de Prohibición.....	2—15
2.2.5	Señales de Restricción.....	2—21
2.2.6	Señales de Obligación.....	2—25
2.2.7	Señales de Autorización	2—30
2.3	Señales de Advertencia de Peligro.....	2—32
2.3.1	Clasificación	2—32
2.3.2	Características.....	2—32
2.3.3	Señales de Advertencia sobre Características Geométricas de la Vía.....	2—35
2.3.4	Señales de Advertencia sobre Restricciones Físicas de la Vía	2—40
2.3.5	Señales de Advertencia de Intersecciones con Otras Vías	2—44
2.3.6	Señales de Advertencia sobre Características Operativas de la Vía.....	2—47
2.3.7	Señales de Advertencia sobre Situaciones Especiales	2—52
2.4	Señales Informativas	2—56
2.4.1	Clasificación	2—56
2.4.2	Características.....	2—56
2.4.3	Señales que Guían al Usuario a su Destino.....	2—60
2.4.4	Esquema de Señalización para Guiar al Usuario a su Destino	2—67
2.4.5	Señales con Otra Información de Interés	2—69
2.5	Esquemas de Señalización.....	2—88

2 SEÑALES VERTICALES

2.1 GENERALIDADES DE LAS SEÑALES VERTICALES

En este capítulo se abordan específicamente las señales de tránsito verticales, describiéndose la función, propósito y características de cada una de ellas.

2.1.1 Función

La función de las señales es reglamentar o advertir de peligros o informar acerca de rutas, direcciones, destinos y lugares de interés. Son esenciales en lugares donde existen regulaciones especiales, permanentes o temporales, y en lugares donde los peligros no son de por sí evidentes.

Las señales no son necesarias ni deben ser usadas para confirmar prescripciones contempladas en la Ley; por el contrario, deben ser instaladas, previo análisis técnico, sólo en aquellos lugares donde éstas se justifiquen.

2.1.2 Clasificación

De acuerdo a la función que desempeñan, las señales verticales se clasifican en 3 grupos:

- a) **Señales Reglamentarias:** Tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su transgresión constituye infracción a las normas del tránsito.
- b) **Señales de Advertencia de Peligro:** Su propósito es advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Estas señales suelen denominarse también Señales Preventivas.
- c) **Señales Informativas:** Tienen como propósito guiar a los usuarios y entregarles la información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible. También informan acerca de distancias a ciudades y localidades, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, servicios al usuario, entre otros.

Además de la clasificación anterior, entre las señales de tránsito verticales pueden distinguirse 2 tipos especiales: señales transitorias y señales dinámicas, que son aplicables a situaciones particulares o que cumplen más de alguna de las funciones descritas.

2.1.3 Características Básicas

2.1.3.1 Mensaje

Toda señal debe transmitir un mensaje inequívoco al usuario del sistema vial, lo que se logra a través símbolos y/o leyendas. Estas últimas se componen de palabras y/o números.

Dado que los símbolos se entienden más rápidamente que las leyendas, se recomienda dar prioridad al uso de ellos, los que deben corresponder a los especificados en este Manual.

Si el mensaje está compuesto por un símbolo y una leyenda, ambos deben ser concordantes.

Cuando se utilizan leyendas, las letras y números deben corresponder a la tipografía detallada en el Anexo 1, no siendo aceptable el uso de otros tipos de letras o números ni espaciamientos menores que los ahí mencionados. No obstante, el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, por resolución, podrá establecer una tipografía diferente.

En señales reglamentarias y de advertencia de peligro, las leyendas inscritas en ellas deben estar siempre en letras mayúsculas. En las informativas, el uso de mayúsculas o minúsculas está determinado por el tamaño de la letra, como se especifica en la sección 2.4.2.3 y en el Anexo 1.

Al instalar una señal cuyo símbolo resulte nuevo en un área, comuna o región, se recomienda agregar una placa educativa, inmediatamente bajo la señal, que exprese en un texto lo que representa la simbología. Esta placa debe ser rectangular, su ancho no puede exceder al de la señal y su combinación de colores debe corresponder a la de ésta. La placa puede ser usada por un período máximo de tres años a partir de la instalación de la nueva señal.

2.1.3.2 Forma y Color

La forma y color que caracterizan a cada señal facilita que sean reconocidas y comprendidas por los usuarios de la vía.

En términos generales, las señales verticales tienen las siguientes formas geométricas y colores:

- Señales Reglamentarias: su forma es circular y sólo se acepta inscribir la señal misma en un rectángulo cuando lleva una leyenda adicional. Se exceptúan las señales CEDA EL PASO (RPI - 1) y PARE (RPI - 2). Sus colores son blanco, rojo, negro y excepcionalmente azul, verde y gris.
- Señales de Advertencia de Peligro: tienen la forma de un cuadrado amarillo, que se coloca con una de sus diagonales en forma vertical; su símbolo y leyenda son negros. La señal CRUZ DE SAN ANDRES (PI - 2) constituye una excepción a esta norma.
- Señales Informativas: son rectangulares, pudiendo su lado mayor colocarse tanto horizontal como verticalmente. Se exceptúan las señales que indican la numeración de rutas. Sus colores de fondo son azul, verde y, excepcionalmente café, tratándose de señales turísticas.

Los colores de las señales deben corresponder a los especificados en el Anexo 2.

2.1.3.3 Tamaño

El tamaño de las señales es función de la velocidad máxima permitida, ya que ésta determina las distancias mínimas a la que la señal debe ser vista y leída. Por ello, se han definido los siguientes rangos para las dimensiones mínimas de cada señal reglamentaria y de advertencia de peligro:

- Menor o igual a 50 km/h
- 60 ó 70 km/h
- 80 ó 90 km/h
- 100 ó 110 km/h
- 120 km/h o más

En general, las dimensiones de las señales que se detallan en este capítulo corresponden a una velocidad de 60 km/h, considerando que éste es el caso más frecuente al ser el límite legal de velocidad máxima en zonas urbanas. Tratándose de vías con velocidades distintas y de señales reglamentarias y de advertencia de peligro, dichas dimensiones deberán modificarse considerando los factores que se entregan en el Anexo 3.

Diferente es el caso de las señales informativas, ya que en éstas el tamaño de la señal depende del tamaño de la letra y de la o las leyendas y demás elementos a inscribir en ellas. Dado el tamaño de letra que corresponda a la velocidad de la vía, la señal se diagrama horizontal y verticalmente, con los espacios pertinentes entre todos sus elementos: leyenda, símbolo, orla, flechas, etc.

2.1.3.4 Retrorreflexión

Las señales deben ser visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática, por ello se confeccionan con materiales apropiados y se someten a procedimientos que aseguran su retrorreflexión. Esta propiedad permite que sean más visibles en la noche al ser iluminadas por las luces de los vehículos, ya que una parte significativa de la luz que reflejan retorna hacia la fuente luminosa. Ver Figura 2.1 - 1.

Por lo anterior, los colores de una señal emplazada en una vía donde la velocidad máxima permitida sea inferior a 100 km/h, deben cumplir con los niveles de retrorreflexión mínimos mostrados en la Tabla 2.1 - 1. En las vías donde la velocidad máxima permitida sea 100 km/h o superior, los niveles de retrorreflexión mínimos serán los que se indican en la Tabla 2.1 - 2.

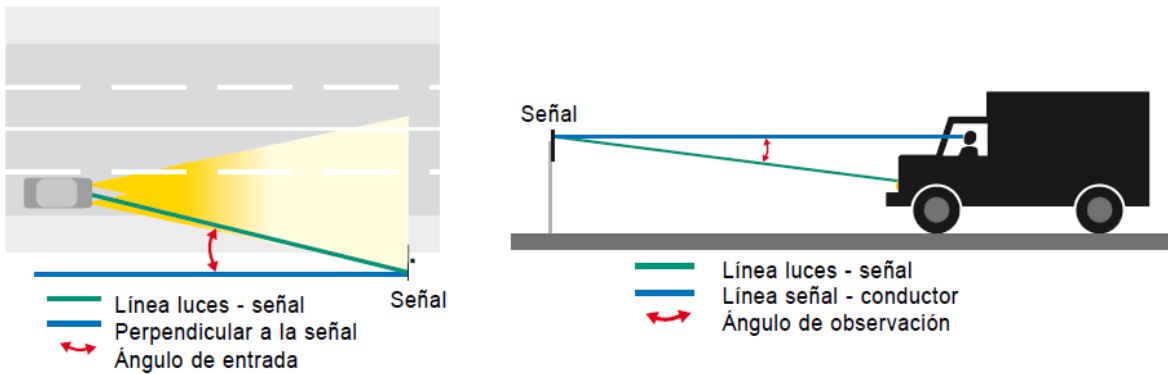
Tabla 2.1 - 1
Niveles de Retrorreflexión (Cd/lx m²)

Ángulos		Colores						
Entrada	Observación	Blanco	Amarillo	Rojo	Verde	Azul	Café	Amarillo Limón
- 4	0,2	56	40	11,2	7,2	3,2	0,8	230
- 4	0,5	24	20	6	3,6	1,6	0,2	160
30	0,2	24	17,6	4,8	2,8	1,4	0,2	85
30	0,5	12	10,4	2,4	1,8	0,6	0,2	60

Tabla 2.1 - 2
Niveles de Retroreflexión (Cd/lx m²)

Ángulos		Colores						
Entrada	Observación	Blanco	Amarillo	Rojo	Verde	Azul	Café	Amarillo Limón
- 4	0,2	200	136	36	36	16	9,6	230
- 4	0,5	76	49,6	12	12	6	4	160
30	0,2	120	80	20	20	8,8	6,8	85
30	0,5	52	36	8	8	4	2,8	60

Figura 2.1 - 1



El nivel de retroreflexión requerido para una señal depende fundamentalmente de su emplazamiento, por lo que se recomienda que en las señales ubicadas al costado izquierdo de la vía o sobre la calzada, los valores mínimos anteriores sean aumentados.

Existen situaciones como las presentadas en zonas comerciales, donde la mayor iluminación de otros elementos del entorno de la vía justifican utilizar señales con materiales o procedimientos que superen los niveles mínimos de retroreflexión especificados en las tablas anteriores. En otros casos, la ubicación de la señal, por ejemplo en los pórticos, hace que la luz de los vehículos incida débilmente en ella, lo que justifica la provisión de iluminación propia para la señal.

La retroreflexión de las señales se ve muy afectada por el polvo que se adhiere a ellas, por lo que la mantención de los niveles especificados requiere de un programa de limpieza acorde con las características climáticas de cada zona en particular.

2.1.4 Emplazamiento

Para asegurar la eficacia de una señal, su emplazamiento debe considerar:

- distancia entre la señal y la situación a la cual ella se refiere o ubicación longitudinal
- distancia entre la señal y la calzada o ubicación lateral
- altura
- orientación

A continuación se detallan los requisitos que deben cumplir las señales verticales que se instalan al costado de la calzada. El emplazamiento de señales sobre la calzada se analiza en la sección 2.4.2.4, correspondiente a señales informativas.

2.1.4.1 Ubicación longitudinal

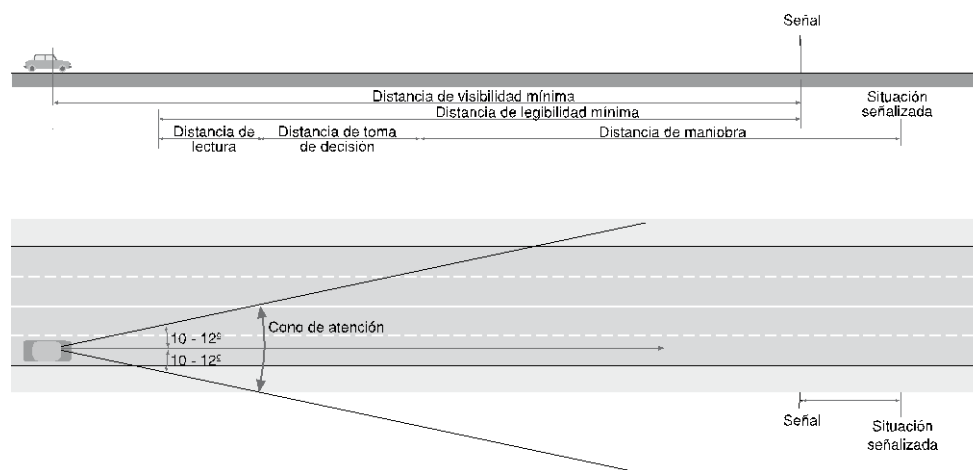
La ubicación longitudinal de cada señal debe ser tal que garantice al usuario que viaja a la velocidad máxima que permite la vía, ver, leer y comprender su mensaje con suficiente tiempo para reaccionar y ejecutar la maniobra adecuada, de modo de satisfacer uno de los siguientes objetivos:

- indicar el inicio o fin de una restricción o autorización, en cuyo caso la señal debe ubicarse en el lugar específico donde esto ocurre.
- advertir o informar sobre condiciones de la vía o de acciones que se deben o pueden realizar más adelante.

Las etapas del proceso descrito definen las siguientes distancias, que se muestran en la Figura 2.1 - 2:

- a) distancia de visibilidad mínima
- b) distancia de legibilidad mínima
- c) distancia de lectura
- d) distancia de toma de decisión
- e) distancia de maniobra
- f) ubicación longitudinal

Figura 2.1 - 2



2.1.4.2 Ubicación Lateral

Para que las señales puedan ser percibidas por los conductores es preciso que éstas se ubiquen dentro de su cono de atención, esto es, dentro de 10° respecto de su eje visual, evitando instalarlas alejadas de la calzada, demasiado elevadas o muy bajo respecto del nivel de ésta. Ver Figura 2.1 - 3.

Para lograr una buena visibilidad nocturna de las señales se recomienda ubicarlas en lugares donde puedan ser adecuadamente iluminadas por los focos de los vehículos.

En general, los conductores están acostumbrados a encontrar las señales al lado derecho de la vía, por lo tanto es allí donde deben ser ubicadas. Sin embargo, cuando existen movimientos vehiculares complejos, vías de un sentido con dos o más pistas de circulación o zonas de no adelantar, es conveniente reforzar la señal instalando otra idéntica al lado izquierdo.

Las bermas, pavimentadas o no, se construyen para emergencias vehiculares, por lo que nunca se debe colocar en ellas una señal, debiendo evitarse además que cualquier elemento de éstas se encuentre sobre las mismas.

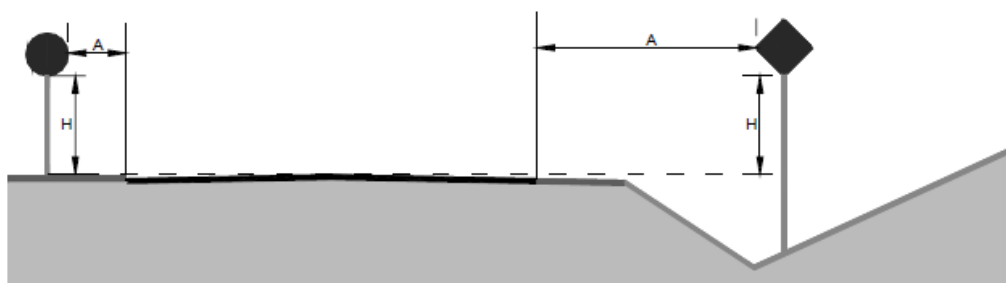
Por otra parte, los postes y demás elementos estructurales de las señales pueden representar un peligro para los usuarios que eventualmente los impacten. Por ello, teniendo presente la ubicación de las señales dentro del cono de atención, es conveniente situarlas alejadas del borde de calzada, disminuyendo así las probabilidades de que sus soportes sean embestidos por vehículos. Las distancias laterales mínimas mostradas en la Figura 2.1 - 3 han dado un resultado satisfactorio, por lo que deben servir como guía.

2.1.4.3 Altura

La altura de la señal debe asegurar su visibilidad. Por ello la elevación correcta queda definida, en primer lugar, por los factores que podrían afectar dicha visibilidad, como altura de vehículos en circulación o estacionados, crecimiento de la vegetación existente, o la presencia de cualquier otro obstáculo. En segundo lugar, debe considerarse la geometría horizontal y vertical de la vía.

Los valores recomendados para la altura del borde o punto más bajo de una señal respecto de la parte más alta de la calzada se muestran en la Figura 2.1 - 3.

Figura 2.1 - 3



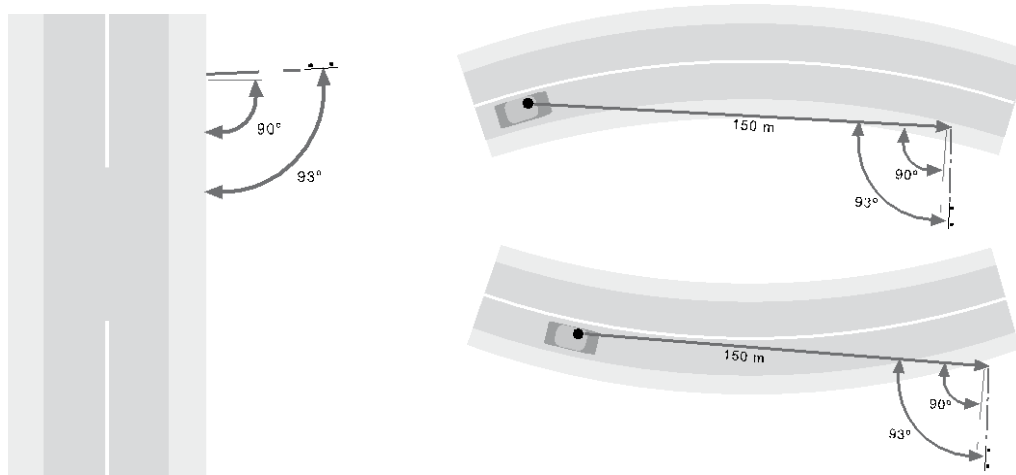
	A (m)		H (m)	
	Mín.	Mín.	Mín.	Máx.
Autopistas y Autovías	3,5	1,5	1,5	2,2
Vía Convencional Rural con velocidad máxima ≥ 90 km/h	3	1,5	1,5	2,2
Vía Convencional Rural con velocidad máxima ≤ 80 km/h	2,5*	1,5	1,5	2,2
Vía Convencional Urbana con Solera	0,3	1,8	1,8	2,2
Vía Convencional Urbana sin Solera	1,5	1,8	1,8	2,2

(*) La distancia mínima señalada corresponde a vías pavimentadas. En vías sin pavimento, dicha distancia lateral puede reducirse a 2,0 m.

2.1.4.4 Orientación

Cuando un haz de luz incide perpendicularmente en la cara de una señal se produce el fenómeno de reflectancia especular que deteriora su nitidez. Para minimizar dicho efecto, se recomienda orientar las señales de modo que la cara de éstas y una línea paralela al eje de calzada formen un ángulo como el que se muestra en la Figura 2.1 - 4.

Figura 2.1 - 4



2.1.5 Sistema de Soporte

El sistema de soporte debe asegurar que la señal se mantenga en la posición correcta ante cargas de viento y movimientos sísmicos y que adicionalmente no represente un peligro grave al ser impactado por un vehículo.

También es importante destacar la necesidad de adoptar medidas que dificulten el robo u otras acciones vandálicas que alteren la correcta posición de las señales.

2.2 SEÑALES REGLAMENTARIAS

Las señales reglamentarias tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su transgresión constituye infracción a las normas del tránsito.

2.2.1 Clasificación

Las señales reglamentarias tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su transgresión constituye infracción a las normas del tránsito.

Atendiendo a su función las señales reglamentarias se dividen en:

- de prioridad (RPI)
- de prohibición (RPO)
- de restricción (RR)
- de obligación (RO)
- de autorización (RA)

Las señales reglamentarias se muestran en la Figura 2.2 - 1.

Figura 2.2 - 1





NO PEATONES
RPO - 16



NO BLOQUEAR
CRUCE
RPO - 17



SILENCIO
RPO - 18



VELOCIDAD
MÁXIMA
RR - 1



VELOCIDAD MÍNIMA
RR - 2



CIRCULACIÓN
EN AMBOS
SENTIDOS
RR - 3



PESO MÁXIMO
PERMITIDO
RR - 4



PESO MÁXIMO
POR EJE
RR - 5



ALTURA
MÁXIMA
RR - 6



ANCHO
MÁXIMO
RR - 7



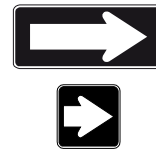
LARGO
MÁXIMO
RR - 8



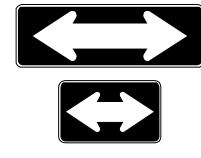
FIN PROHIBICIÓN
O RESTRICCIÓN
RR - 9



SOLO TELEVIA
O SISTEMA
COMPLEMENTARIO
RR - 10



TRÁNSITO EN
UN SENTIDO
RO - 1a



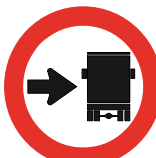
TRÁNSITO EN
AMBOS SENTIDOS
RO - 1b



TRÁNSITO
PEATONAL
RO - 1c



MANTENGA SU
DERECHA
RO - 2a



VEHÍCULO PESADO
MANTENGA SU
DERECHA
RO - 2b



DIRECCIÓN
OBLIGADA
RO - 3



PREFERENCIA
AL SENTIDO
CONTRARIO
RO - 4



TRÁNSITO DE
PEATONES
RO - 5



PASO OBLIGADO
DERECHA
RO - 6a



PASO OBLIGADO
IZQUIERDA
RO - 6b



PASO VÉRTICE
RO - 6c



MINIRROTONDA
RO - 6d



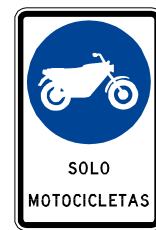
CONTROL
ADUANA
RO - 7



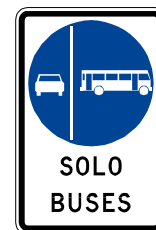
USO
OBLIGATORIO
DE CADENAS
RO - 8



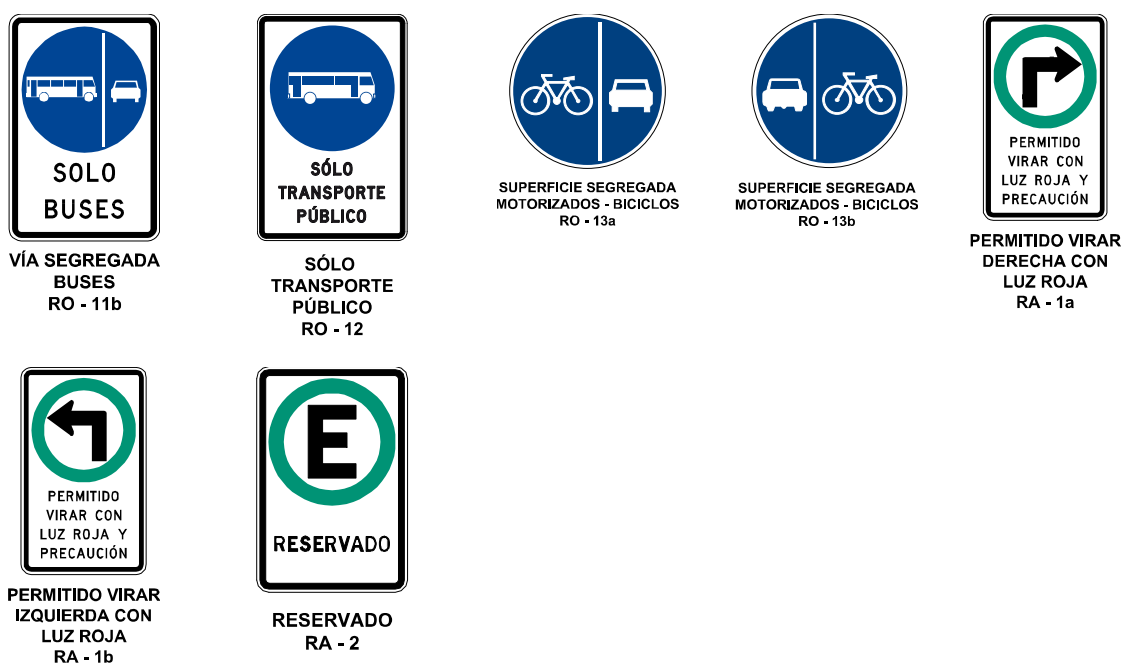
LUCES
ENCENDIDAS
RO - 9



SOLO
MOTOCICLETAS
RO - 10



VÍA SEGREGADA
BUSES
RO - 11a



2.2.2 Características

2.2.2.1 Forma y Color

La mayoría de las señales reglamentarias tienen forma circular, aceptándose que éstas se inscriban en un rectángulo cuando llevan leyenda, la que debe ser clara y concisa. Se exceptúan las señales CEDA EL PASO (RPI - 1), PARE (RPI - 2), y las que indican el sentido del tránsito.

Su color de fondo es blanco y excepcionalmente rojo o azul; su orla es roja y excepcionalmente verde o negra, y su símbolo y leyenda negro, blanco y excepcionalmente gris.

2.2.2.2 Mensaje

Además de comunicar a los usuarios sobre prohibiciones o restricciones a través de símbolos, puede ser necesario complementar el mensaje de la señal con una leyenda. Es el caso, por ejemplo, de prohibiciones o restricciones sólo para ciertos períodos. Cuando ello ocurra el símbolo debe complementarse con una leyenda que indique el horario y/o días en que rige la reglamentación, señalando, en lo posible, horas enteras del código horario de 24 horas. A modo de ejemplo, es preferible “21 A 6 h”, en lugar de “21:30 A 6:15 h”.

2.2.2.3 Emplazamiento

Las señales reglamentarias deben ser colocadas en el lugar donde se requiera establecer la regulación, y si las condiciones del tránsito o de la vía lo hacen necesario, pueden ser repetidas al costado izquierdo, a fin de garantizar su observación y respeto.

2.2.3 Señales de Prioridad

Las señales de prioridad son aquéllas que regulan el derecho preferente de paso y, además del semáforo, tratado en el Capítulo 4, son tres: CEDA EL PASO (RPI - 1), PARE (RPI - 2) y PARE NIÑOS (RPI - 3).

A continuación se detalla el procedimiento que justifica la instalación en una intersección de la señal CEDA EL PASO (RPI - 1) o la señal PARE (RPI - 2).

Siempre que el volumen vehicular que converge a una intersección, considerando todas sus ramas, supere en algún período del día los 100 vehículos por hora en zonas urbanas y 50 vehículos por hora en zonas rurales, debe regularse la circulación vehicular en el cruce mediante una señal de prioridad CEDA EL PASO (RPI - 1) o PARE (RPI - 2), la que debe quedar determinada por las condiciones de visibilidad en el cruce.

Se emplea la señal CEDA EL PASO (RPI - 1) cuando la visibilidad en el cruce permite al conductor del vehículo que transita por la calle de menor prioridad distinguir fácilmente cualquier vehículo que circule por la vía de mayor prioridad, disponiendo del tiempo y la distancia necesaria para cederle el paso antes entrar el cruce. En caso contrario, debe emplearse la señal PARE (RPI - 2).

En general, la señal PARE (RPI - 2) debe emplearse en pocas ocasiones. Su uso indiscriminado afecta negativamente su credibilidad y, en consecuencia, cuando realmente se requiere, en lugar de ayudar a la seguridad del cruce puede deteriorarla. El procedimiento para determinar el tipo de control en una intersección regulada por señal de prioridad, detallado en la Figura 2.2 - 2, es el siguiente:

- Se traza una línea imaginaria "a" de 3,0 m de largo, localizada a lo largo de la línea central de la calle no prioritaria, y que se desarrolla a partir de la continuación del borde de calzada de la vía prioritaria.
- Se traza una línea "y", cuya longitud está dada por la Tabla 2.2 - 1, sobre el borde de la calzada de la vía prioritaria, a partir del eje central de la vía no prioritaria, y desarrollada en la dirección contraria al tránsito.
- Se instala la señal CEDA EL PASO (RPI - 1) cuando desde cualquier punto de la línea "a" se tiene visibilidad no interrumpida por tramos de más de un metro sobre la línea "y". De lo contrario, se instalará la señal PARE (RPI - 2).
- Si la vía prioritaria tiene doble sentido de tránsito se debe realizar este procedimiento separadamente para cada sentido, correspondiendo instalar la señal PARE (RPI - 2) si a lo menos en un sentido se justifica.

La instalación de una señal CEDA EL PASO (RPI - 1) o PARE (RPI - 2) debe complementarse siempre con la respectiva demarcación, descrita en el Capítulo 3.

Figura 2.2 - 2

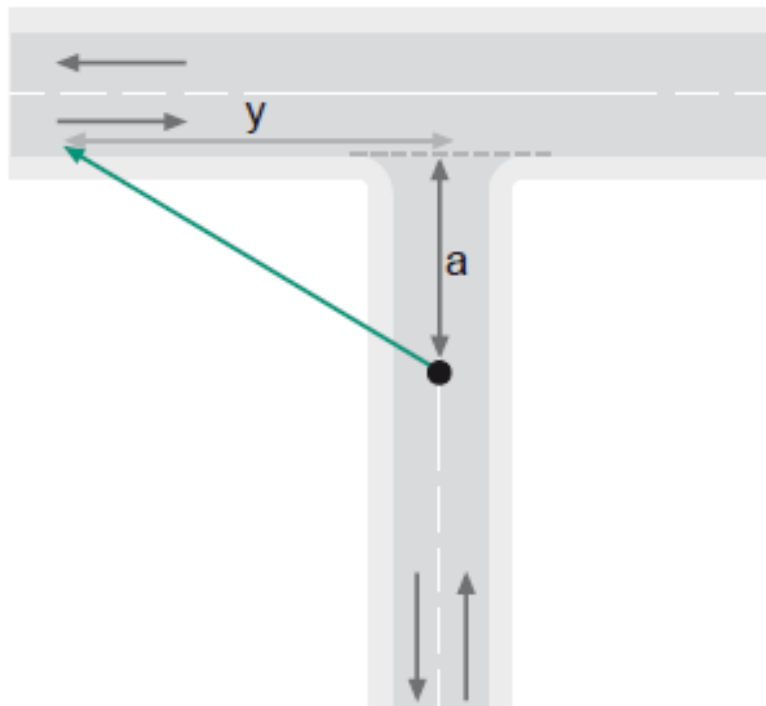
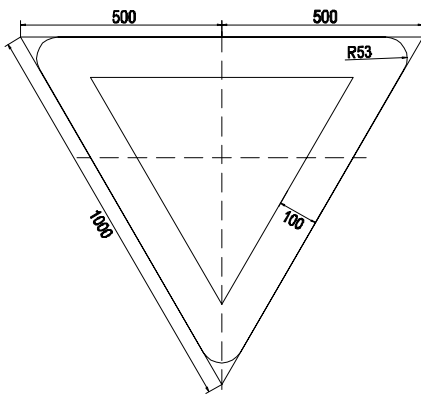


Tabla 2.2 - 1

Velocidad Máxima Vía Prioritaria (km/h)	Distancia Mínima de Visibilidad (y) (m)
>90	Usar señal PARE (RPI - 2)
90	180
80	140
70	120
60	90
50	70

CEDA EL PASO (RPI - 1)



Cotas en milímetros

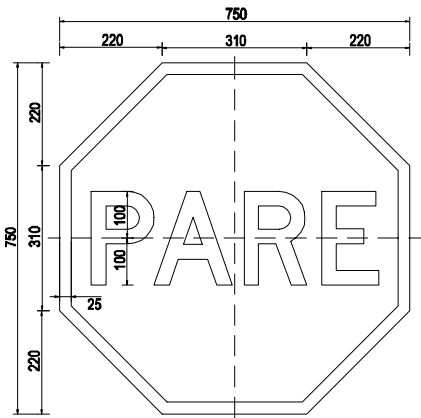


Indica a los conductores que la enfrenten que deben “ceder el paso” a los vehículos que circulan por la vía a la cual se aproximan, no teniendo necesidad de detenerse si en el flujo vehicular por dicha vía existe un espacio suficiente para cruzarla o para incorporarse a éste con seguridad.

Esta señal debe ser instalada en todos los casos en que la visibilidad no esté restringida, según el criterio antes descrito.

Cuando existen vías unidireccionales de dos o más pistas o cuando la visibilidad de la señal se vea obstaculizada, ésta debe ser reforzada, instalándola también al costado izquierdo, o bien, utilizando una de mayor tamaño.

PARE (RPI - 2)



Cotas en milímetros

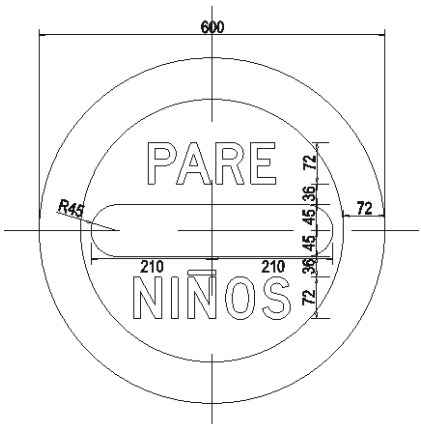


Su propósito es ordenar a los conductores que detengan completamente su vehículo y que reanuden la marcha sólo cuando puedan hacerlo en condiciones que eliminen totalmente la posibilidad de accidente.

Debe ser colocada inmediatamente próxima a la prolongación imaginaria – sobre la acera o más allá de la berma, según sea el caso – de la línea, demarcada o no, antes de la cual los vehículos deben detenerse. Este sitio de detención debe permitir al conductor buena visibilidad sobre la vía prioritaria para poder reanudar la marcha con seguridad.

Cuando existen vías unidireccionales de dos o más pistas o cuando la visibilidad de la señal se vea obstaculizada, ésta debe ser reforzada, instalándola también al costado izquierdo, o bien, utilizando una de mayor tamaño.

PARE NIÑOS (RPI - 3)



Cotas en milímetros

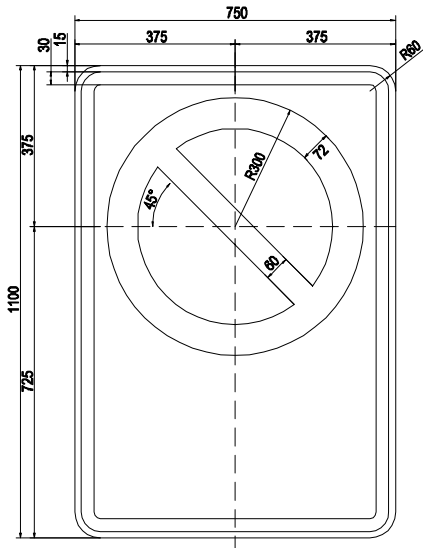


Su propósito es obligar al conductor a detener totalmente su vehículo en el lugar donde se encuentra la señal, de modo de permitir el paso seguro de escolares, y a no reanudar su marcha mientras la señal sea mostrada.

Esta señal es portátil, tiene un mango de aproximadamente 50 cm de largo, y debe ser usada por personal instruido por Carabineros de Chile.

Debe complementarse con la señal ZONA DE ESCUELA (PO - 9).

2.2.4 Señales de Prohibición



Cotas en milímetros

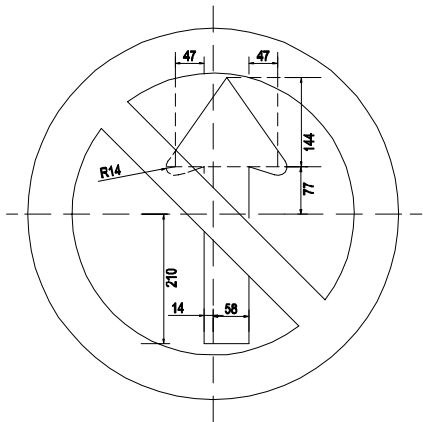
Se usan para prohibir o limitar el tránsito de ciertos tipos de vehículos o determinados movimientos. La prohibición se representa mediante un círculo blanco con orla roja cruzado por una diagonal también roja, descendente desde la izquierda, la cual forma un ángulo de 45° con la horizontal.

Cuando una prohibición afecta sólo a un tipo de vehículo, se debe agregar una leyenda que lo identifique claramente. A modo de ejemplo, si la prohibición afecta únicamente a buses, la señal se compone del símbolo correspondiente y la leyenda "BUSES" ubicada inmediatamente bajo éste.

Tratándose de prohibiciones a la circulación que abarquen a uno o más tipos de vehículos, o a vehículos y peatones, las correspondientes señales pueden presentarse agrupadas en una misma placa de color de fondo blanco.

2.2.4.1 De Maniobras y Virajes

NO ENTRAR (RPO - 1)



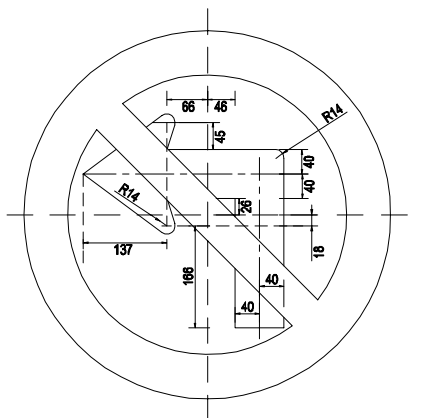
Cotas en milímetros



Esta señal prohíbe la continuación del movimiento directo del flujo vehicular que la enfrenta, más allá del lugar en que ella se encuentra instalada.

Se debe ubicar donde el conductor pueda comprender fácilmente cuál es la vía con prohibición de entrar.

NO VIRAR IZQUIERDA (RPO - 2a)



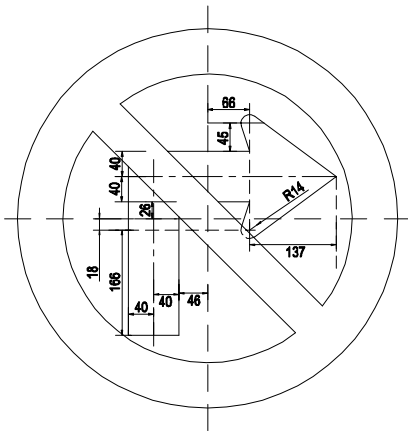
Cotas en milímetros



Esta señal se emplea para indicar al conductor que no puede virar a la izquierda en el sitio donde ella se encuentra. No debe emplearse sin antes tomar las medidas del caso para permitir a los conductores realizar el giro a través de otro recorrido, el que puede indicarse utilizando la señal informativa de RUTA ALTERNATIVA (IP - 1), descrita en 2.4.3.1.

Excepcionalmente, cuando se registren cambios de sentido tránsito, puede ser usada temporalmente como complemento de la señal TRANSITO EN UN SENTIDO (RO - 1a).

NO VIRAR DERECHA (RPO - 2b)



Cotas en milímetros

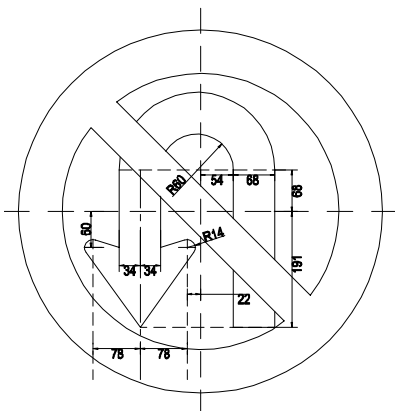


Esta señal se emplea para indicar al conductor que no puede virar a la derecha en el sitio donde ella se encuentra.

Dado que normalmente los giros a la derecha no representan problemas, su uso debe ser sumamente restringido, colocándose solamente donde existan problemas para el cruce de los peatones, o en zonas donde no se desee incrementar los flujos de la calle hacia la cual se gira, o existan problemas con pistas SOLO BUSES.

Excepcionalmente, cuando se registren cambios de sentido de tránsito, puede ser usada temporalmente como complemento de la señal TRÁNSITO EN UN SENTIDO (RO - 1a).

NO VIRAR EN U (RPO 2c)

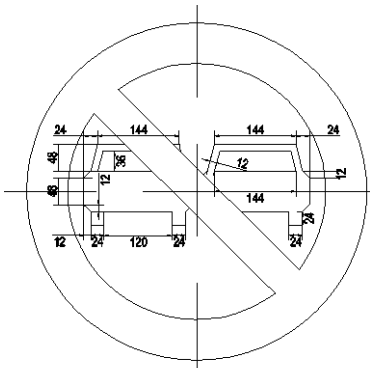


Cotas en milímetros



Esta señal indica al conductor que no puede virar en aproximadamente 180°. Se emplea cuando el viraje en "U" puede ocasionar entorpecimiento a los flujos de tránsito, el radio de giro sea pequeño o la maniobra constituya un factor de riesgo.

NO ADELANTAR (RPO - 3)



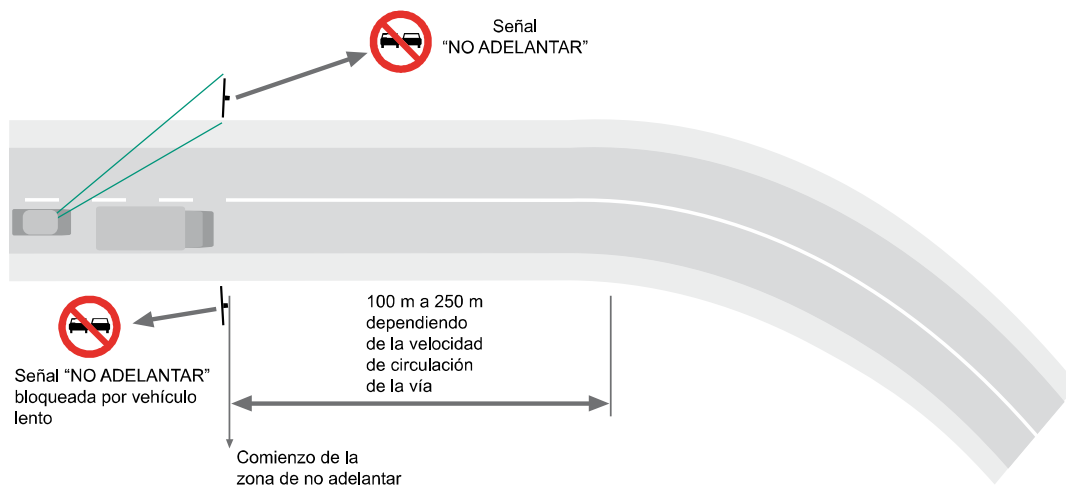
Cotas en milímetros



Esta señal se utiliza para indicar la prohibición de efectuar la maniobra mediante la cual un vehículo se sitúa delante de otro u otros que le anteceden, ya sea traspasando el eje de la calzada (adelantamiento), o sin traspasar dicho eje (sobrepaso). En vías pavimentadas se debe complementar con una línea continua en la calzada, como se especifica en la sección 3.2.3 del Capítulo 3.

Tratándose de adelantamientos, siempre se debe colocar esta señal a ambos lados de la calzada, como se muestra en la Figura 2.2 - 3, ya que los conductores que desean efectuar dicha maniobra dirigen su visión hacia la izquierda buscando la oportunidad de realizarla.

Figura 2.2 - 3



NO CAMBIAR DE PISTA (RPO - 4)



Cotas en milímetros



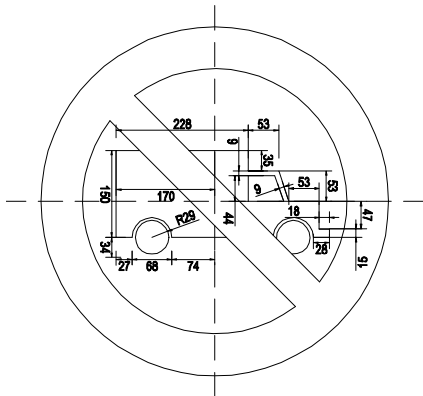
Esta señal indica a los conductores que no pueden cambiarse de la pista por la cual circulan. Se debe usar ocasionalmente y sólo cuando existan razones justificadas. En vías pavimentadas, se complementa con una línea continua en la calzada, según se especifica en la sección 3.2.3 del Capítulo 3.

Debe ser usada con la leyenda "NO CAMBIAR DE PISTA".

2.2.4.2 De Clase de Vehículos

En general, cuando se prohíbe la circulación a cierto tipo de vehículos, debe considerarse la instalación de señalización informativa oportuna que indique la ruta alternativa para los vehículos afectados por la prohibición.

PROHIBIDA CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS DE CARGA (RPO - 5)

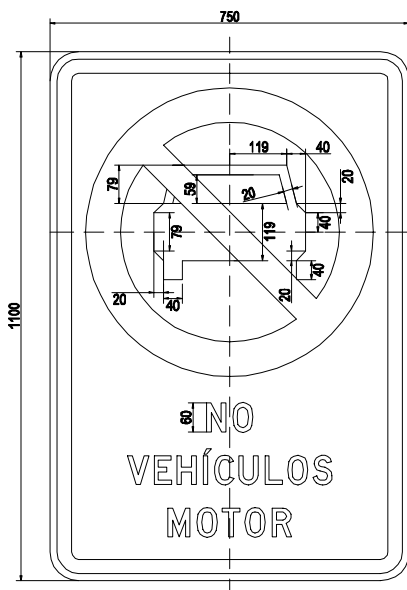


Cotas en milímetros



Esta señal se utiliza para indicar la prohibición de circulación de vehículos de carga. Puede complementarse con una leyenda de manera de indicar el número de ejes, si el caso lo requiere.

PROHIBIDA CIRCULACIÓN DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS (RPO - 6)



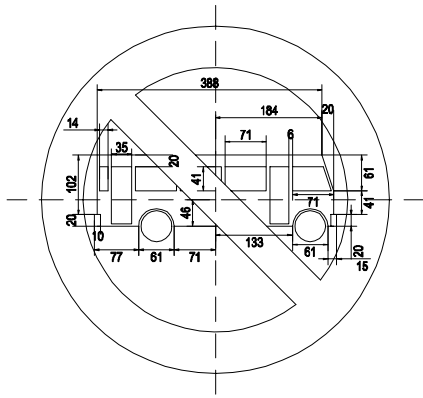
Cotas en milímetros



Esta señal se emplea para prohibir la circulación de vehículos motorizados. Su uso obviamente se restringe a áreas peatonales y a vías para vehículos de tracción animal y/o bicicletas.

Debe ser usada con la leyenda "NO VEHÍCULOS MOTOR".

PROHIBIDA CIRCULACIÓN DE BUSES (RPO - 7)

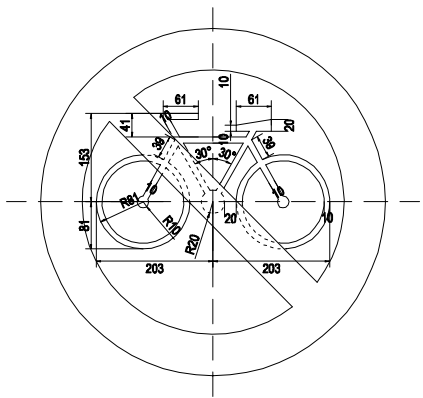


Cotas en milímetros



Esta señal se emplea para prohibir la circulación de buses.

PROHIBIDA CIRCULACIÓN DE BICICLETAS (RPO - 8)

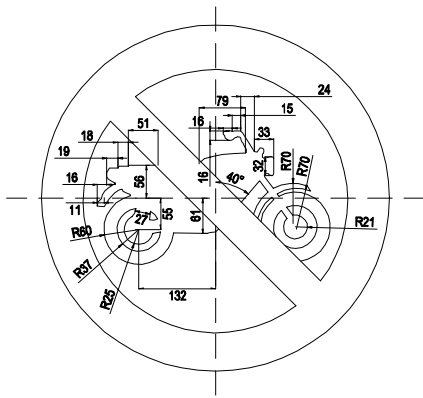


Cotas en milímetros



Esta señal se usa para prohibir la circulación de bicicletas. Se debe instalar en vías donde sea probable la presencia de ciclistas y el tránsito de vehículos motorizados haga riesgosa su circulación. Se debe instalar siempre en los accesos a autopistas, autovías y túneles.

PROHIBIDA CIRCULACIÓN DE MOTOCICLETAS (RPO - 9)

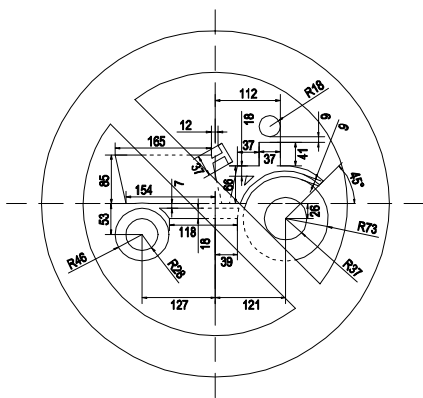


Cotas en milímetros



Esta señal se emplea para prohibir la circulación de motocicletas o similares. Se debe instalar en vías donde sea probable la presencia de motociclistas y el tránsito de otros vehículos motorizados haga riesgosa su circulación.

PROHIBIDA CIRCULACIÓN DE MAQUINARIA AGRÍCOLA (RPO - 10)

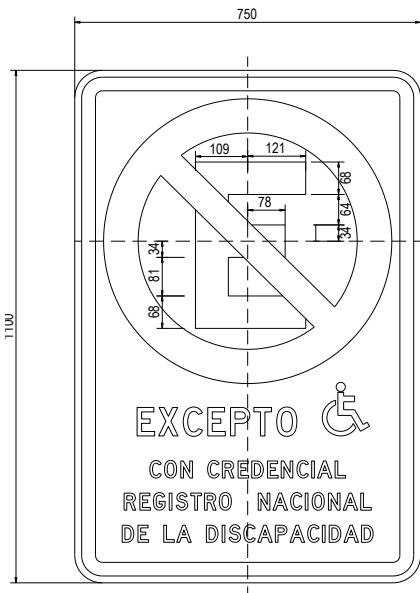


Cotas en milímetros



Esta señal se usa para prohibir la circulación de maquinaria agrícola. Se debe instalar en vías donde sea probable la presencia de estos vehículos y su circulación genere riesgo de accidentes. En zonas agrícolas se debe ubicar en los accesos a autopistas, autovías, túneles y puentes largos.

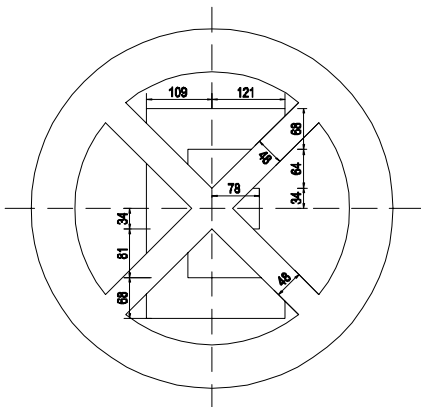
PROHIBIDO ESTACIONAR (RPO - 14)



Cuando por circunstancias especiales se autoriza un estacionamiento exclusivo, se debe agregar una leyenda a esta señal que individualice claramente a quién no se prohíbe el estacionamiento usando la palabra "EXCEPTO", por ejemplo: "EXCEPTO EMBAJADA DE JAPON". Tratándose de autorización para el estacionamiento de vehículos de personas con discapacidad, junto a la leyenda "EXCEPTO" debe agregarse el símbolo SIA y la leyenda "CON CREDENCIAL REGISTRO NACIONAL DE LA DISCAPACIDAD".

Cotas en milímetros

PROHIBIDO ESTACIONAR Y DETENERSE (RPO - 15)

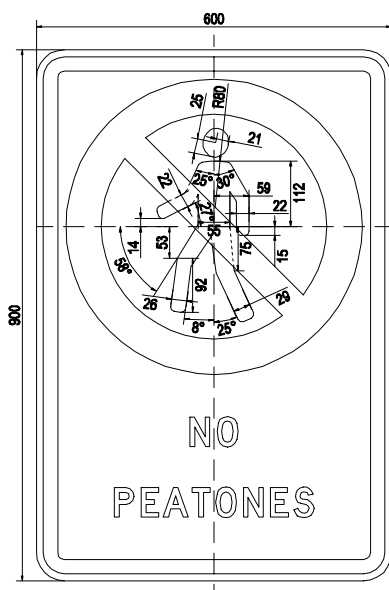


Esta señal se usa para indicar la prohibición de estacionar y/o detenerse a partir del lugar donde ella se encuentra. La prohibición puede ser limitada a determinados horarios, tipos de vehículo y tramos de vía, debiendo agregarse la leyenda respectiva. Para los efectos de precisar tramos de vía no se debe emplear flechas.

Cuando sea necesario excluir de la restricción a un vehículo que transporte a una persona con discapacidad, se podrá agregar a esta señal la leyenda "EXCEPTO", el símbolo SIA y el texto "CON CREDENCIAL REGISTRO NACIONAL DE LA DISCAPACIDAD".

Cotas en milímetros

NO PEATONES (RPO - 16)



Esta señal se emplea para prohibir la circulación de peatones. Se usa principalmente en zonas rurales. En zonas donde exista simultáneamente congestión peatonal y vehicular, en lugar de la señal se deben usar otros dispositivos que impidan físicamente el paso de peatones a la calzada.

Se debe usar con la leyenda "NO PEATONES", a menos que se presente en una misma placa junto a otra u otras señales reglamentarias de prohibición de circulación.

Cotas en milímetros

Los límites velocidad deben expresarse en múltiplos de 10.

La señal se puede complementar con una placa con la leyenda "SALIDA" para indicar la velocidad máxima permitida en una pista de salida de una autopista o autovía.

Cuando se establezcan reducciones de velocidad, éstas deben ser graduales, de acuerdo a lo que se indica en la Tabla 2.2 - 2, que contiene las distancias mínimas entre señales consecutivas.

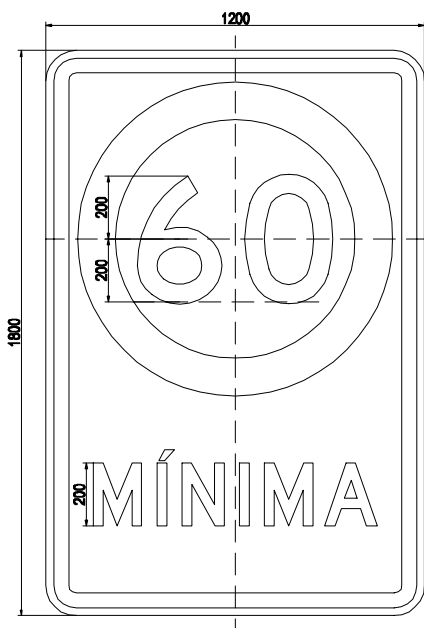
Tabla 2.2 - 2

Tipo Escala A/B	Señal Velocidad Máx.	Distancia entre Señales	Señal Velocidad Máx.	Distancia entre Señales	Señal Velocidad Máx.	Distancia entre Señales	Señal Velocidad Máx.	Distancia entre Señales	Señal Velocidad Máx.	Distancia entre Señales	Señal Velocidad Máx.
	km/h	m	km/h	m	km/h	m	km/h	m	km/h	m	km/h
A	120	150	100	125	80	100	60	80	40	40	20
B	110	140	90	110	70	80	50	55	30	30	10

Fuente: Departamento Seguridad Vial, Dirección de Vialidad, MOP.

Está documentado en la literatura sobre seguridad de tránsito que las velocidades máximas arbitrariamente bajas tienen poco efecto en la velocidad de operación y en la seguridad de la vía, por lo que la sola instalación de una señal de velocidad máxima sin modificar el diseño de la vía, no produce variaciones significativas en la velocidad de operación. Al contrario, se genera falta de respeto para con los dispositivos oficiales; por ello, las restricciones de velocidad, las características de la vía y de su entorno deben ser coherentes.

VELOCIDAD MÍNIMA (RR - 2)



Cotas en milímetros

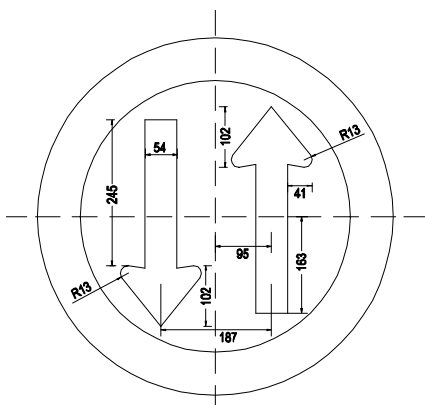


Esta señal se usa para establecer la velocidad mínima de circulación en una vía e impedir que se conduzca un vehículo a una velocidad tan baja que entorpezca el desplazamiento de otros, generando condiciones de riesgo, como ocurre en autopistas, autovías, puentes largos y túneles.

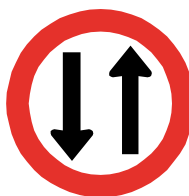
Debe complementarse siempre con la leyenda "MINIMA".

Nota: la señal mostrada tiene dimensiones relacionadas a una vía donde la velocidad máxima permitida es de 100 ó 110 km/h.

CIRCULACIÓN EN AMBOS SENTIDOS (RR - 3)

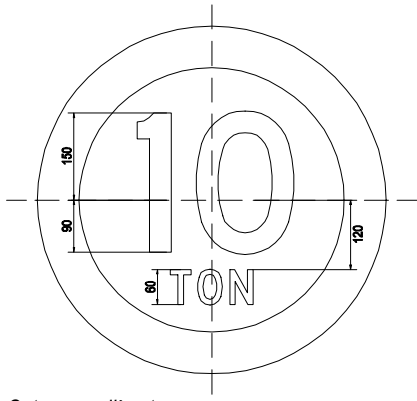


Cotas en milímetros



Esta señal se usa para indicar a los conductores de vehículos que circulan por una vía de un sentido de tránsito que a partir de ella la vía se transforma en una arteria de dos sentidos.

PESO MÁXIMO PERMITIDO (RR - 4)



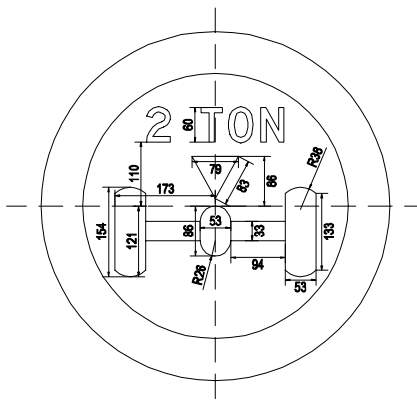
Cotas en milímetros



Esta señal se emplea para restringir la circulación de vehículos cuyo peso total, en toneladas, supere el indicado en ella. Se instala justo antes de lugares como puentes o viaductos.

Debe complementarse con la señal de advertencia de peligro PESO MÁXIMO (PF - 4).

PESO MÁXIMO POR EJE (RR - 5)

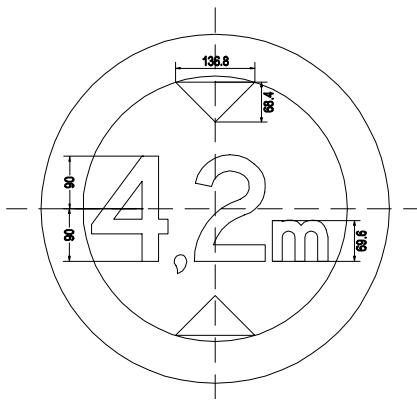


Cotas en milímetros



Esta señal se emplea para restringir la circulación de vehículos cuyo peso por eje, en toneladas, supere el indicado en ella. Su uso es apropiado principalmente para caminos, puentes y otras obras de arte civil que requieran tal limitación.

ALTURA MÁXIMA (RR - 6)



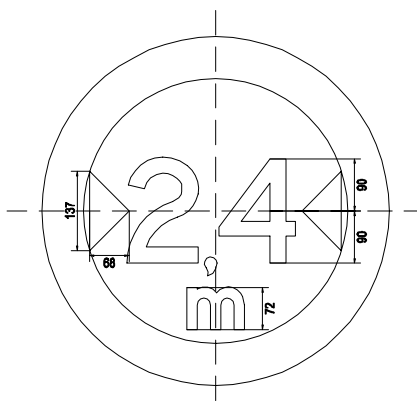
Cotas en milímetros



Esta señal se instala para indicar la altura máxima que permite un túnel, puente, paso a desnivel u otros elementos. Se debe colocar siempre que dicha restricción sea menor a 4,3 m.

Debe complementarse con la señal de advertencia de peligro ALTURA MÁXIMA (PF - 5).

ANCHO MÁXIMO (RR - 7)



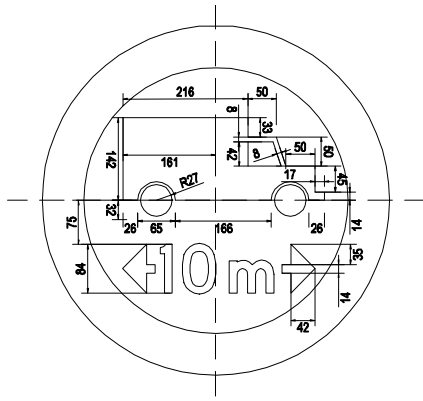
Cotas en milímetros



Esta señal se emplea para señalar el ancho máximo que permite cualquier elemento del sistema vial que constituye un impedimento a la circulación de ciertos vehículos. Se coloca siempre que dicha restricción sea menor a 2,5 m.

Debe complementarse con la señal de advertencia de peligro ANCHO MÁXIMO (PF - 6).

LARGO MÁXIMO (RR - 8)



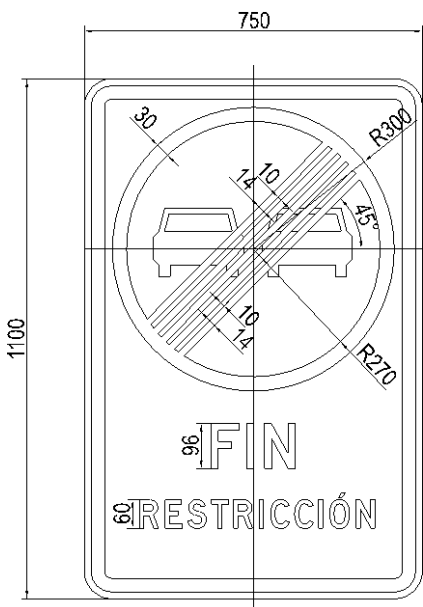
Cotas en milímetros



Esta señal se utiliza para regular la circulación de vehículos de un largo superior a "X" metros. Se emplea cuando los anchos de las vías o los radios de curvatura impiden a ciertos vehículos transitar sin afectar la circulación de otros o constituir un factor de riesgo.

Debe complementarse con la señal de advertencia de peligro LARGO MÁXIMO (PF - 7).

FIN PROHIBICIÓN O RESTRICCIÓN (RR - 9)



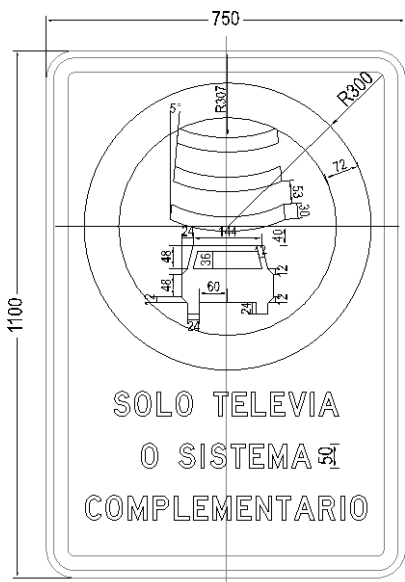
Cotas en milímetros



Esta señal indica el término de una prohibición o restricción previamente establecida y debe complementarse con la leyenda "FIN RESTRICCIÓN".

No debe ser usada para indicar el término de una restricción de velocidad máxima, ya que en estos casos corresponde la instalación de una señal VELOCIDAD MÁXIMA (RR - 1) que señale el nuevo límite.

SÓLO TELEVÍA O SISTEMA COMPLEMENTARIO (RR - 10)



Cotas en milímetros



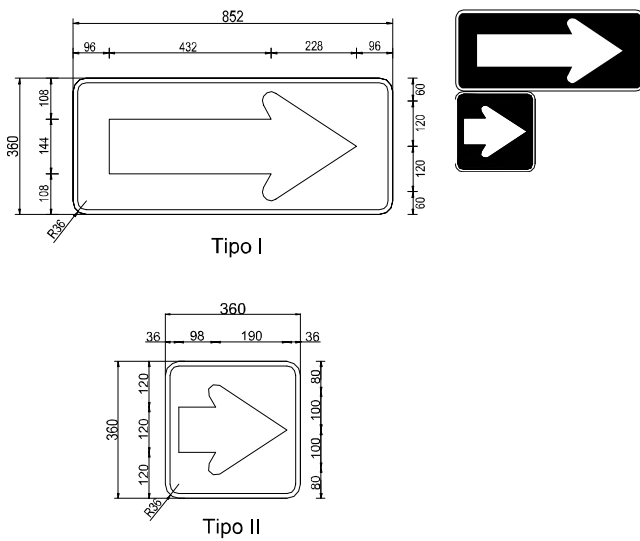
Esta señal indica a los conductores que circulen por la pista o vía, según corresponda, que a partir de la indicación de la señal, será obligatorio para el vehículo que transita por ella estar provisto del dispositivo de cobro electrónico denominado TELEVÍA o de otro sistema complementario que se encuentre vigente y cuyo uso fuere debidamente autorizado y aprobado por el Ministerio de Obras Públicas.

Se entiende por TELEVÍA: El dispositivo electrónico adosado a un vehículo y que permite su registro al pasar por un punto de peaje, en una pista o vía con cobro electrónico, concesionada o de control de la Dirección de Vialidad y que cumple con los requisitos técnicos y operativos establecidos por el Ministerio de Obras Públicas.

Se entiende por "Sistema Complementario": Cualquier sistema complementario al dispositivo de cobro electrónico TELEVÍA, destinado al pago de peaje en una pista o vía con cobro electrónico, concesionada o de control de la Dirección de Vialidad, que se encuentre vigente y cuyo uso fuere debidamente autorizado y aprobado por el Ministerio de Obras Públicas.

2.2.6 Señales de Obligación

TRÁNSITO EN UN SENTIDO (RO - 1a)



Cotas en milímetros

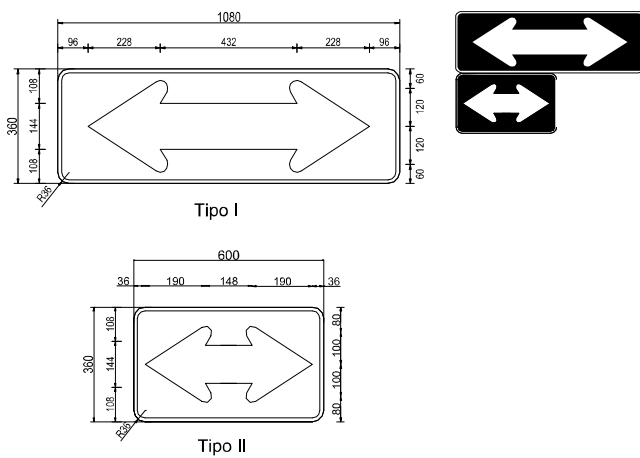
Esta señal se utiliza para indicar el sentido del tránsito de una vía. La flecha blanca inscrita en ella debe cumplir con los niveles de retrorreflexión mínimos especificados en la sección 2.1.3.4, aun cuando la señal no se encuentre instalada en un poste, sino que adherida a un muro o fachada.

La señal Tipo I puede ser instalada en un poste o adherida a un muro o fachada y la señal Tipo II sólo puede ser instalada en un poste.

Para el caso de la señal instalada en un poste, se debe complementar con la señal NOMBRE Y NUMERACIÓN DE CALLE (IV - 3).

Cuando respecto de esta última el Secretario Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones competente haya autorizado el uso de colores distintos a los especificados en este Manual, se entenderá que tal autorización comprende a esta señal si ambas se encuentran en un mismo poste.

TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS (RO - 1b)



Cotas en milímetros

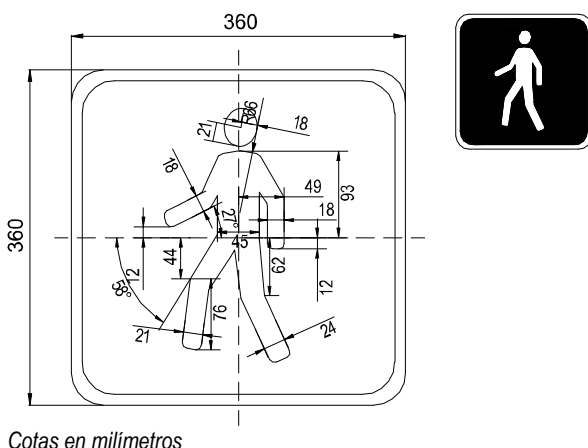
Esta señal se utiliza para indicar que en una vía el tránsito puede fluir en dos direcciones. La flecha blanca de dos puntas inscrita en ella debe cumplir con los niveles de retrorreflexión mínimos especificados en 2.1.3.4, aun cuando la señal no se encuentre instalada en un poste, sino que adherida a un muro o fachada.

La señal Tipo I puede ser instalada en un poste o adherida a un muro o fachada y la señal Tipo II sólo puede ser instalada en un poste.

Se debe complementar con la señal NOMBRE Y NUMERACIÓN DE CALLE (IV - 3).

Cuando respecto de esta última el Secretario Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones competente haya autorizado el uso de colores distintos a los especificados en este Manual, se entenderá que tal autorización comprende a esta señal si ambas se encuentran en un mismo poste.

TRÁNSITO PEATONAL (RO - 1c)



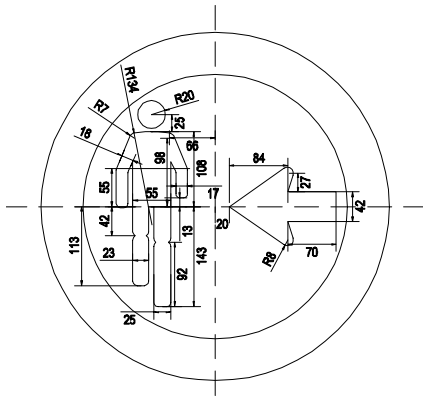
Cotas en milímetros

Esta señal se utiliza en reemplazo de las señales TRÁNSITO EN UN SENTIDO (RO - 1a) o TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS (RO - 1b), e indica la existencia de una vía donde sólo se autoriza la circulación peatonal.

El símbolo blanco inscrito en ella debe cumplir con los niveles de retrorreflexión mínimos especificados en 2.1.3.4.

Se debe complementar con la señal NOMBRE Y NUMERACIÓN DE CALLE (IV - 3). Cuando respecto de esta última el Secretario Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones competente haya autorizado el uso de colores distintos a los especificados en este Manual, se entenderá que tal autorización comprende a esta señal.

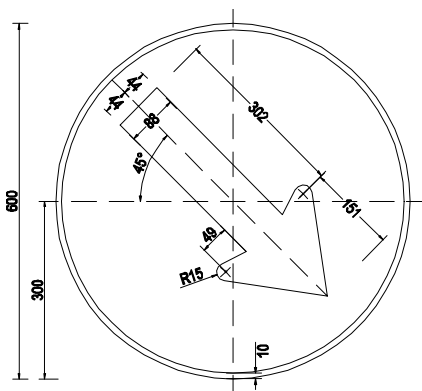
TRÁNSITO DE PEATONES (RO - 5)



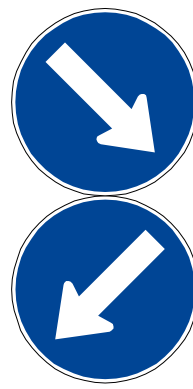
Esta señal se usa para indicar a los peatones que deben caminar enfrentando el tránsito vehicular. En caso de ser necesaria una leyenda, ésta debe ser “CAMINE POR SU IZQUIERDA”. No se recomienda su empleo en zonas urbanas.

Cotas en milímetros

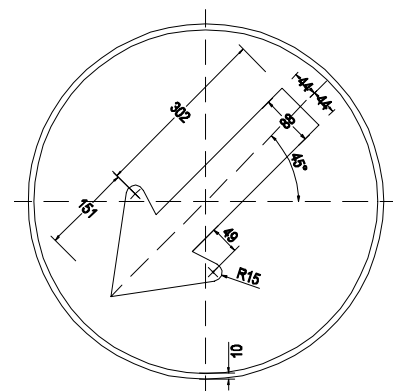
PASO OBLIGADO DERECHA (RO - 6a)



Cotas en milímetros



PASO OBLIGADO IZQUIERDA (RO - 6b)



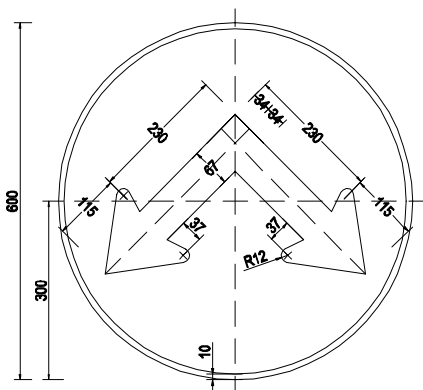
Cotas en milímetros



Estas señales se usan para indicar a los conductores que deben continuar circulando por el lado de la calzada indicado por la flecha.

Se instalan al inicio de islas de canalización, medianas y otros, a una altura no superior a 1 m sobre la vía, frente al flujo que se quiere encauzar. No debe instalarse en rotondas.

PASO VÉRTICE (RO - 6c)



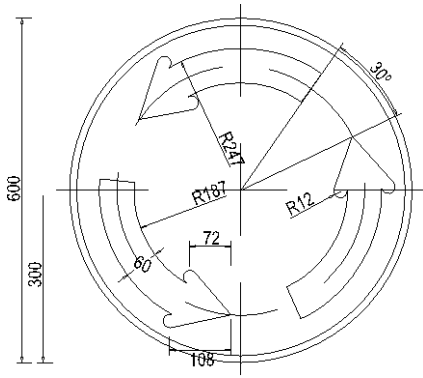
Cotas en milímetros



Esta señal se usa para indicar la existencia de un vértice de separación de flujos que circulan en un mismo sentido, debiendo los vehículos que circulan por la izquierda continuar por la izquierda y los que circulan por la derecha, por la derecha.

Se instala en islas de canalización, a una altura no superior a 1 m sobre la vía, frente al flujo que se quiere separar.

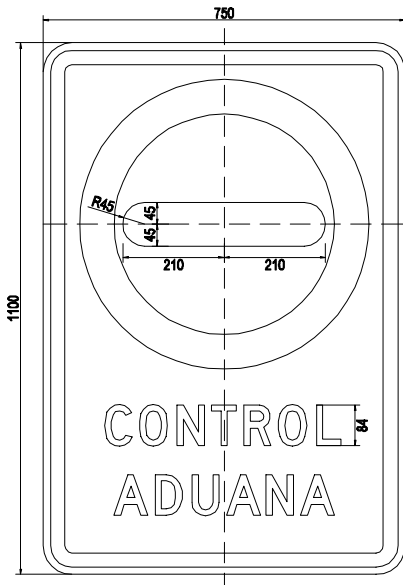
MINIRROTONDA (RO - 6d)



Se utiliza en el acceso a minirrotondas, junto a la señal ceda el paso.

Cotas en milímetros

CONTROL (RO - 7)

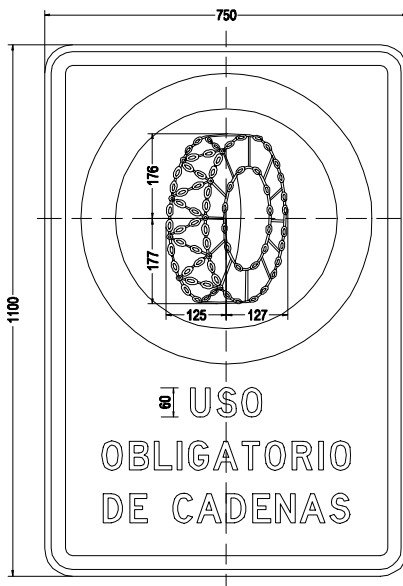


Esta señal se usa para indicar la existencia de un control de cualquier naturaleza, tales como aduanero, fitosanitario, policial, u otro. La leyenda debe estar de acuerdo al tipo de control y/o tipo de vehículo a ser controlado.

La señal se instala cuando es obligatoria la detención de los vehículos.

Cotas en milímetros

USO OBLIGATORIO DE CADENAS (RO - 8)



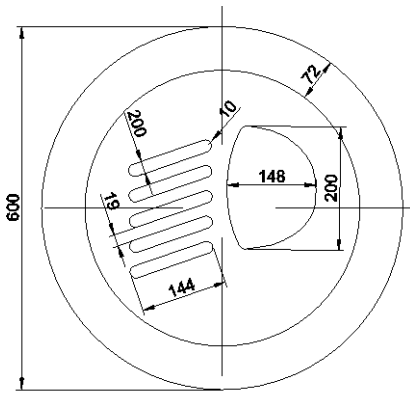
Esta señal indica a los conductores que a partir de ella es obligatorio el uso de cadenas u otro elemento equivalente para los neumáticos del vehículo. Su leyenda es "USO OBLIGATORIO DE CADENAS".

La señal puede ser portátil a objeto de trasladarla al lugar en el cual sea necesario colocar las cadenas y al mismo tiempo permitir su retiro cuando ella no es necesaria; si es permanente debe ser exhibida sólo cuando se requiera.

En lo posible, el lugar de instalación de esta señal debe contar con un espacio adecuado de estacionamiento para colocar las cadenas a los vehículos y, asimismo, para que los que no cuenten con éstas puedan virar en "U".

Cotas en milímetros

LUCES ENCENDIDAS (RO - 9)

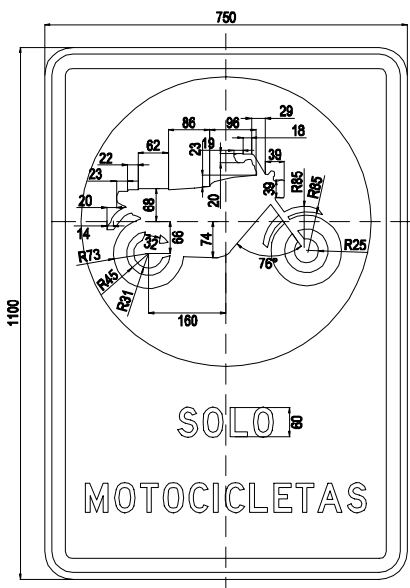


Cotas en milímetros

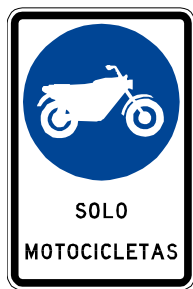


Esta señal indica que aun siendo de día, y habiendo visibilidad suficiente, los vehículos deben circular con luces bajas encendidas, a menos que cuenten con sistemas de luces diurnas (DRL).

SOLO MOTOCICLETAS (RO - 10)

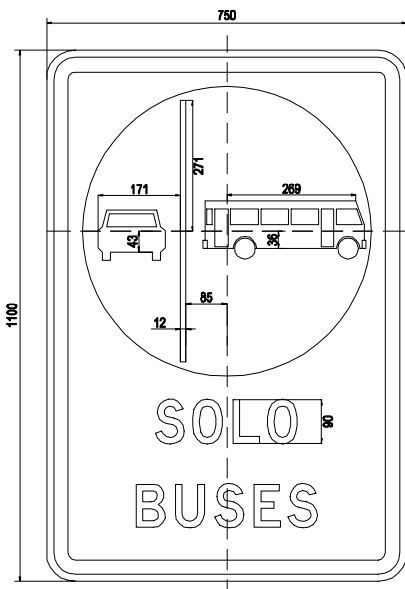


Cotas en milímetros

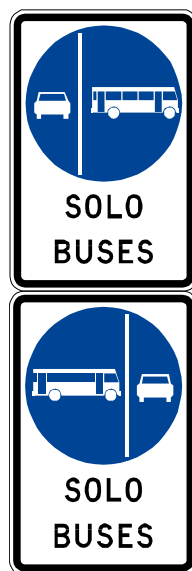


Esta señal tiene aplicación netamente urbana y se usa para indicar la existencia de una pista o vía exclusiva para motocicletas. Se instala al lado derecho de la pista o vía exclusiva y al inicio de cada cuadra, resultando ventajoso, a veces, colocarla en una estructura sobre la pista o vía.

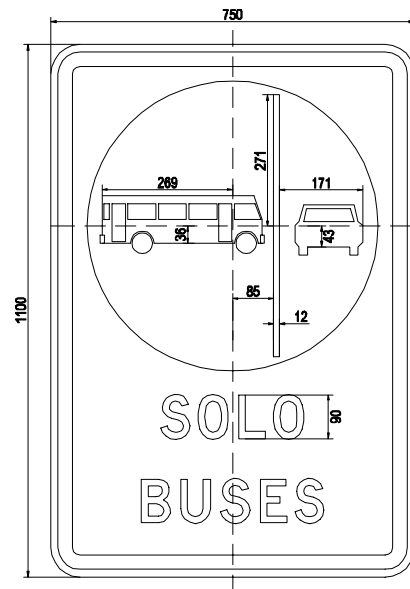
VÍA SEGREGADA BUSES (RO - 11a)



Cotas en milímetros



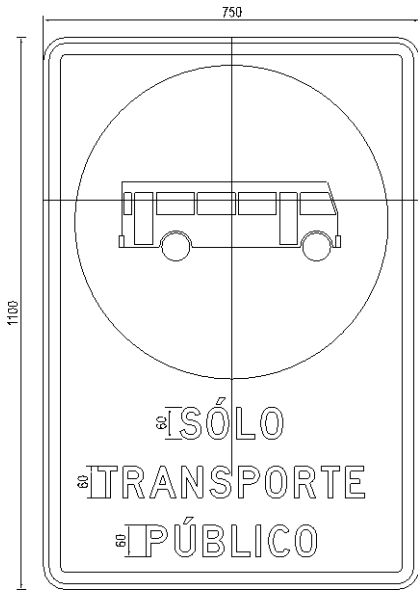
VÍA SEGREGADA BUSES (RO - 11b)



Cotas en milímetros

Estas señales se usan para indicar la existencia de una pista o vía exclusiva para buses. Se instalan al lado derecho de ellas y al inicio de cada cuadra, resultando ventajoso, a veces, colocarlas en una estructura sobre la pista o vía. Se instalan también cuando, en caso justificado el Secretario Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones autorice por resolución que la Pista Solo Buses pueda ser utilizada también por taxis colectivos.

SOLO TRANSPORTE PÚBLICO (RO - 12)



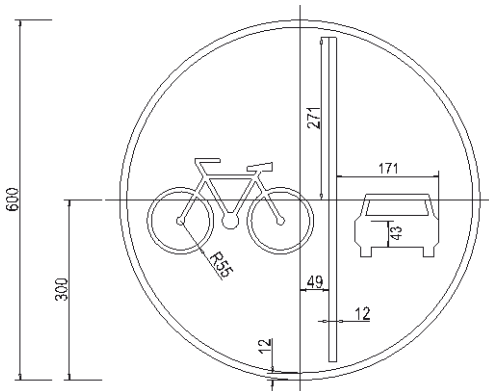
Esta señal se utiliza para indicar la existencia de una vía exclusiva. Se instala al inicio de la vía exclusiva, resultando ventajoso, a veces, colocarla en una estructura sobre la vía.

Además, se recomienda instalar en lo posible al inicio de cada cuadra o, en su defecto, a no más de 500 m. una de la otra.

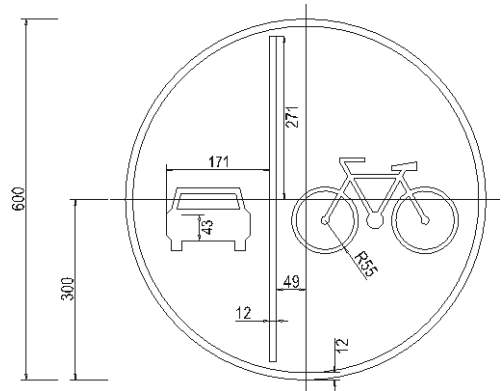
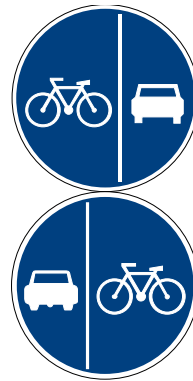
La señal puede contener también los horarios y días en que rige la disposición, en cuyo caso su tamaño deberá aumentarse conforme a la necesidades del texto a inscribir en ella.

SUPERFICIE SEGREGADA MOTORIZADOS – BICICLOS (RO – 13a)

SUPERFICIE SEGREGADA MOTORIZADOS – BICICLOS (RO – 13b)



Cotas en milímetros



Cotas en milímetros

Estas señales se utilizan para indicar a los conductores de vehículos motorizados la existencia de una ciclobanda, y que deben circular por el costado de ésta.

2.2.7 Señales de Autorización

PERMITIDO VIRAR DERECHA CON LUZ ROJA (RA - 1a)

PERMITIDO VIRAR IZQUIERDA CON LUZ ROJA (RA - 1b)



Cotas en milímetros



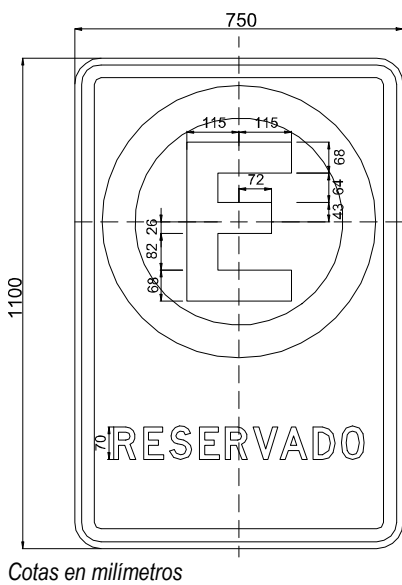
Cotas en milímetros

Estas señales se emplean para indicar a los conductores que acceden a una intersección controlada con semáforos, que excepcionalmente está permitido el viraje hacia la derecha o izquierda con luz roja, según corresponda, previa detención y dando preferencia a los peatones, y siempre que la maniobra de viraje no genere conflictos con el tránsito lateral.

Sólo se deben instalar previo estudio técnico realizado por la autoridad local competente, que demuestre que el viraje permanente no constituye riesgo de accidentes. Esto último requiere que se cumplan, a lo menos, cada una de las siguientes condiciones:

- la intersección no debe registrar más de 3 accidentes de tránsito por año;
- el flujo que vira debe ser menor o igual a 150 vehículos por hora durante todos los periodos del día;
- el flujo peatonal en conflicto directo con el viraje no debe ser mayor a 150 peatones por hora durante todos los periodos del día;
- el radio de curvatura en la intersección debe ser superior a 10 m;
- debe existir buena visibilidad, y
- tratándose de virajes a la izquierda, la vía hacia la cual se vira debe ser unidireccional.

ESTACIONAMIENTO RESERVADO (RA - 2)



Esta señal indica a los conductores la autorización de un estacionamiento reservado, según lo previsto en el artículo N° 159 del D.F.L. N°1/2007, de los Ministerios de Transportes y Telecomunicaciones y de Justicia, que fija el texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Ley N° 18.290, de Tránsito. El estacionamiento reservado puede ser ocupado por cualquier otro vehículo, siempre que su conductor permanezca en él, a fin de retirarlo cuando llegue el vehículo que goza de la reserva.

Tratándose de estacionamientos reservados para servicios de taxis licitados, el Secretario Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones competente podrá disponer la instalación de información adicional sobre el servicio ofrecido y los vehículos con que éste se preste. Dicha información adicional podrá ir en la misma señal, en una placa complementaria, o bien, en una nueva señal informativa.

2.3 SEÑALES DE ADVERTENCIA DE PELIGRO

Las señales de advertencia de peligro, llamadas también preventivas, tienen como propósito advertir a los usuarios la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal.

Estas señales, en adelante referidas como de “advertencia”, requieren que los conductores tomen las precauciones del caso, ya sea reduciendo la velocidad o realizando maniobras necesarias para su propia seguridad, la del resto de los vehículos y la de los peatones. Su empleo debe reducirse al mínimo posible, porque el uso innecesario de ellas para prevenir peligros aparentes tiende a disminuir el respeto y obediencia a todas las señales.

2.3.1 Clasificación

De acuerdo al origen de los riesgos que previenen, las señales de advertencia se dividen en:

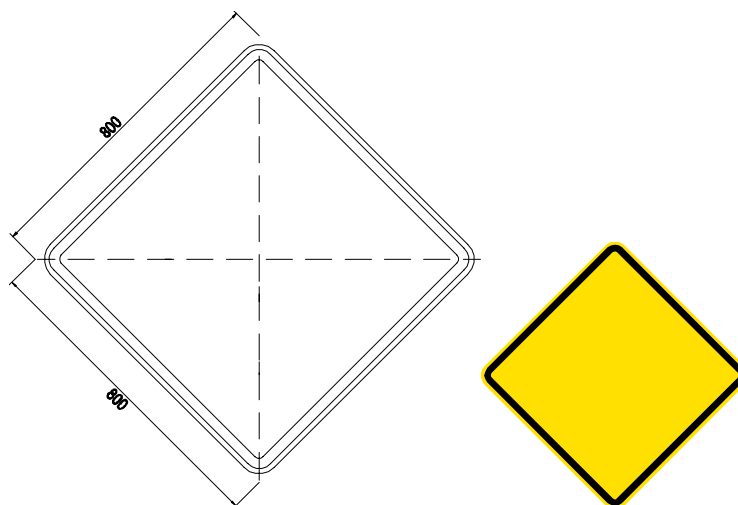
- advertencia sobre características geométricas de la vía (PG)
- advertencia sobre restricciones físicas de la vía (PF)
- advertencia de intersecciones con otras vías (PI)
- advertencia sobre características operativas de la vía (PO)
- advertencia sobre situaciones especiales (PE)

Las señales de advertencia se muestran en la Figura 2.3 - 2.

2.3.2 Características

2.3.2.1 Forma y Color

En general, las señales de advertencia tienen la forma de un cuadrado con una de sus diagonales colocada verticalmente; su color de fondo es amarillo, y sus símbolos, leyendas y orlas, negras. Excepcionalmente, sólo tratándose de algunas señales de advertencia sobre características operativas de la vía, el color de fondo puede ser amarillo limón.



Cotas en milímetros

2.3.2.2 Emplazamiento de las Señales de Advertencia.

Las señales de advertencia deben ubicarse con la debida anticipación, de tal manera que los conductores tengan el tiempo adecuado para percibir, identificar, tomar la decisión y ejecutar con seguridad la maniobra que la situación requiere. Este tiempo puede variar de 3 segundos, como en el caso de las señales de advertencia más sencillas, como CURVA A LA DERECHA (PG - 1a), hasta 10 segundos en el caso de señales de advertencia de situaciones complejas como CRUCES o BIFURCACIONES (PI - 4a a PI - 4i).

Por lo tanto, la distancia requerida entre la señal y la situación que advierte, que queda determinada por la velocidad máxima de la vía y el tiempo a que se refiere el párrafo anterior (distancia = tiempo x velocidad máxima), no debería, salvo casos excepcionales, ser inferior a 50 m. Estas pueden ser ajustadas, hasta en un 20%, dependiendo de factores tales como: geometría de la vía, accesos, visibilidad, tránsito y otros.

En el caso especial de señales que advierten sobre restricciones, que afectan sólo a ciertos vehículos, ellas deben ubicarse antes del empalme con la ruta alternativa que evita la restricción o antes donde un vehículo afectado por la limitación pueda virar en "U". Dicha ruta alternativa debe contar con señalización informativa que permita a los conductores retomar la vía original sin dificultad. En la Figura 2.3 - 1 se esquematiza esta situación.

Figura 2.3 - 1

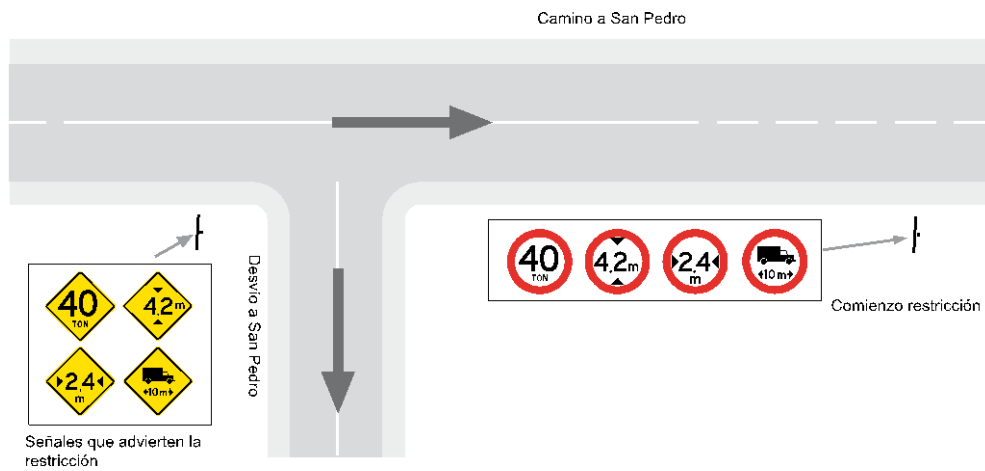
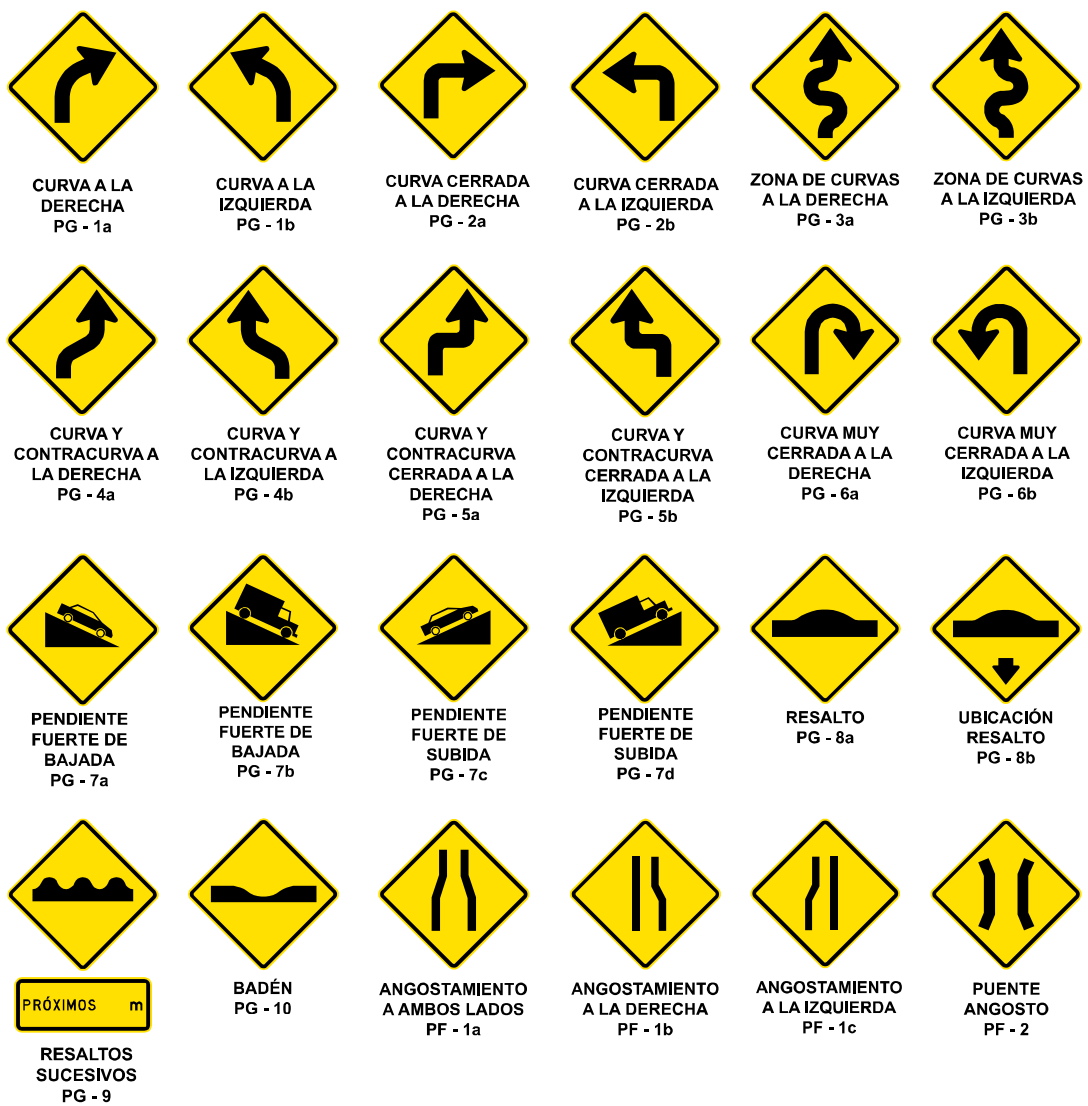
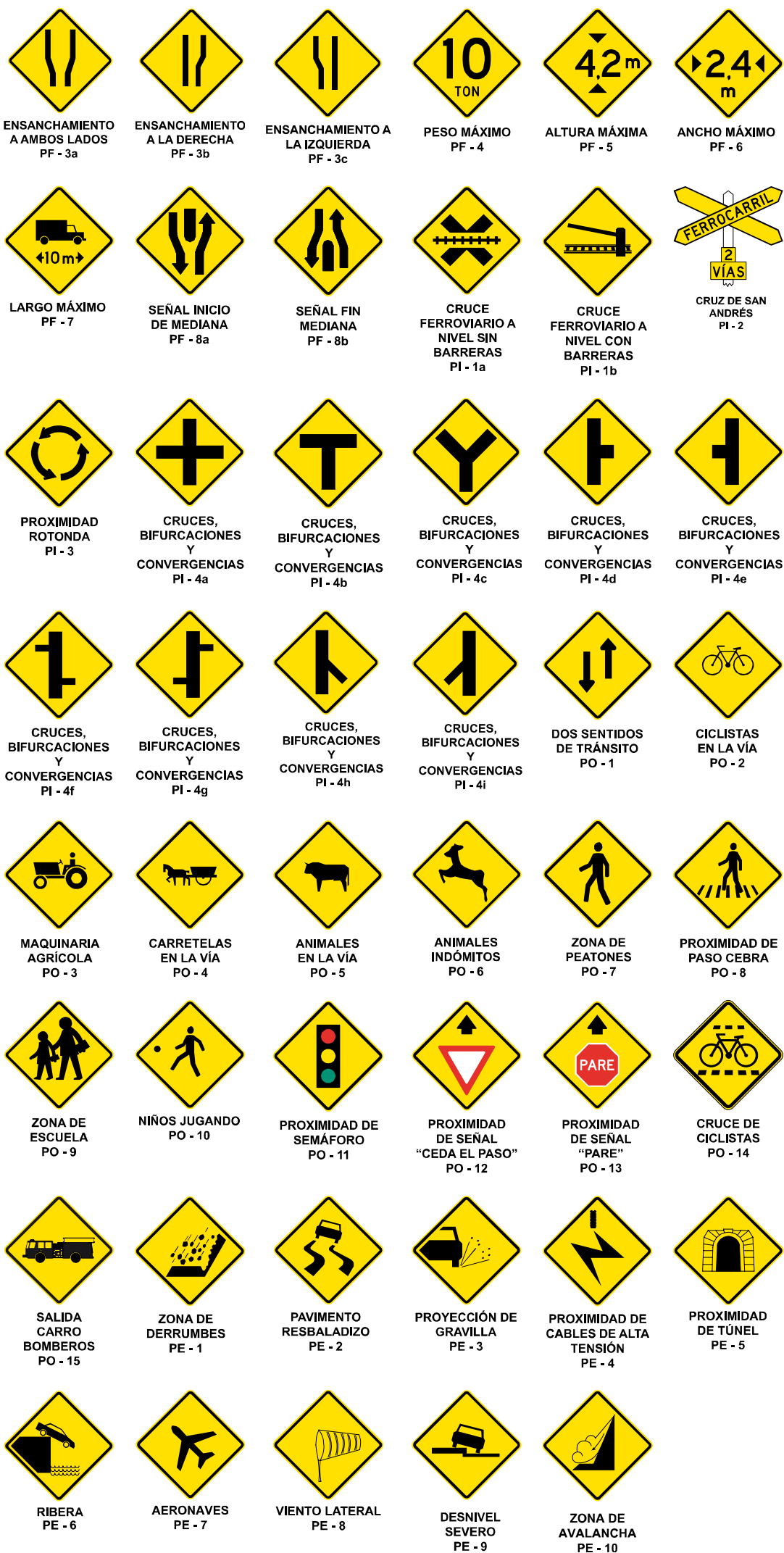
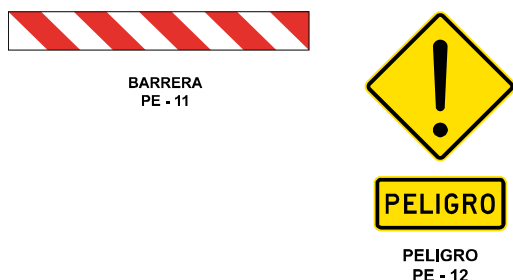


Figura 2.3 - 2

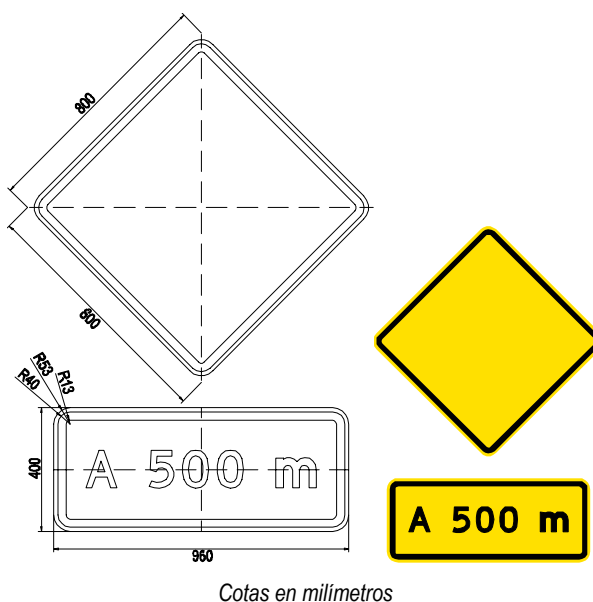






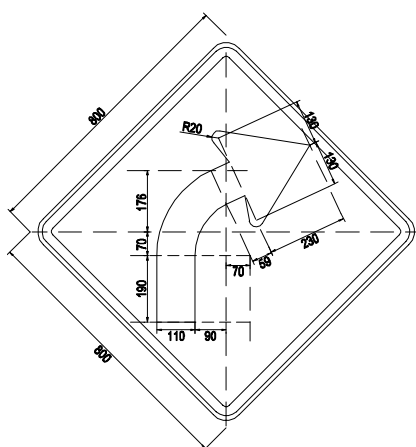
Cuando la distancia entre la señal de advertencia y el inicio de la condición peligrosa es superior a 300 m, se debe agregar a la señal una placa adicional que indique tal distancia, como lo muestra la Figura 2.3 - 3. Si dicha distancia es menor a un kilómetro, la indicación se da en múltiplos de 100 m y si es mayor, se redondea a kilómetros enteros.

Figura 2.3 - 3

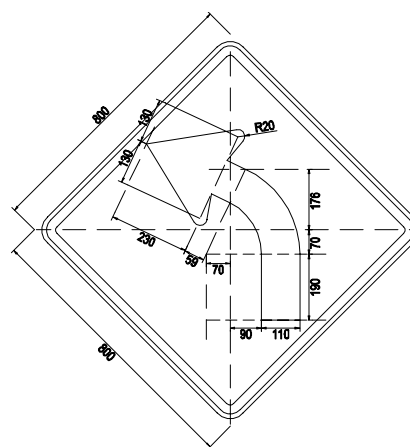


2.3.3 Señales de Advertencia sobre Características Geométricas de la Vía

CURVA A LA DERECHA (PG - 1a)



CURVA A LA IZQUIERDA (PG - 1b)

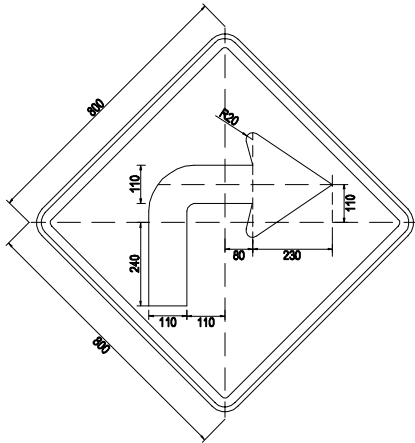


Estas señales se deben instalar para advertir la proximidad de una curva cuya velocidad de diseño es menor que la velocidad máxima o de operación del resto de la vía. También se deben usar cuando la velocidad de diseño es igual a la velocidad máxima o de operación de la vía, pero existen limitaciones de visibilidad u otras complicaciones operacionales.

En todo caso, estas señales se deben usar sólo en curvas cuya velocidad de diseño sea igual o superior a 50 km/h.

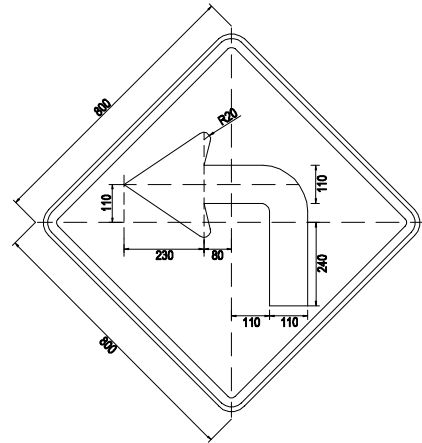
Adicionalmente, se sugiere agregar a esta señal una placa que indique a los usuarios la velocidad sugerida para transitar por la curva, de acuerdo a lo establecido en Anexo 5.

CURVA CERRADA A LA DERECHA (PG - 2a)



Cotas en milímetros

CURVA CERRADA A LA IZQUIERDA (PG - 2b)

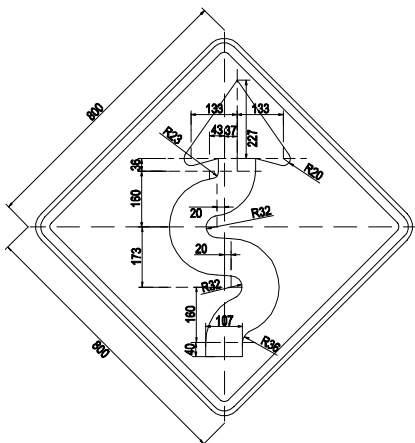


Cotas en milímetros

Estas señales se deben utilizar para advertir la proximidad de una curva cuya velocidad de diseño es menor a 50 km/h, situación que obliga al conductor a poner más atención y disminuir la velocidad.

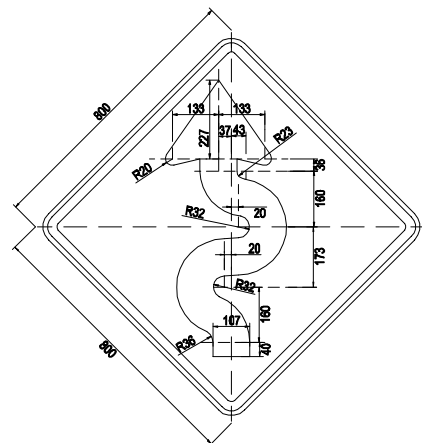
Adicionalmente, se sugiere agregar a estas señales una placa que indique a los usuarios la velocidad recomendada para transitar por la curva, de acuerdo a lo establecido en Anexo 5.

ZONA DE CURVAS A LA DERECHA (PG - 3a)



Cotas en milímetros

ZONA DE CURVAS A LA IZQUIERDA (PG - 3b)



Cotas en milímetros

Estas señales se usan para advertir la proximidad de una zona con tres o más curvas consecutivas de sentidos opuestos y cuya velocidad de diseño es menor que la velocidad máxima o de operación de la vía, y siempre que la distancia entre el fin de una curva y el inicio de la siguiente sea menor a la indicada en la

Tabla 2.3 - 1.

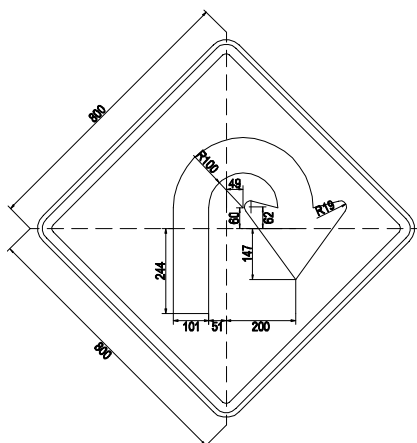
Tabla 2.3 - 1: Distancia Máxima entre Curvas Sucesivas

Velocidad diseño de curva* (km/h)	30 - 50	60 - 80	90 o más
Distancia (m)	80	120	150

(*): Corresponde a la curva con menor velocidad de diseño.

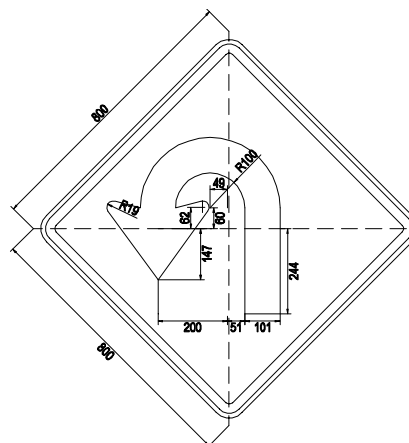
Se sugiere agregar a estas señales una placa con la **velocidad sugerida** para transitar por la zona de curvas, de acuerdo a lo establecido en Anexo 5.

CURVA MUY CERRADA A LA DERECHA (PG - 6a)



Cotas en milímetros

CURVA MUY CERRADA A LA IZQUIERDA (PG - 6b)

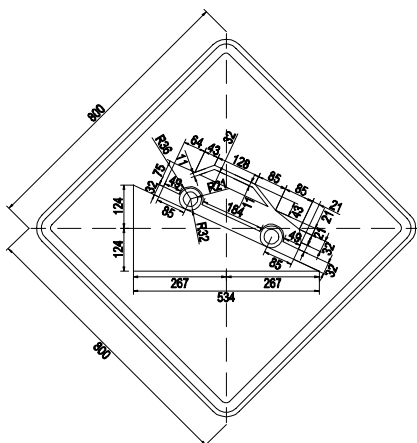


Cotas en milímetros

Estas señales se utilizan para advertir la proximidad de una curva de aproximadamente 180°.

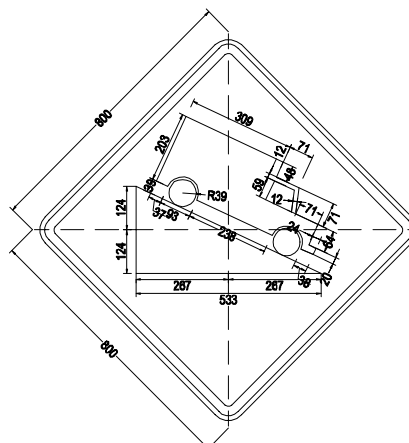
Se sugiere agregar a estas señales una placa con la **velocidad sugerida** para transitar por la zona de curvas, de acuerdo a lo establecido en Anexo 5.

PENDIENTE FUERTE DE BAJADA (PG - 7a)



Cotas en milímetros

PENDIENTE FUERTE DE BAJADA (PG - 7b)



Cotas en milímetros

Estas señales se utilizan para advertir la proximidad de una pendiente fuerte de bajada. Pueden complementarse con una placa que contenga, en números enteros, el porcentaje de dicha pendiente.

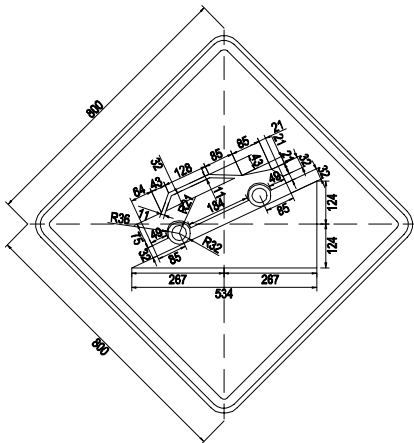
Se deben instalar cuando el tramo con pendiente igual o exceda la longitud "A" de la Tabla 2.3 - 3. Cuando igual o exceda la longitud "B", es recomendable el uso de señales de tamaños especiales que incorporen la leyenda "ENGANCHE".

Tabla 2.3 - 3: Señalización de Pendientes Fuertes

Pendiente (%)	Longitud "A" (m)	Longitud "B" (m)
6	≥ 500	≥ 2.000
7	≥ 300	≥ 1.200
8	≥ 200	≥ 800
9	≥ 150	≥ 600
10	≥ 130	≥ 520
11 o más	≥ 120	≥ 480

Estas señales pueden ser de gran eficacia si se instala también en áreas de descanso ubicadas poco antes de las bajadas. En estas áreas se puede entregar información adicional sobre rampas de emergencia, si las hubiere.

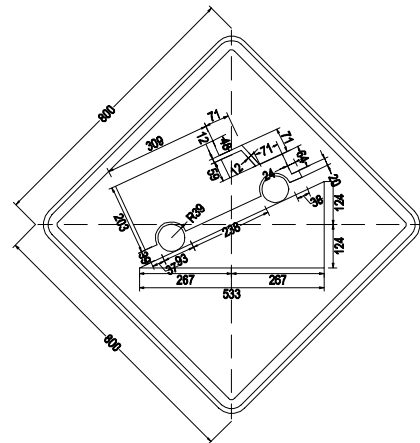
PENDIENTE FUERTE DE SUBIDA (PG – 7c)



Cotas en milímetros



PENDIENTE FUERTE DE SUBIDA (PG – 7d)

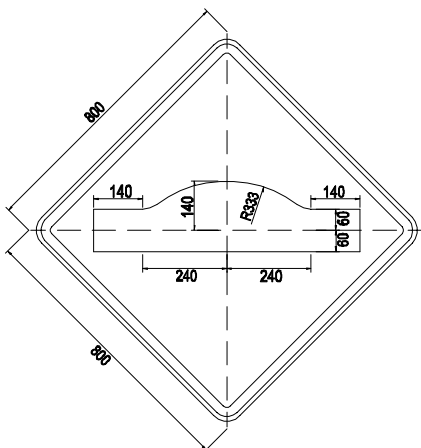


Cotas en milímetros

Estas señales se utilizan para advertir la proximidad de una pendiente fuerte de subida. Pueden complementarse con una placa que contenga, en números enteros, el porcentaje de dicha pendiente.

Se deben instalar cuando el tramo con pendiente igual o exceda la longitud "A" de la Tabla 2.3 - 3. Cuando iguale o exceda la longitud en subida, es recomendable el uso de señales de tamaños especiales que indiquen el largo de la pendiente cuando es de subida.

RESALTO (PG – 8a)

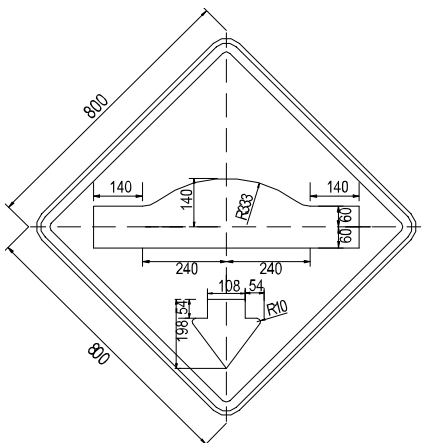


Cotas en milímetros



Esta señal se emplea para advertir la proximidad de un resalto que es producto de una deformación del pavimento o de un resalto reductor de velocidad instalado en la calzada conforme a lo establecido por el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. En este último caso, debe complementarse con la señal VELOCIDAD SUGERIDA descrita en el Anexo 5.

UBICACIÓN RESALTO (PG – 8b)

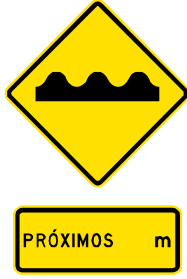
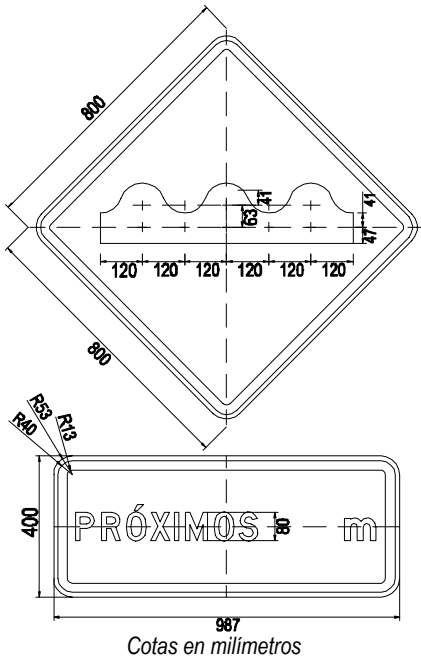


Cotas en milímetros



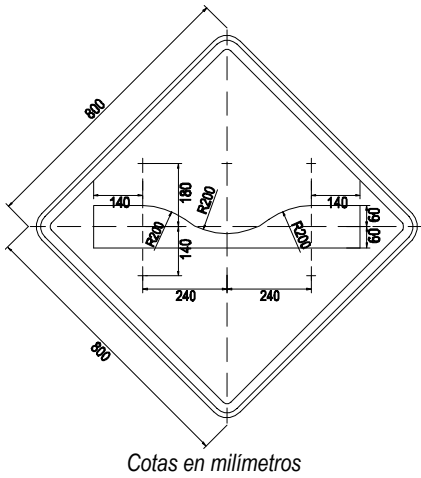
Esta es una señal opcional, que complementa a la de advertencia sobre la proximidad de un resalto reductor de velocidad RESALTO (PG - 8a), anterior. Se instala próxima a la prolongación imaginaria - sobre la acera - del inicio del resalto.

RESALTOS SUCESIVOS (PG - 9)



Esta señal se emplea para advertir la proximidad de una secuencia de resaltos en la superficie de la calzada. Se debe complementar con una placa que indique la extensión del tramo abarcado, con la leyenda "PRÓXIMOS XX m".

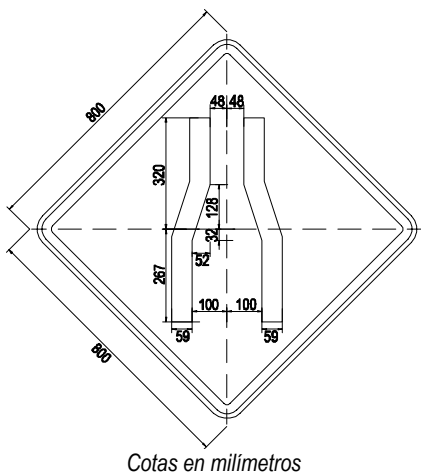
BADÉN (PG - 10)



Esta señal se utiliza para advertir la proximidad de una irregularidad física de tipo cóncavo en la superficie de la vía, que puede representar riesgos para la conducción y obligue a tomar precauciones.

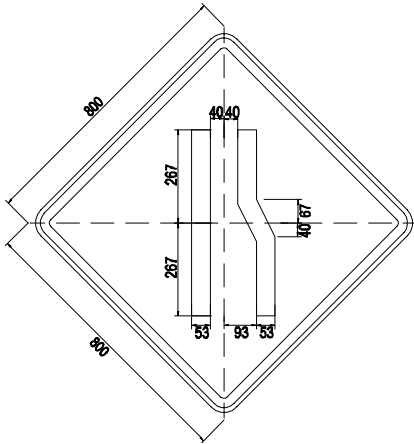
2.3.4 Señales de Advertencia sobre Restricciones Físicas de la Vía

ANGOSTAMIENTO A AMBOS LADOS (PF - 1a)

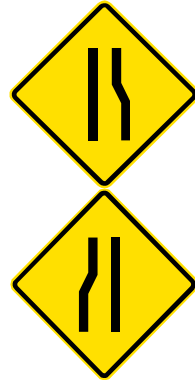


Esta señal debe ser usada para advertir un estrechamiento de la calzada a ambos lados.

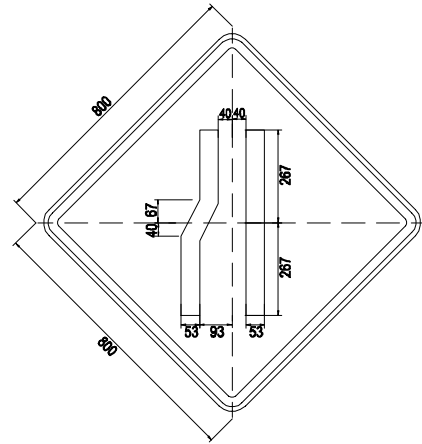
ANGOSTAMIENTO A LA DERECHA (PF - 1b)



Cotas en milímetros



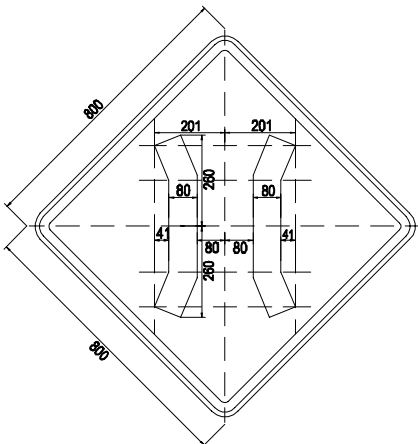
ANGOSTAMIENTO A LA IZQUIERDA (PF - 1c)



Cotas en milímetros

Estas señales deben ser usadas para advertir un estrechamiento al costado derecho o izquierdo de la calzada, según corresponda.

PUENTE ANGOSTO (PF - 2)



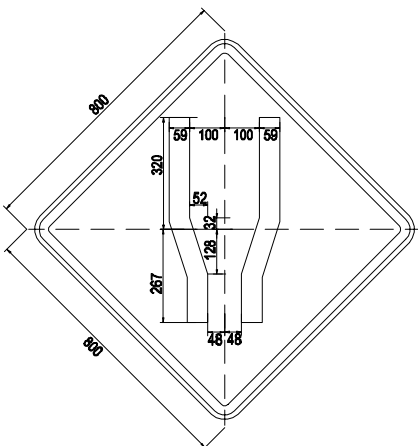
Cotas en milímetros



Esta señal se utiliza para advertir la proximidad de un puente u otra obra de arte civil que provee un ancho total disponible menor que el que presenta el resto de la vía.

El ancho total disponible considera la calzada y la berma, excluyendo veredas y espacios destinados al tránsito de bicicletas.

ENSANCHAMIENTO A AMBOS LADOS (PF - 3a)

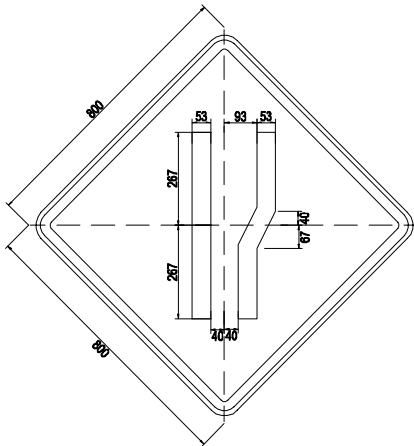


Cotas en milímetros

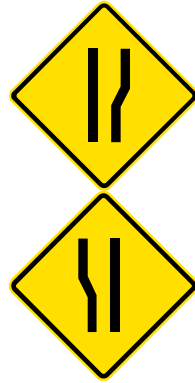


Esta señal se utiliza para advertir la proximidad de un ensanche de la calzada a ambos lados.

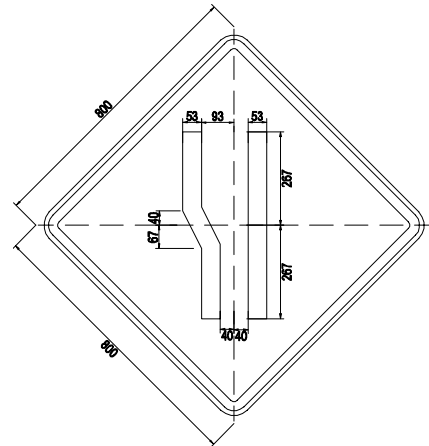
ENSANCHAMIENTO A LA DERECHA (PF - 3b)



Cotas en milímetros



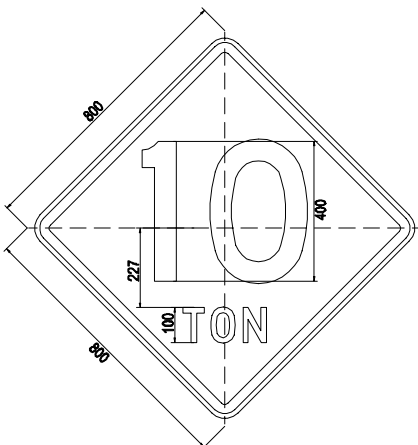
ENSANCHAMIENTO A LA IZQUIERDA (PF - 3c)



Cotas en milímetros

Estas señales se utilizan para advertir la proximidad de un ensanche de la calzada al costado derecho o izquierdo, según corresponda.

PESO MÁXIMO (PF - 4)

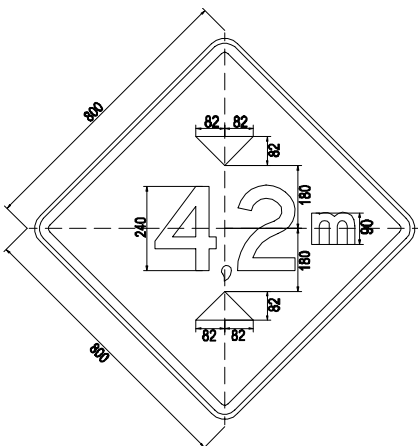


Cotas en milímetros



Esta señal se utiliza para advertir que más adelante en la vía existe un puente, viaducto u otra estructura en la que sólo se permite la circulación de vehículos cuyo peso total no exceda de "X" toneladas. La señal debe indicar el peso total máximo permitido en toneladas y ser instalada de acuerdo a lo señalado en 2.3.2.2.

ALTURA MÁXIMA (PF - 5)

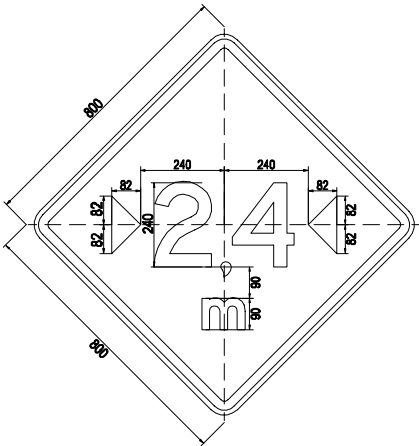


Cotas en milímetros



Esta señal se usa para advertir que más adelante en la vía existe una restricción de altura en un túnel, puente, paso a desnivel, u otros. La señal debe indicar la altura máxima permitida y ser instalada de acuerdo a lo señalado en 2.3.2.2.

ANCHO MÁXIMO (PF - 6)

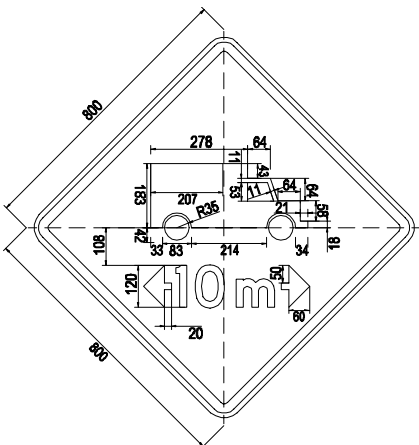


Cotas en milímetros



Esta señal se usa para advertir que más adelante en la vía existe una restricción de ancho que puede afectar a ciertos vehículos. La señal debe indicar el ancho máximo que permite la restricción, debiendo ser instalada de acuerdo a lo señalado en 2.3.2.2.

LARGO MÁXIMO (PF - 7)

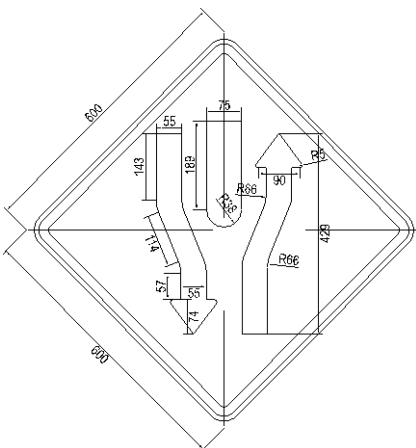


Cotas en milímetros

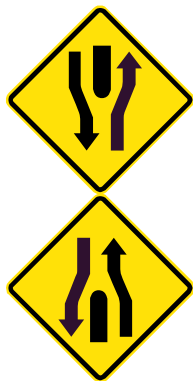


Esta señal se utiliza para advertir que más adelante en la vía, los anchos de ésta y/o sus radios de curvatura, impiden la circulación con seguridad de vehículos cuyo largo es superior a "X" m.

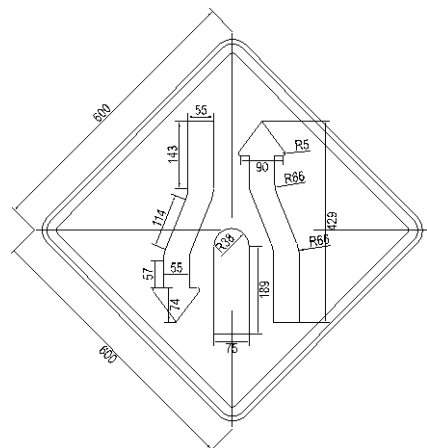
SEÑAL INICIO DE MEDIANA (PF - 8a)



Cotas en milímetros



SEÑAL FIN DE MEDIANA (PF - 8b)

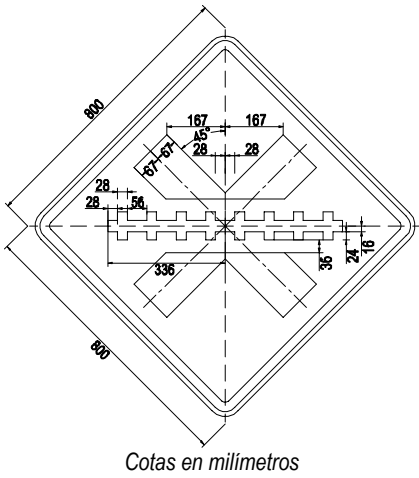


Cotas en milímetros

Estas señales se utilizan para advertir a los conductores que más adelante existe una mediana o que esta se termina transformándose la calzada por la cual se circula en una calzada bidireccional. Donde se inicia la mediana debe complementarse con la señal reglamentaria PASO OBLIGADO DERECHA (RO - 6a), o con algún otro hito de advertencia especificado en el Capítulo 7. Donde termina la mediana puede ser necesario que se complemente con una señal reglamentaria CIRCULACIÓN EN AMBOS SENTIDOS (RR - 3).

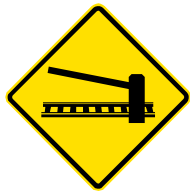
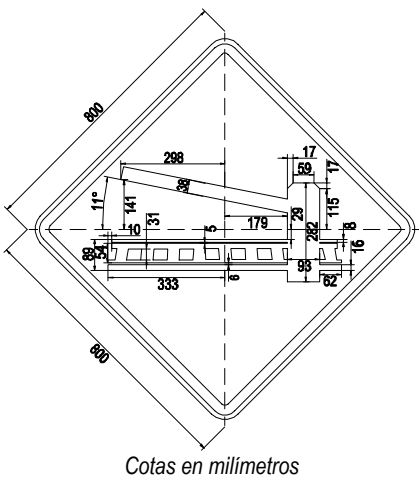
2.3.5 Señales de Advertencia de Intersecciones con Otras Vías

CRUCE FERROVIARIO A NIVEL SIN BARRERAS (PI - 1a)



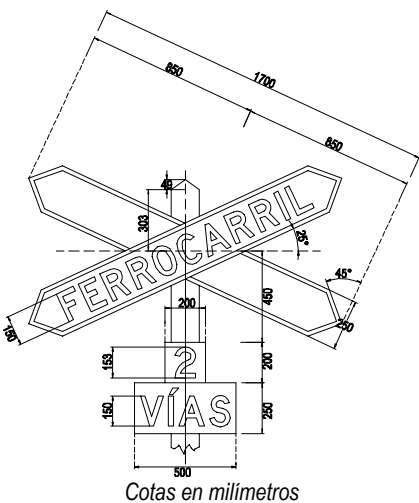
Esta señal se emplea para advertir la proximidad de un cruce ferroviario a nivel, en explotación, no provisto de barreras.

CRUCE FERROVIARIO A NIVEL CON BARRERAS (PI - 1b)



Esta señal se utiliza para advertir la proximidad de un cruce ferroviario a nivel, provisto de barreras accionadas manualmente o en forma automática.

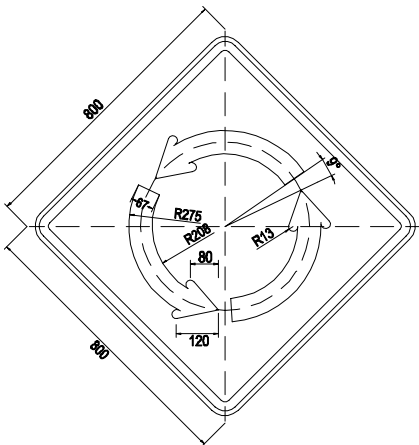
CRUZ DE SAN ANDRÉS (PI - 2)



Esta señal complementa a las de CRUCE FERROVIARIO A NIVEL SIN BARRERA (PI - 1a) o CRUCE FERROVIARIO A NIVEL CON BARRERA (PI - 1b). Su función es indicar, para cada acceso, el lugar donde se ubica el cruce con la vía férrea, por lo que debe ser instalada lo más cerca posible de ésta. En cruces con más de una línea férrea se debe agregar una placa con la leyenda "X VIAS" para indicar cuántas existen.

En el caso particular de esta señal, su cara posterior también debe ser retrorreflectante, ya que en condiciones de visibilidad reducida, por ejemplo en la noche, al pasar un tren, dicha cara es vista en forma intermitente al ser alumbrada por las luces del vehículo.

PROXIMIDAD ROTONDA (PI - 3)



Cotas en milímetros



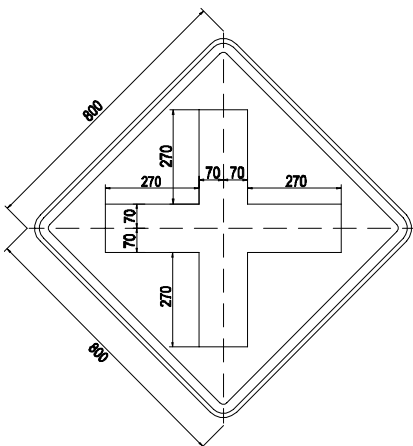
Esta señal debe ser instalada para advertir la proximidad de una intersección rotatoria, lo que requiere reducir la velocidad y ceder el paso al ingresar a la misma.

2.3.5.1 Cruces, Bifurcaciones y Convergencias

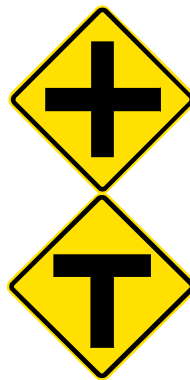
En los símbolos de las señales que siguen, el flujo de mayor importancia debe indicarse con un trazo de mayor ancho que el o los que representan a los flujos secundarios (en los ejemplos, se muestran flujos equivalentes).

Cuando la visibilidad es limitada, estas señales se deben complementar con una placa que indique la distancia al cruce, bifurcación o empalme, según corresponda.

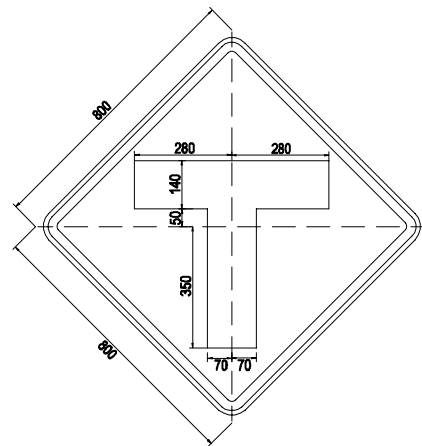
(PI - 4a)



Cotas en milímetros



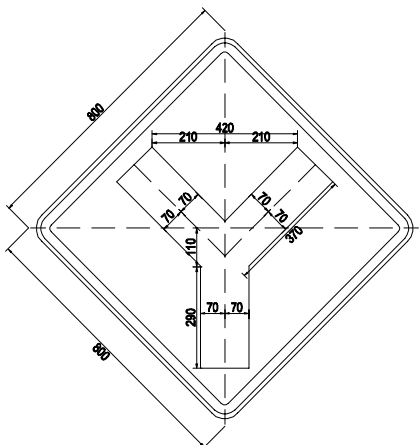
(PI - 4b)



Cotas en milímetros

Estas señales se utilizan cuando es necesario advertir a los conductores la proximidad de un cruce convencional o uno en "T", respectivamente.

(PI - 4c)

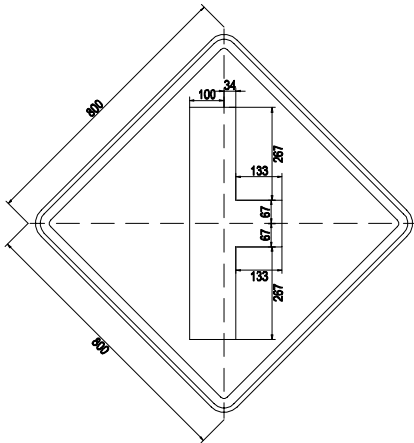


Cotas en milímetros

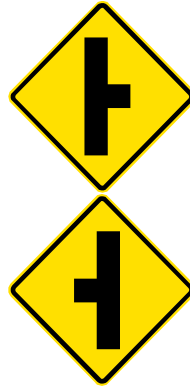


Esta señal se utiliza cuando es necesario advertir sobre una bifurcación. Como es necesario que la señal represente la realidad de la forma más fielmente posible, la diagramación del símbolo debe representar la geometría real. Sin embargo, no es necesario mostrar ángulos precisos; a modo de ejemplo, flujos que convergen a 20° y 35° pueden representarse de la misma manera.

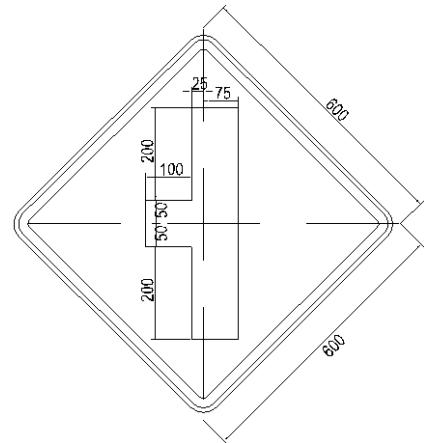
(PI - 4d)



Cotas en milímetros



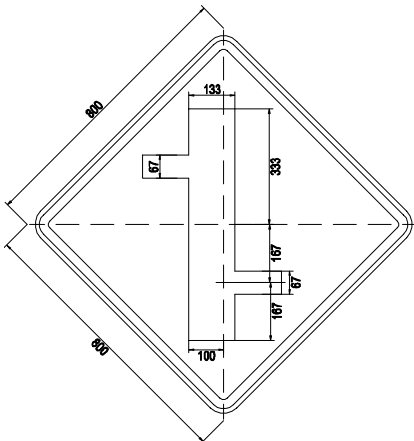
(PI - 4e)



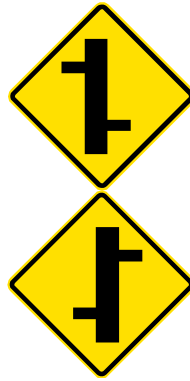
Cotas en milímetros

Estas señales se utilizan cuando es necesario advertir sobre un empalme a derecha o izquierda, según sea el caso.

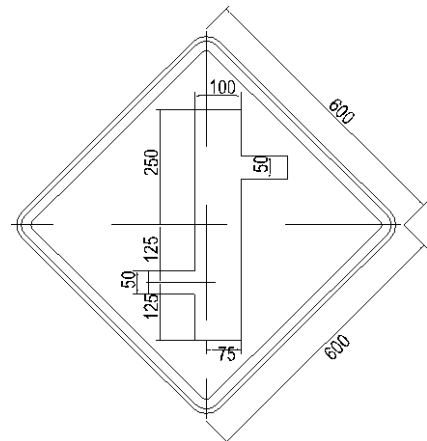
(PI - 4f)



Cotas en milímetros



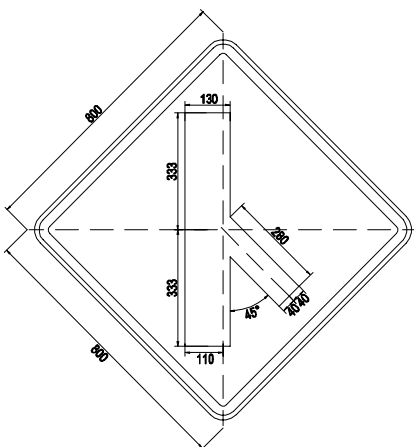
(PI - 4g)



Cotas en milímetros

Estas señales se utilizan cuando es necesario advertir sobre empalmes sucesivos.

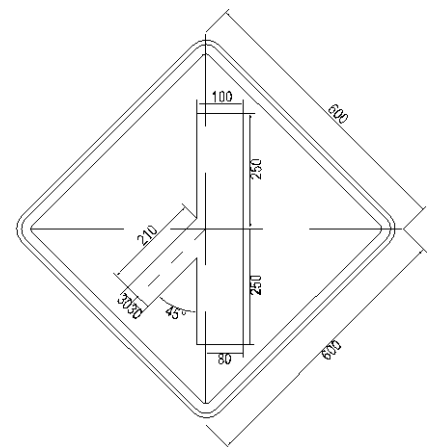
(PI - 4h)



Cotas en milímetros



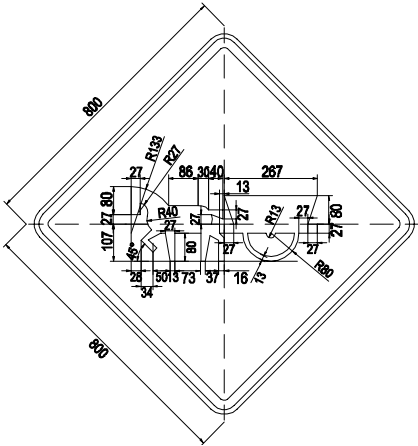
(PI - 4i)



Cotas en milímetros

Estas señales se utilizan cuando es necesario advertir a los conductores sobre flujos convergentes. Considerando que es necesario que las señales representen la realidad de la forma más fielmente posible, la diagramación del símbolo debe representar la geometría real. Sin embargo, no es necesario mostrar ángulos precisos; a modo de ejemplo, flujos que convergen a 20° y 35° pueden representarse de la misma manera.

CARRETELAS EN LA VÍA (PO - 4)

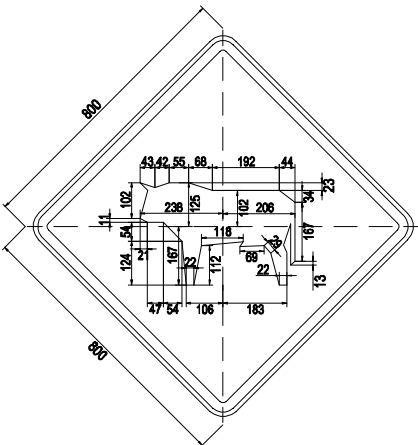


Cotas en milímetros



Esta señal se utiliza para advertir la probable presencia en la vía de carretas de tracción animal, cuya lenta circulación y poca visibilidad nocturna constituyen un factor de riesgo.

ANIMALES EN LA VÍA (PO - 5)

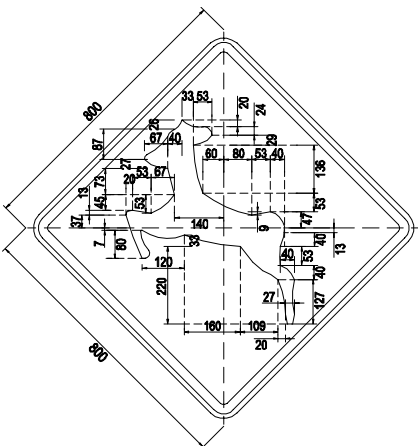


Cotas en milímetros



Esta señal se usa para advertir la posible presencia de animales en la vía, sean domésticos o de ganado.

ANIMALES INDÓMITOS (PO - 6)

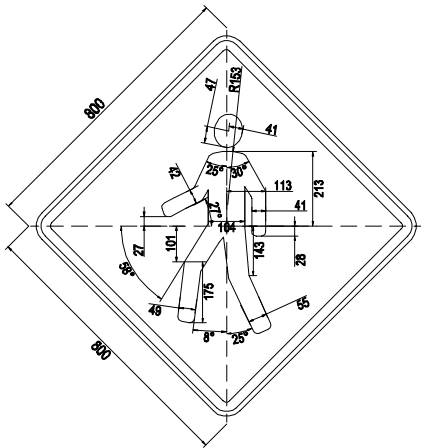


Cotas en milímetros



Se emplea para advertir la posible presencia de animales indómitos en la vía y debe ser reiterada si la eventual presencia de estos animales se extiende por más de 2 km.

ZONA DE PEATONES (PO - 7)



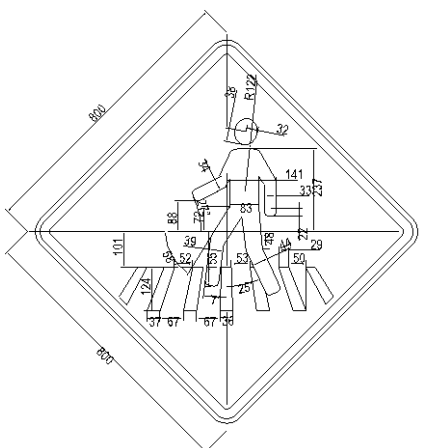
Cotas en milímetros



Advierte la probable presencia de peatones en la vía. Para determinar la real necesidad de ella, se debe considerar tanto el flujo peatonal como el vehicular y la interacción entre ambos. La señal debe ser instalada cuando existe un número importante de conflictos y/o su gravedad es alta, por ejemplo en vías rurales donde existe una alta probabilidad de encontrar peatones en la cercanía de la vía.

El color de fondo de esta señal puede ser amarillo limón.

PROXIMIDAD DE PASO CEBRA (PO - 8)



Cotas en milímetros



Advierte la proximidad de un cruce peatonal. Se instala antes de **Pasos Cebra**, donde el peatón tiene siempre prioridad.

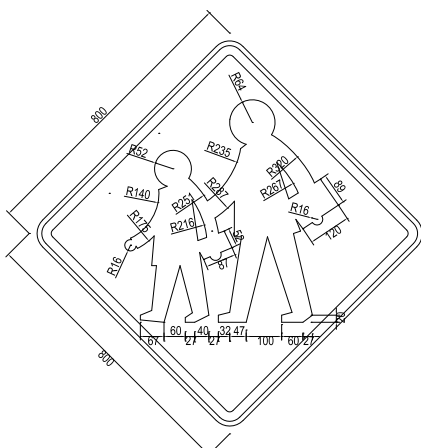
Esta señal **no** debe ser usada cuando el cruce peatonal forma parte de una intersección semaforizada.

Cuando se ubica justo a la altura del paso cebra, se debe complementar con una flecha que apunte hacia éste. Ver Capítulo 6, sección 6.1.3.2.

El color de fondo puede ser color amarillo limón, recomendándose que además que además de retrorreflectante, sea fluorescente.

En vías donde la velocidad de operación sea superior a 50 km/h, debe adoptarse medidas calmantes que la reduzcan.

ZONA DE ESCUELA (PO - 9)



Cotas en milímetros

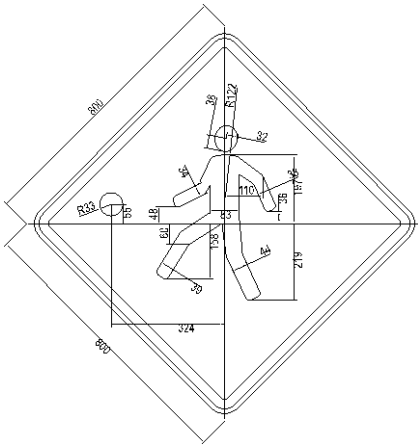


Advierte la posible presencia de escolares en la vía, debiendo ubicarse en las proximidades de recintos escolares. Sólo debe ser instalada en vías donde la velocidad máxima es menor o igual a 60 km/h.

De lo contrario, la velocidad debe ser previamente reducida, modificando el diseño de la vía y colocando la señal VELOCIDAD MAXIMA (RR - 1); sólo después de realizado lo anterior se puede instalar la señal ZONA DE ESCUELA (PO - 9).

El color de fondo de esta señal puede ser amarillo limón.

NIÑOS JUGANDO (PO - 10)



Cotas en milímetros



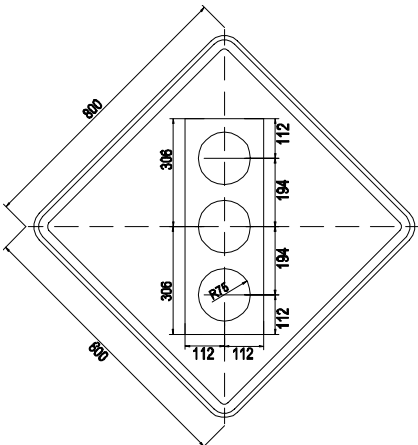
Se utiliza para advertir la probable presencia de niños jugando en la vía o en sus proximidades.

Cuando se usa para advertir la presencia de niños jugando **en la calzada**, previamente la velocidad máxima de la vía debe ser reducida a 20 km/h, modificando su diseño y colocando la señal VELOCIDAD MÁXIMA (RR - 1).

Esta señal no debe usarse indiscriminadamente. Por el contrario, debe instalarse con extrema cautela, teniendo presente que la seguridad de los niños no puede garantizarse solamente con señales, sino que se requieren otras medidas complementarias.

El color de fondo de esta señal puede ser amarillo limón.

PROXIMIDAD DE SEMÁFORO (PO - 11)



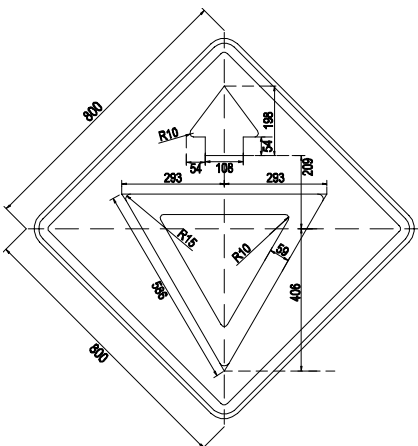
Cotas en milímetros



Advierte la proximidad de una intersección semaforizada, cuando ésta constituye una situación puntual y aislada en la vía y, por lo tanto, inesperada para el conductor. Particularmente se usa para advertir el primer cruce semaforizado al ingresar a una zona urbana.

Debe ser usada cada vez que la distancia de visibilidad de a lo menos dos cabezales del semáforo es inferior a 80 m. Esta distancia se aumentará a 200 m si la velocidad máxima permitida es superior a 60 km/h.

PROXIMIDAD DE SEÑAL "CEDA EL PASO" (PO - 12)

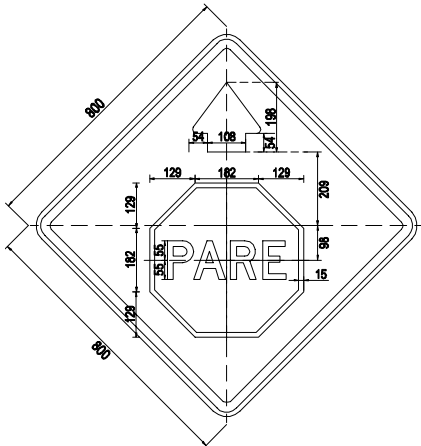


Cotas en milímetros



Advierte la proximidad de una señal CEDA EL PASO (RPI - 1), cuando ésta corresponde a una situación puntual y aislada en la vía y, por lo tanto, inesperada. Se justifica también en lugares donde, temporal o permanentemente, la distancia de visibilidad de dicha señal es inadecuada.

PROXIMIDAD DE SEÑAL “PARE” (PO - 13)

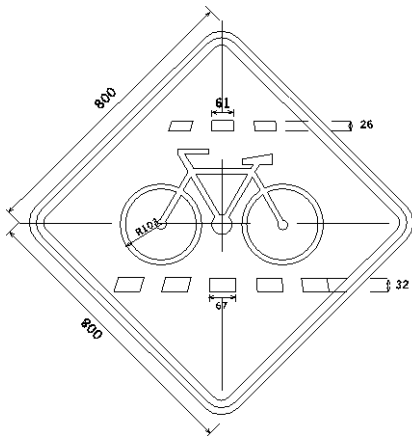


Cotas en milímetros



Advierte la proximidad de una señal PARE (RPI - 2), cuando ésta corresponde a una situación puntual y aislada en la vía y, por lo tanto, inesperada. Se justifica también en lugares donde, temporal o permanentemente, la distancia de visibilidad de dicha señal es inadecuada.

CRUCE DE CICLISTAS (PO - 14)



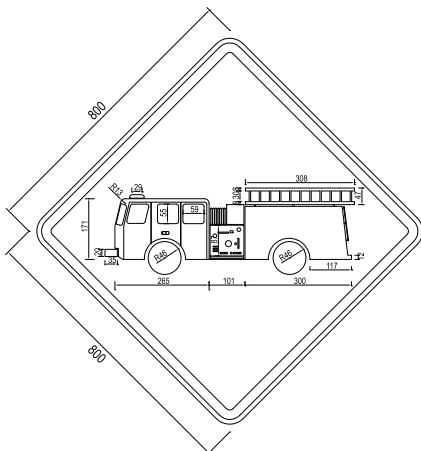
Cotas en milímetros



Esta señal advierte a los conductores de vehículos motorizados la proximidad de un cruce con una cicloruta. No debe ser usada cuando el cruce forma parte de una intersección semaforizada.

El color de fondo de esta señal puede ser amarillo limón.

SALIDA CARRO BOMBEROS (PO - 15)



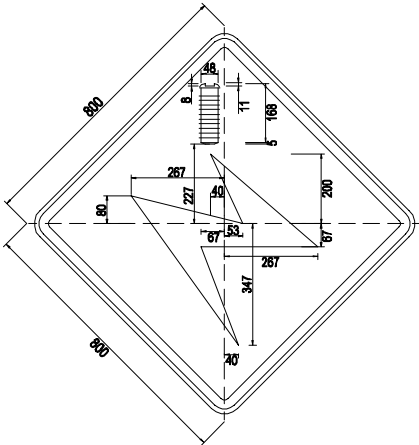
Cotas en milímetros



Esta señal se utiliza para advertir la posibilidad de encontrarse con carrobombas que deban acudir a un llamado de emergencia.

Se instala en las proximidades de cuarteles de bomberos.

PROXIMIDAD DE CABLES DE ALTA TENSION (PE - 4)

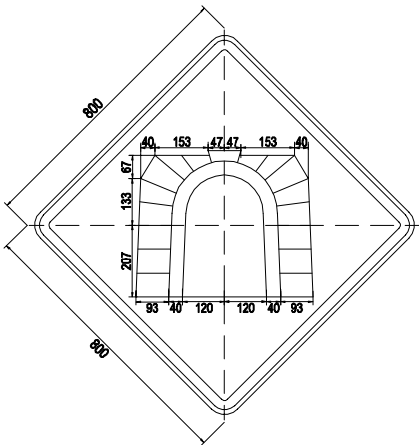


Cotas en milímetros



Esta señal se instala para alertar la proximidad de cables de alta tensión colgados a una altura igual o inferior a 10 m, medidos respecto del nivel de la calzada.

PROXIMIDAD DE TÚNEL (PE - 5)

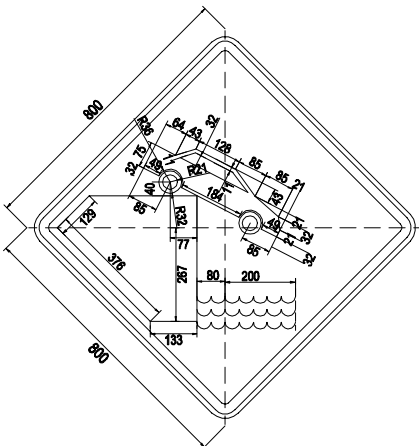


Cotas en milímetros



Esta señal se utiliza para advertir la proximidad de un túnel.

RIBERA (PE - 6)

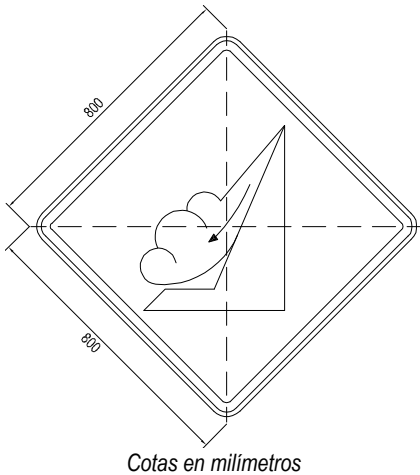


Cotas en milímetros



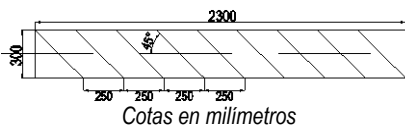
Esta señal se utiliza para advertir la proximidad de un río, muelle o malecón, cuya ribera no se encuentra adecuadamente protegida o segregada de la vía. No es de gran uso, ya que la adopción de medidas adecuadas por parte del operador de la vía para protección de los usuarios debería hacerla innecesaria.

ZONA DE AVALANCHAS (PE - 10)



Esta señal se utiliza para advertir la proximidad de una zona donde es posible que se produzcan avalanchas.

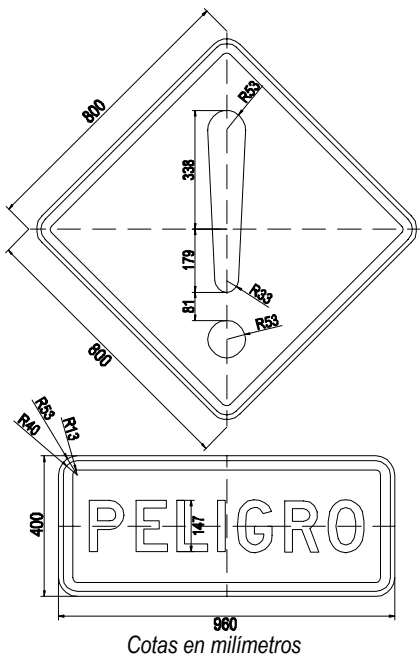
BARRERA (PE - 11)



Esta señal de advertencia tiene forma y colores especiales. Su aplicación puede ser permanente o temporal:

- En forma permanente se usa para indicar el punto donde finaliza una vía o rampa, más allá del cual no es posible transitar.
- En forma temporal se utiliza para advertir el cierre momentáneo de la vía en un cruce ferroviario o en un peaje, quedando la vía abierta al alzarse la barrera.

PELIGRO (PE - 12)



Esta señal se usa para advertir la proximidad de un peligro o riesgo no susceptible de ser prevenido mediante las señales de advertencia mencionadas con anterioridad. Debe complementarse con una placa que contenga una leyenda que especifique la naturaleza del peligro.

Siempre se debe hacer lo posible por eliminar el riesgo que hace necesaria la utilización de esta señal.

2.4 SEÑALES INFORMATIVAS

Las señales informativas tienen como propósito orientar y guiar a los usuarios del sistema vial, entregándoles la información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible.

En particular, se utilizan para informar sobre:

- a) enlaces o empalmes con otras vías
- b) pistas apropiadas para cada destino
- c) direcciones hacia destinos, calles o rutas
- d) inicio de la salida a otras vías
- e) distancias a que se encuentran los destinos
- f) nombres de rutas y calles
- g) servicios y lugares de atractivo turístico o recreativos existentes en las inmediaciones de la vía
- h) nombres de ciudades, ríos, puentes, calles, parques, lugares históricos y otros.

2.4.1 Clasificación

Las señales informativas, de acuerdo a su función, se clasifican en:

- a) Señales que guían al usuario a su destino:
 - de preseñalización (IP)
 - de dirección (ID)
 - de confirmación (IC)
 - de identificación vial (IV)
 - de localización (IL)
- b) Señales con otra información de interés:
 - de servicio (IS)
 - de atractivo turístico (IT)
 - otras señales para autopistas y autovías (IAA)
 - de posición de referencia (IPR)
 - de estacionamiento (IE)
 - otras (IO)

En la

Figura 2.4 - 1 se muestran ejemplos típicos de cada uno de los tipos de señales informativas mencionados.

2.4.2 Características

2.4.2.1 Forma y Color

Las señales informativas tienen forma cuadrada o rectangular. Las excepciones a dicha forma son las señales tipo flecha y de identificación vial, ESCUDO VÍA PANAM (IV - 1) y ESCUDO NUMERACIÓN DE CAMINOS (IV - 2).

En general, sus leyendas, símbolos y orlas son de color blanco. Las señales para autopistas y autovías tienen color de fondo azul y las para vías convencionales, verde, con la excepción de la señal NOMBRE Y NUMERACIÓN DE CALLE (IV - 3), cuyo color de fondo es negro, las señales que indican donde hay estacionamientos o éstos están permitidos, y las señales de pertinencia étnica y las de atractivo turístico, cuyo color de fondo es café.

El ancho de la orla de la señal debe corresponder al especificado en la Tabla 2.4-1 y la distancia entre el borde exterior de la orla y el borde de la señal debe ser aproximadamente de 1 cm.

Tabla 2.4 - 1: Ancho de orla

Dimensiones de la señal	ancho orla
Hasta 1m x 1m	2,0 cm
Hasta 2m x 3m	2,5 cm
Más de 2m x 3m	3,0 cm

Excepcionalmente, tratándose de Redes y Circuitos Turísticos declarados como tales por resolución del Ministerio de Obras Públicas – como es el caso de la Ruta Interlagos – el color de la orla de la señal informativa podrá ser amarillo, y éstas podrán contener en su parte superior el nombre de la Red junto al logo que la identifica, y en su parte inferior el nombre del circuito correspondiente.

La Secretaría Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones competente, o el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, según se trate de una red intrarregional o interregional, respectivamente, podrá autorizar respecto de otras redes y circuitos turísticos el uso de colores distintos de los establecidos para las señales informativas como norma general.

Figura 2.4 - 1

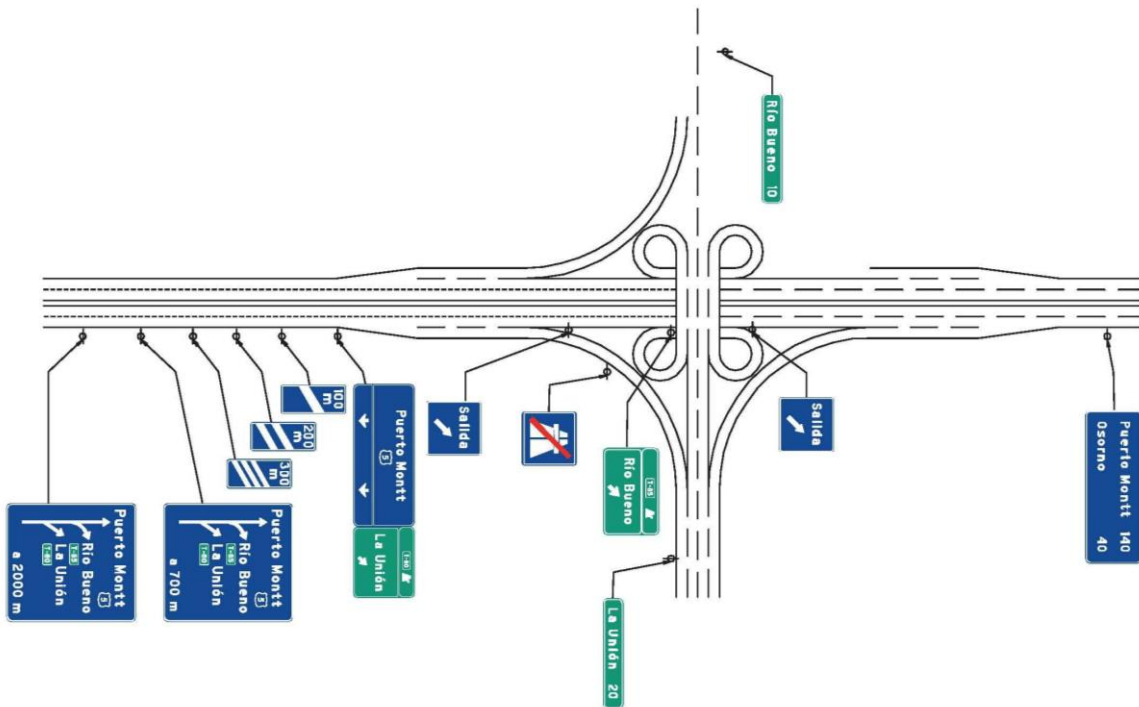


2.4.2.2 Mensaje

En las señales informativas, el mensaje no siempre se entrega a través de una sola señal, sino que en una secuencia de señales diseñadas y emplazadas para funcionar en conjunto. Dependiendo de las características y jerarquía de la vía, corresponde utilizar todas o sólo algunas de las señales indicadas en 2.4.1 a), que guían al usuario a su destino.

Es así como en el caso de autopistas o autovías cada una de las señales informativas forma parte de un sistema, en el que la señal de preseñalización informa sobre la proximidad de una salida y sus destinos; la de dirección indica el tipo de maniobra que es necesario realizar; la de salida inmediata indica el lugar y ángulo de salida; la de confirmación corrobora los destinos e indica distancias a éstos; la de identificación vial individualiza la vía; y, la de localización individualiza los destinos y lugares por los que ésta pasa. Ver Figura 2.4 – 2.

Figura 2.4 - 2



Leyenda

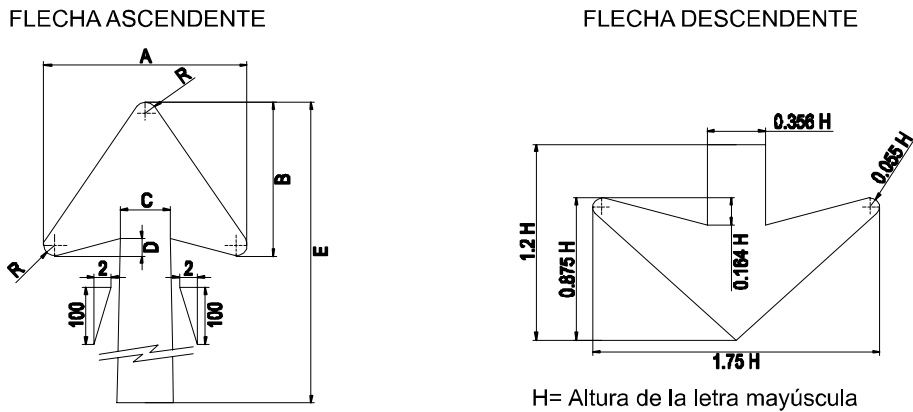
En atención a que los conductores no deben distraer su atención de la vía por más que un instante, una señal informativa no debe contener un texto de más de 4 líneas o que aluda a más de tres destinos.

Flechas

Las flechas se usan para asociar pistas a determinados destinos y para indicar, antes y en una salida, la dirección y sentido a seguir para llegar a ellos. En el primer caso, usado en señales aéreas (pórticos, bandera y otros) cada flecha debe apuntar directamente al centro de la pista asociada al destino indicado en la leyenda que está sobre ella; y en el segundo, la flecha debe representar claramente el ángulo de la maniobra requerida.

La Figura 2.4 - 3 muestra las dos flechas que se deben usar en señales informativas aéreas, una descendente y otra ascendente. El ancho de la cabeza de la flecha que apunta hacia abajo, en las señales sobre la calzada, es 1,75 veces la altura de las letras más grandes de la señal. El ancho de la cabeza de la flecha ascendente es igual a la altura de las letras más grandes.

Figura 2.4 - 3

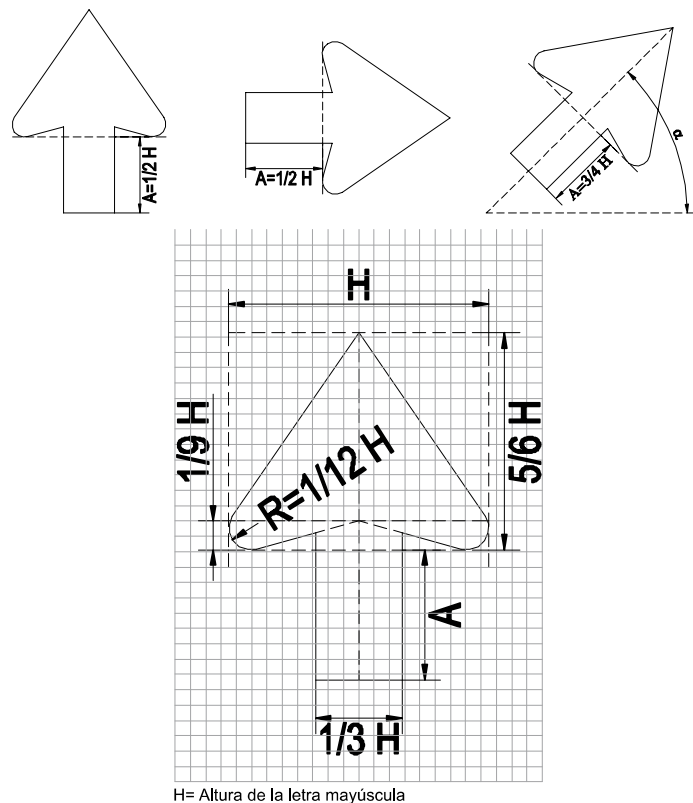


Altura de letra Mayúscula (cm)	Dimensiones (mm)					
	A	B	C	D	E	R
20	384	294	95	33	432 a 635	21
25 a 34	464	355	114	40	522 a 767	25
40	565	433	138	49	636 a 934	31

La Figura 2.4 - 4 muestra las flechas que se deben usar en señales informativas laterales. Sus dimensiones se expresan en función de la altura de la mayúscula asociada a ellas.

Las dimensiones especificadas pueden ser aumentadas, si un estudio técnico lo justifica, manteniendo su proporcionalidad.

Figura 2.4 - 4



2.4.2.3 Tamaño y Diagramación

En estas señales, las leyendas se escriben con letras MAYÚSCULAS cuando la altura mínima requerida para las letras es menor a 15 cm. Si es igual o superior, pueden usarse minúsculas, debiendo comenzar cada palabra con una mayúscula cuya altura debe ser un 30% mayor que la de las minúsculas.

En condiciones ideales los mensajes se pueden leer y entender de una sola mirada, pero factores como la distracción del conductor, la obstrucción de la línea visual por otros vehículos, condiciones climatológicas desfavorables, visión reducida u otros, demoran la lectura. Por ello, se estima que el tiempo requerido para leer y entender una señal puede variar entre 3 y 5 segundos, dependiendo fundamentalmente de la capacidad del conductor y del grado de complejidad del mensaje. A su vez, el tiempo disponible para leer una señal queda determinado por la velocidad del vehículo.

En función de la velocidad máxima se han determinado las alturas mínimas de letra que detalla el Anexo 1. En cada caso se entregan dos valores, el primero de ellos aplicable a mensajes simples, cuya leyenda no supere 3 líneas, y el segundo, a mensajes de mayor complejidad, como señales tipo mapa, o de 4 líneas de texto o señales aéreas.

No obstante lo anterior, los tamaños mínimos de letra pueden aumentarse si un estudio técnico de las condiciones del tránsito y su composición, de la geometría de la vía u otros factores lo justifican.

Determinada la altura de letra, la señal se diagrama horizontal y verticalmente con los espacios pertinentes entre todos sus elementos: leyenda, símbolo, orla y flechas, de acuerdo a lo indicado en Anexo 1. Este procedimiento define las dimensiones de la señal.

En las señales de preseñalización y de dirección, el destino más importante mencionado en ellas se ubica en la parte superior, y bajo éste, el más cercano a la señal.

Cuando se requiera utilizar señales tipo "mapa", éstas se deben diseñar de acuerdo a los siguientes criterios:

- La señal debe representar en planta, y de una forma sencilla, la relación entre la vía en que se emplaza y sus salidas.
- Cada punta de flecha debe indicar sólo un destino.
- Con la excepción de las señales aplicables a rotondas, no deben indicarse más de 3 destinos por señal.

- d) El astil de la flecha que indica la salida debe ser más corto que el que indica el movimiento que continúa por la vía en que se emplaza. Sin embargo, las dos flechas deben estar unidas.
- e) El ancho de los astiles de las flechas debe guardar relación con el de las vías que representan.

Los nombres o escudos de vías deben ser ubicados de tal manera que se relacionen inmediatamente con la cabeza de flecha a la que corresponden, ver Figura 2.4 – 5.

Figura 2.4 - 5



2.4.2.4 Emplazamiento

La ubicación longitudinal de las señales informativas queda determinada por su función y se especifica más adelante para cada tipo de señal. No obstante, dicha ubicación puede ser ajustada hasta en un 20%, dependiendo de las condiciones del lugar y de factores tales como geometría de la vía, accesos, visibilidad, tránsito, composición de éste y otros.

Cuando la señal se instala sobre la calzada o sobre la berma (en pórticos o banderas), su borde inferior debe distar a lo menos 5,5 metros del punto más alto de la calzada o berma. Esto asegura el flujo expedito de vehículos altos. No obstante, no es conveniente elevar las señales verticales en demasía sobre dicha altura, ya que pueden quedar fuera del cono de atención de los conductores o fuera del alcance de la luz emitida por los focos de los vehículos, dificultando su visibilidad nocturna.

Siempre se debe tener presente que la repetición de señales informativas, ya sea a través de una secuencia en la ruta o instaladas en ambos costados de ella, ofrece al conductor más de una oportunidad para obtener la información que se desea entregarle.

2.4.3 Señales que Guían al Usuario a su Destino

Los destinos que contengan estas señales deberán estar de acuerdo con los criterios recomendados en el capítulo Priorización de Destino, del Instructivo para el Diseño de la Señalización Informativa en Caminos Nacionales, de la Dirección de Vialidad.

2.4.3.1 Señales de Preseñalización (IP)

Estas señales informan sobre la proximidad de un enlace o empalme con otras vías, indicando la distancia a éstos, el nombre o código de las vías y los destinos importantes que ellas permiten alcanzar. Con esta información los conductores pueden iniciar la selección de la o las pistas que le permiten salir de la vía o continuar en ella. En la Figura 2.4 - 6 se muestran ejemplos de estas señales.

Se usan en autopistas y autovías y en vías convencionales con flujos de salida importantes.

En autopistas y autovías deben ser instaladas aproximadamente a 2 km de un enlace y reiteradas a no menos de 500 m de éste; la instalación de una tercera señal entre las dos anteriores, puede justificarse cuando el tránsito de vehículos pesados es significativo y/o la geometría de la ruta dificulta la visibilidad de las señales.

En vías convencionales rurales deben ubicarse a no menos de 300 m del cruce o salida. En el caso urbano, a no menos de 200 m.

Figura 2.4 - 6



Los códigos de identificación y/o escudo de rutas que se inscriban en estas señales para una mejor interpretación del sistema de navegación deben cumplir con las formas y colores que, para los distintos tipos de vía, se indican a continuación:

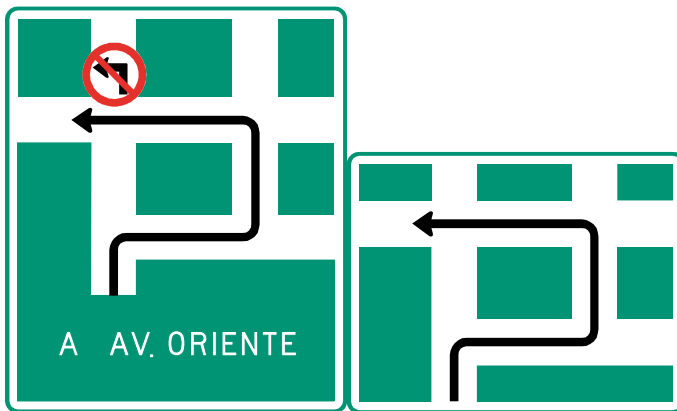
- **Forma:**

Camino de carácter nacional: escudo con número de la ruta inserto en él (ej. Ruta 5); camino con conexión internacional: escudo con número de la ruta inserto en él más las letras “CH” (ej. Ruta 60 CH), y otros caminos: cuadrado o rectángulo con el número de rol inscrito en él.

- **Color:**

Autopistas y Autovías concesionadas: caracteres y orla blanca sobre fondo azul; caminos no concesionados pavimentados: caracteres y orla blanca, sobre fondo verde, y, caminos de tierra o ripio: caracteres y orla negra sobre fondo blanco.

RUTA ALTERNATIVA (IP - 1)

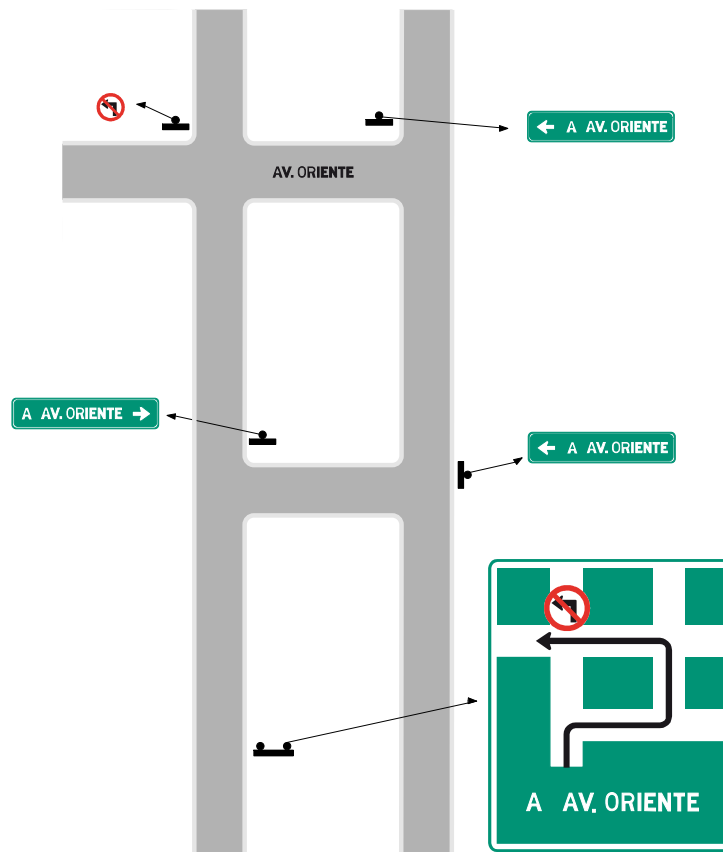


Esta señal es un caso especial dentro de las señales de preseñalización; se utiliza en vías convencionales urbanas para informar a los conductores que deseen virar en una intersección cercana, la ruta que deben seguir debido a que en dicha intersección el viraje está prohibido. La información entregada debe permitir al conductor identificar las vías por las que debe continuar para evitar el viraje restringido y alcanzar su destino.

Puede contener el nombre de una o más vías, y el de la señal reglamentaria que justifica la ruta indicada.

Su instalación requiere de la instalación a lo largo de la ruta propuesta de señales informativas que guíen al conductor, como se muestra en la Figura 2.4 - 7.

Figura 2.4 - 7

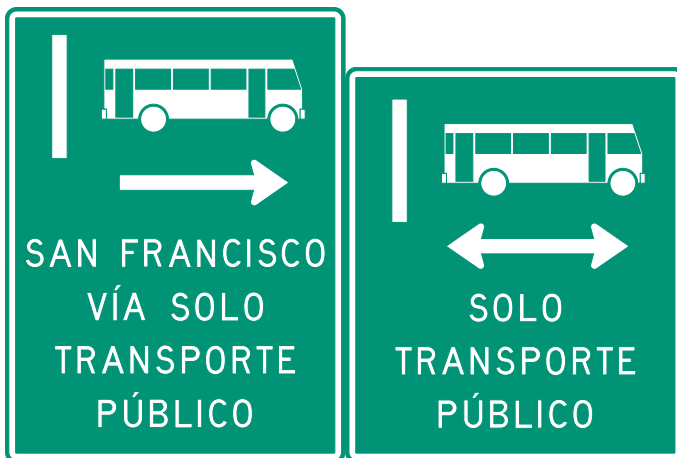


PISTA DE EMERGENCIA (IP - 2)



Esta señal se utiliza para informar a los conductores la proximidad de una pista de emergencia. Se recomienda su uso reiterado antes del lugar donde se inicia la pista de emergencia.

VÍA PERPENDICULAR SÓLO TRANSPORTE PÚBLICO (IP - 3)



Esta señal se utiliza para informar que la próxima vía perpendicular es de uso exclusivo para el transporte público. La flecha en ella indica su sentido de tránsito.

Puede contener el horario en que opera la exclusividad, así como el nombre de la vía exclusiva, en cuyo caso puede ubicarse antes de la última intersección que permita al conductor que la enfrente escoger una ruta alternativa.

2.4.3.2 Señales de Dirección (ID)

Informan sobre destinos importantes a los que es posible acceder al tomar una salida, así como los códigos o nombres de las vías que conducen a ellos y, fundamentalmente, la dirección de la salida, lo que indica a los conductores el tipo de maniobra requerida para abandonar la vía o continuar en ella. En la Figura 2.4 - 8 se muestran ejemplos de estas señales.

En autopistas y autovías se ubican al inicio de pistas suplementarias o de desaceleración o aproximadamente a 300 metros del inicio de la salida, pudiendo complementarse con la señal INDICACIÓN DE SALIDA LATERAL DERECHA (IAA - 3). En vías convencionales se ubican entre 10 y 50 m antes del cruce o en el inicio de la pista de viraje o de salida, si ésta existe.

Para no confundir a los conductores, cuando se utilizan en conjunto con señales de preseñalización, ambas deben contener idéntica leyenda.

En señales de dirección compuestas, las flechas que indiquen destinos hacia la derecha se ubican próximas al borde derecho de la señal y las que señalan destinos hacia la izquierda o hacia arriba, próximas al izquierdo.

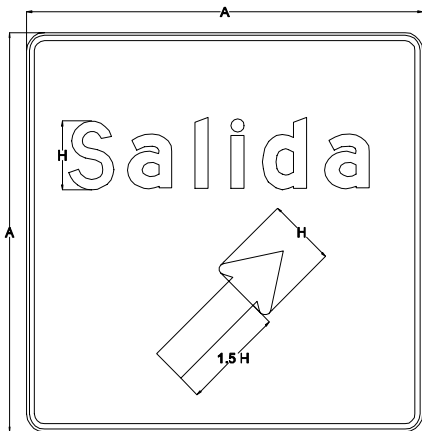
Cuando estas señales contengan 2 o más destinos, éstos se separarán con una línea blanca horizontal centrada verticalmente entre los renglones. El ancho de la línea deberá corresponder al especificado en la Tabla 2.4-1 para el ancho de orla.

La inscripción de roles o códigos de identificación y/o escudo de rutas que se inscriban en estas señales debe ceñirse a lo indicado en 2.4.3.1.

Figura 2.4 - 8



SALIDA INMEDIATA (ID - 1a)



H= Altura de la letra mayúscula



Esta señal tiene como única función precisar el lugar donde nace la bifurcación y el ángulo aproximado de ésta respecto de las pistas que continúan por la vía principal, indicando a los conductores que desean salir de la vía, dónde y en qué dirección deben realizar la maniobra requerida. Generalmente se ubica en el vértice formado por la pista que sale y las que continúan.

Dado que la función de esta señal es corroborar la información entregada con anterioridad por señales de preseñalización y otras de dirección, sólo debe utilizarse en conjunto con ellas.

En autopistas y autovías esta señal sólo lleva la leyenda "SALIDA" y una flecha oblicua ascendente u horizontal que represente adecuadamente el ángulo de la salida.

SALIDA INMEDIATA (ID - 1b)



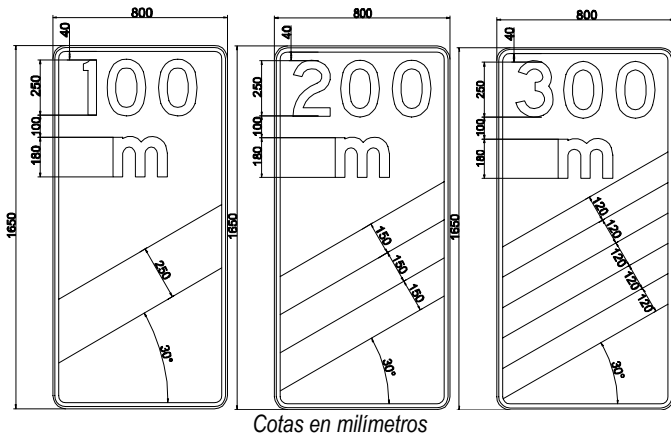
En vías convencionales, cuando se indica una salida en aproximadamente 90°, a la izquierda o a la derecha, la señal puede tener forma de "flecha" en la dirección a tomar.

SALIDA INMEDIATA (ID - 1c)



En vías convencionales, estas señales informativas se emplean también para indicar la salida o dirección a tomar para alcanzar un determinado destino o para efectuar un retorno, así como también, para indicar el lugar preciso donde se encuentra la salida a una pista de emergencia.

BALIZAS DE ACERCAMIENTO (ID - 2)



Se utilizan sólo en autopistas y autovías para indicar la distancia de 300 m, 200 m y 100 m al inicio de la pista de desaceleración de salida. Sólo se deben usar en conjunto con señales de preseñalización y de dirección.

En el caso de enlaces que presenten dos salidas consecutivas, sólo deben ser usadas para la primera de ellas.



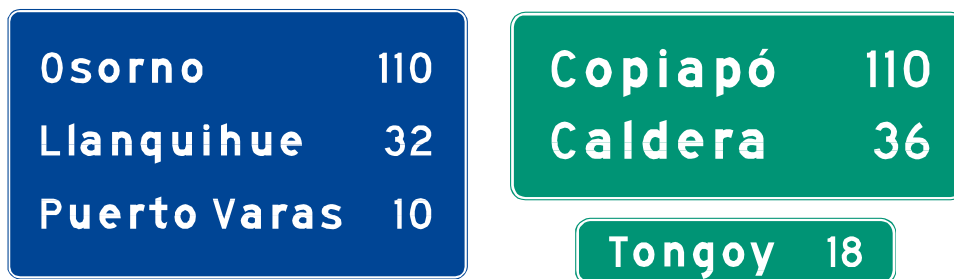
2.4.3.3 Señales de Confirmación (IC)

Estas señales tienen como función confirmar a los conductores que la vía a la cual se han incorporado los conduce al destino elegido, entregando información de distancia a éste y a otros destinos que la vía conduce. Deben contener a lo menos el o los destinos entregados con anterioridad en la vía de origen por las señales de preseñalización y de dirección.

La señal debe indicar a lo más 3 destinos, uno de los cuales, el más lejano a la señal, debe corresponder a una ciudad importante que sirve de referencia y que se ubica siempre en la parte superior de la señal. El destino más cercano se debe ubicar siempre en su parte inferior. A la derecha de cada destino debe figurar la distancia a ellos.

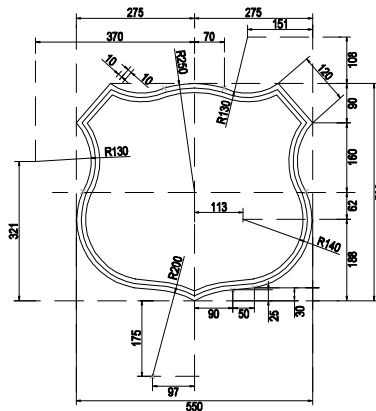
Estas señales se instalan una vez finalizada la pista de incorporación a la nueva vía. De esta manera, la información presentada es de utilidad tanto para los vehículos que han ingresado a la vía como para los que ya transitaban por ella. Ver Figura 2.4 - 9.

Figura 2.4 - 9



2.4.3.4 Señales de Identificación Vial (IV)

Estas tienen como función individualizar la vía, indicando su nombre, código o numeración.



Cotas en milímetros

ESCUDO VÍA PANAM (IV - 1)

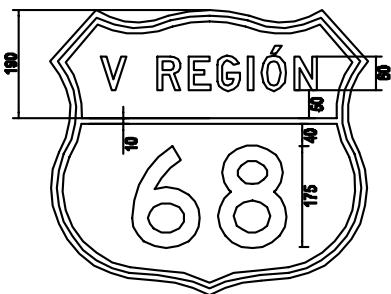


Cotas en milímetros



Se utiliza para identificar la Carretera Panamericana. Siempre debe llevar la leyenda "VÍA PANAM".

ESCUDO NUMERACIÓN DE CAMINOS (IV - 2)



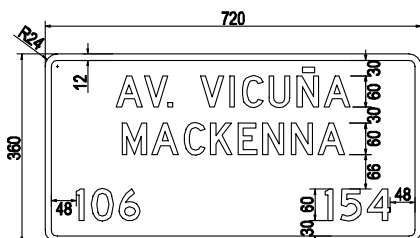
Cotas en milímetros



Se utiliza para indicar el número característico de la vía, de acuerdo a la codificación oficial establecida por la autoridad competente.

Dada su función, en autopistas estas señales deben colocarse más frecuentemente que en otras vías.

NOMBRE Y NUMERACIÓN DE CALLE (IV - 3)



Cotas en milímetros

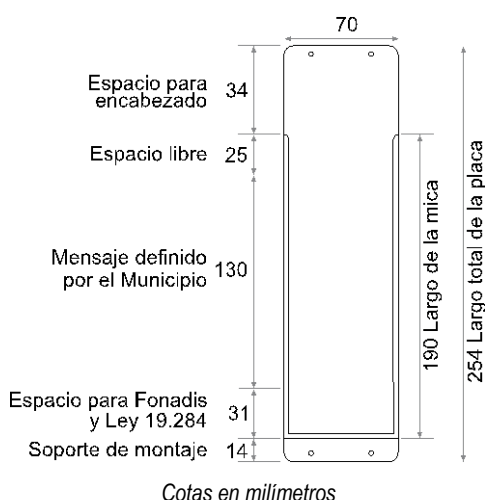


Se utiliza en vías convencionales urbanas para informar el nombre de las calles y su altura. Se debe ubicar junto con la de TRANSITO EN UN SENTIDO (RO - 1a) o la de TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS (RO - 1b).

Excepcionalmente, en casos justificados, la Secretaría Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones competente puede autorizar respecto de una comuna en particular, la instalación de señales NOMBRE Y NUMERACIÓN DE CALLE (IV - 3) cuya forma y color difieran de lo especificado en este Manual, debiendo en todo caso los colores cumplir con los niveles mínimos de retrorreflexión establecidos en la sección 2.1.3.4.

En el poste que sustenta esta señal se puede instalar, para uso de personas no videntes, una placa con información en Braille, sobre los nombres y numeración de las calles o vías comprendidas en la intersección y una indicación con los cuatro puntos cardinales. Ver Figura 2.4 -10.

Figura 2.4 - 10



2.4.3.5 Señales de Localización (IL)

Estas señales tienen como función indicar límites jurisdiccionales de ciudades o zonas urbanas, identificar ríos, lagos, parques, puentes, lugares históricos y otros puntos de interés que sirven de orientación a los conductores. Se ubican en el límite jurisdiccional, en el caso de comunas, ciudades o regiones, y próximas a lugares como los mencionados. Ver Figura 2.4 - 11.

No obstante lo expresado en 2.4.2.3, cuando estas señales informativas contengan nombres de túneles, ríos, puentes y similares, el tamaño de las letras podrá ser de 15 cm aun cuando, dada la velocidad de la vía, se requiera un tamaño superior.

Figura 2.4 - 11



Excepcionalmente, sólo cuando una localidad o lugar sea considerado como atractivo turístico de la zona, y su nombre figure en una misma placa panel junto a señales como las referidas en 2.4.5.2, el color de fondo de toda la señal podrá ser de color café y las letras y símbolos de color blanco.

Las señales de localización que aludan a localidades, pueblos, ríos, u otros lugares con nombre en lengua indígena, podrán contener bajo éste y entre paréntesis, la traducción al español de dicho nombre.

2.4.3.5.1 Señales de Localización de Pertinencia Étnica (ILPE)

Estas señales contienen la información correspondiente a una señal informativa de localización en lengua indígena "castellanizada" fonéticamente. Pueden contener también íconos o pictogramas asociados al lugar a señalar. Son de color de fondo café, y sus letras y demás inscripciones de color blanco. Se ubican bajo la señal informativa de localización, cuando corresponda. Ver Figura 2.4 - 12.

En estas señales, el tamaño de las letras de los textos secundarios con la traducción al español escrita entre paréntesis, será equivalente al 75% del tamaño de letra que corresponda.

Tanto los grafemarios como los pictogramas que contengan estas señales deberán ser aprobados por el Secretario Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones competente, previo informe de CONADI.

Figura 2.4 - 12



2.4.4 Esquema de Señalización para Guiar al Usuario a su Destino

En las señales informativas el mensaje se entrega a través de un sistema, cuya complejidad depende del tipo de vía que se señala y, en particular, de su velocidad de operación, de la magnitud del flujo vehicular, del número de vehículos que salen, entran o cruzan la vía, del nivel de peligrosidad de la intersección, de los movimientos peatonales existentes, del entorno y de otros factores.

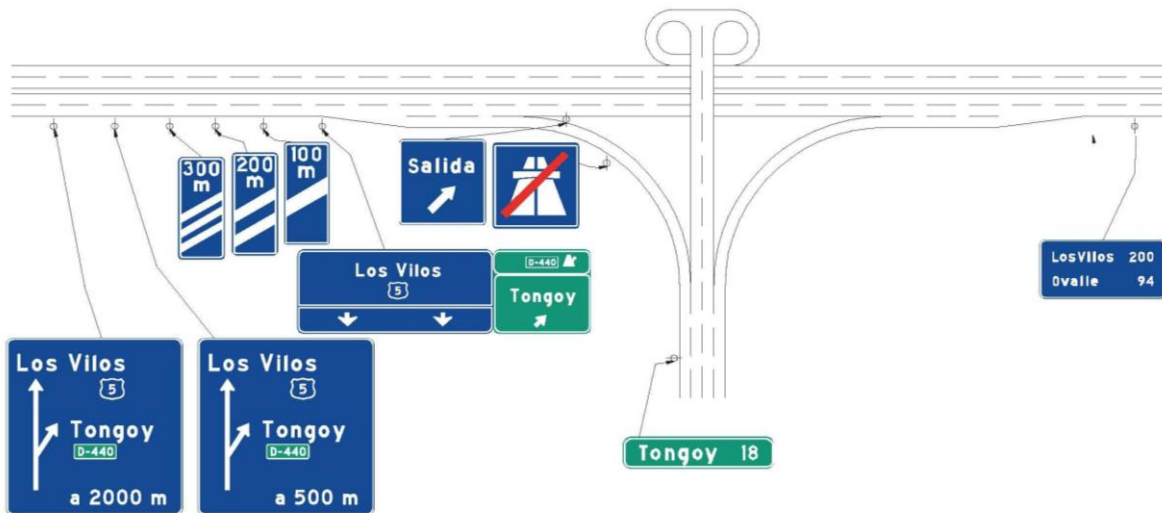
A continuación se describen, en orden descendente de complejidad, 5 esquemas tipo de señalización informativa, que cubren desde autopistas y autovías hasta vías convencionales urbanas con bajos niveles de tránsito y bajas velocidades de operación, sin perjuicio de las señales de advertencia de peligro y/o reglamentarias que correspondan en cada caso y que ya se han descrito, las que no se incluyen en esta oportunidad.

a) Esquema 1: Señalización Informativa en Autopistas y Autovías

En el caso de autopistas y autovías el sistema de señalización informativa está compuesto siempre por señales de **preseñalización**, que alertan sobre la proximidad de una salida; de **dirección**, que indican la naturaleza de las maniobras que es necesario realizar; **BALIZAS DE ACERCAMIENTO (ID - 2)**, que muestran la proximidad a 300 m, 200 m y 100 m de la salida; de **SALIDA INMEDIATA (ID - 1)**, que precisa el lugar y ángulo de la salida; de **confirmación**, que valida la maniobra realizada indicando destinos principales y distancias a ellos; y, de **localización**, que informan la ubicación de lugares o destinos específicos. Ver Figura 2.4 – 13.

Dadas las mayores velocidades de operación de este tipo de vías, en general las señales son de mayor tamaño y muchas de ellas se ubican sobre la calzada.

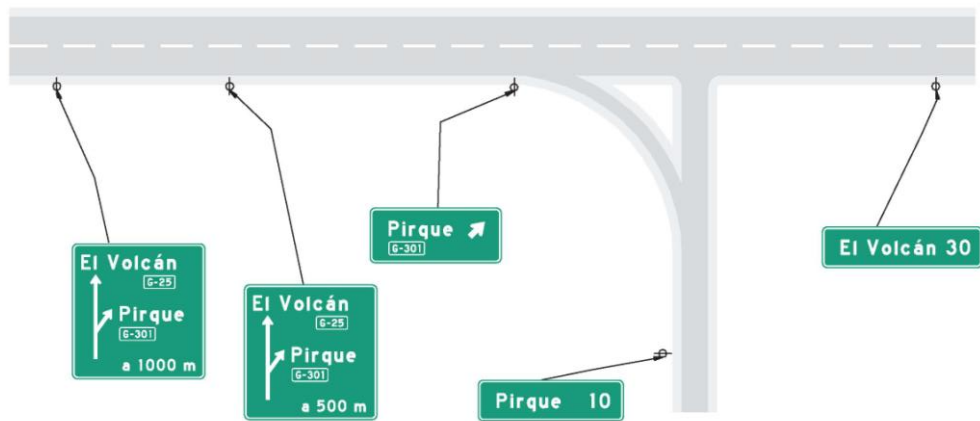
Figura 2.4 - 13



b) Esquema 2: Señalización Informativa en Vías Convencionales Rurales

En el caso de vías convencionales rurales el sistema de señalización informativa esta compuesto siempre por señales de **preseñalización**, que alertan sobre la proximidad de una salida; de **dirección**, que indican la naturaleza de las maniobras que es necesario realizar; de **confirmación**, que validan la maniobra realizada indicando destinos principales y distancias a ellos; y, de **localización**, que informan la ubicación de lugares o destinos específicos. Ver .Figura 2.4 – 14.

Figura 2.4 - 14



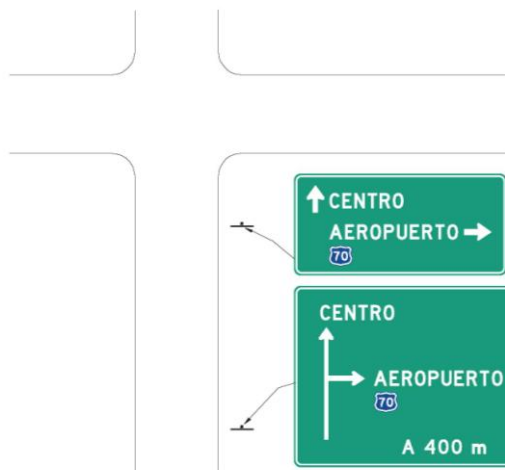
Cuando existan bifurcaciones importantes con pista de desaceleración, puede ser necesario incorporar señales **SALIDA INMEDIATA (ID - 1)**, que precisan el lugar y ángulo de la salida.

c) Esquema 3: Señalización Informativa en Vías Convencionales Urbanas utilizando Señales de Preseñalización y de Dirección

Cuando se requiere informar con anticipación la proximidad de una intersección o empalme complejo con vías que conducen a destinos importantes, se usan señales de **preseñalización**, que alertan sobre su cercanía, y de **dirección**, que indican la naturaleza de las maniobras que es necesario realizar.

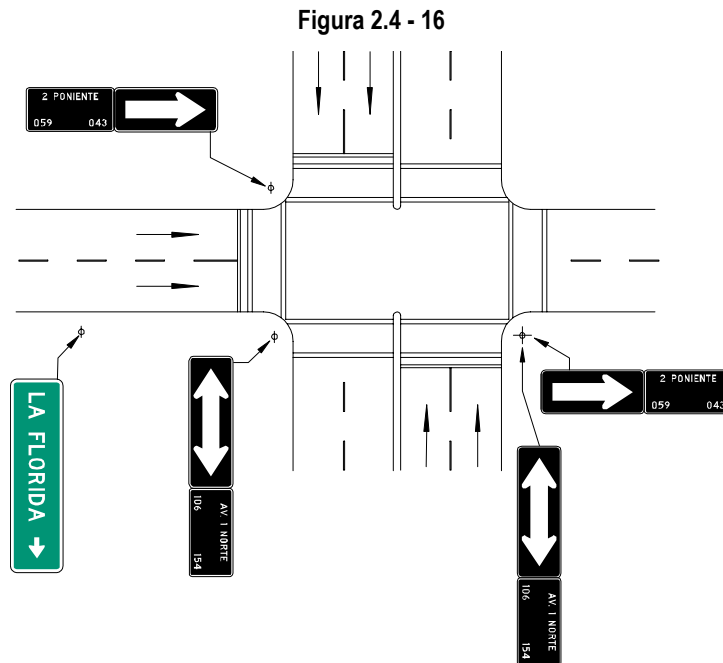
En algunos casos, puede requerirse el uso de señales SALIDA INMEDIATA (ID - 1) y de confirmación. Esta última no es necesaria cuando la señal SALIDA INMEDIATA (ID - 1) contiene destinos, los que no podrán ser más de 2. Es importante destacar que la inscripción de destinos en la señal SALIDA INMEDIATA (ID - 1) sólo se acepta tratándose de vías convencionales urbanas. Ver Figura 2.4 - 15.

Figura 2.4 - 15



d) Esquema 4: Señalización Informativa en Vías Convencionales Urbanas utilizando Señales de Dirección

En intersecciones de menor complejidad que las anteriores también puede ser necesario informar acerca de ellas al usuario con anticipación, pero sólo utilizando señales de dirección. Ver Figura 2.4 - 16.



e) Esquema 5: Señalización de Intersecciones Urbanas utilizando Señales de Sentido de Tránsito y de NOMBRE Y NUMERACIÓN DE CALLE (IV - 3)

En cruces donde el nivel de conflictos de tránsito es bajo, se puede indicar la existencia de la vía que intersecta con las señales TRÁNSITO EN UN SENTIDO (RO - 1a) o TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS (RO - 1b) y NOMBRE Y NUMERACIÓN DE CALLE (IV - 3). En áreas urbanas, la gran mayoría de las intersecciones se señaliza de esta manera.

Cuando se trata de vías anchas, es aconsejable utilizar señales sobredimensionadas para asegurar una adecuada visibilidad.

2.4.5 Señales con Otra Información de Interés

2.4.5.1 Señales de Servicio

Existe una familia de señales cuya función es informar a los usuarios respecto de servicios, tales como teléfono, correos, hotel, restaurante, primeros auxilios, entre otros, que se encuentran próximos a la vía.

Estas señales son cuadradas, de fondo azul en autopistas y autovías y verde en vías convencionales; su símbolo es blanco. Cuando se requiere inscribir una leyenda, ésta es blanca y la señal, rectangular.

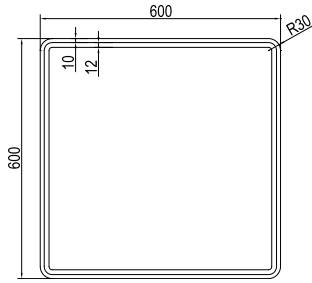
Pueden colocarse al inicio de la salida que conduce a la instalación, en cuyo caso pueden llevar una flecha de color blanco apuntando en la dirección de la salida.

Aeropuerto (IS - 1)	Estación de Trenes (IS - 12)
Alimentación/Restaurante (IS - 2)	Iglesia (IS - 13)
Alojamiento (IS - 3)	Información turística (IS - 14)
Cajero Automático (IS - 4)	Mecánica (IS - 15)
Camping (IS - 5)	Primeros Auxilios/Hospital (IS - 16)
Cancha de Aterrizaje/ Aeródromo (IS - 6)	Servicios Higiénicos (IS - 17)
Centro Comercial (IS - 7)	Teleférico/Andarivel (IS - 18)
Centro de Convenciones (IS - 8)	Teléfono Público (IS - 19)
Correo (IS - 9)	Terminal de Cruceros (IS - 20)
Embarcadero (IS-10)	Trasbordador/Balsa (IS-21)
Estación de Servicio (IS-11)	

Estas señales pueden mostrarse agrupadas en placas paneles de señalización, en la proximidad de una localidad o ciudad, manteniendo siempre cada señal individual sus dimensiones mínimas.

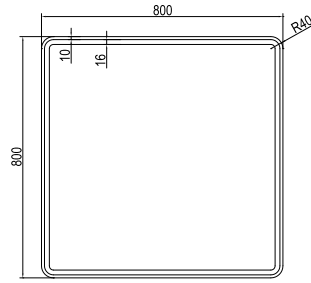
Cuando estas señales se contengan en paneles informativos emplazados en redes o circuitos turísticos referidos en 2.4.2.1, su color de fondo podrá ser blanco y sus símbolos del mismo color del panel.

Velocidad máxima permitida de 60 ó 70 km/h



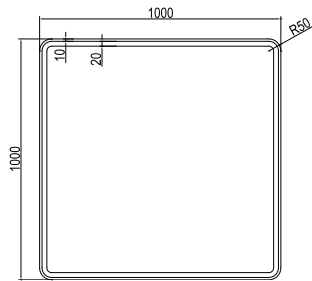
Cotas en milímetros

Velocidad máxima permitida de 80 ó 90 km/h



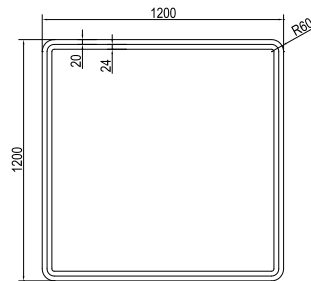
Cotas en milímetros

Velocidad máxima permitida de 100 ó 110 km/h

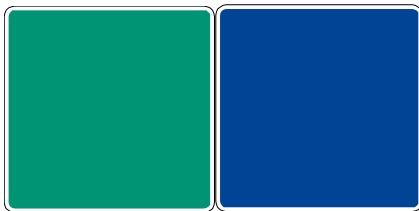


Cotas en milímetros

Velocidad máxima permitida mayor o igual a 120 km/h

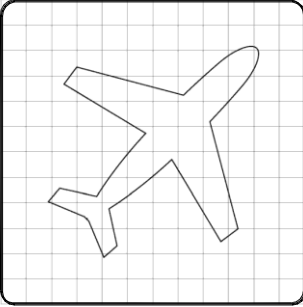




Cotas en milímetros

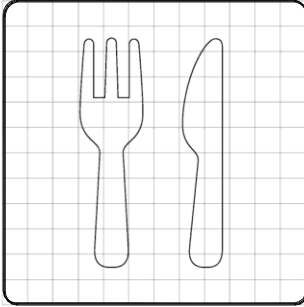




Para señales en vías con velocidades máxima permitidas menores a 60 km/h, las medidas de la placa se pueden reducir a 500 x 500 mm y radio de 25 mm.

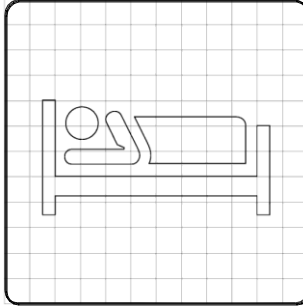


AEROPUERTO (IS-1)

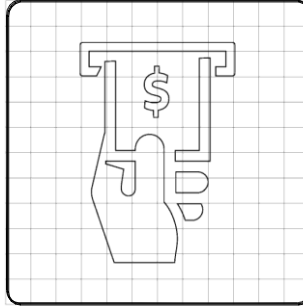


ALIMENTACIÓN / RESTAURANT (IS-2)

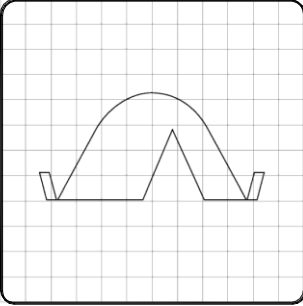


ALOJAMIENTO (IS-3)

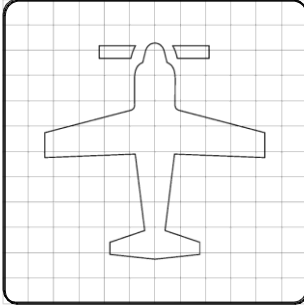


CAJERO AUTOMÁTICO (IS-4)

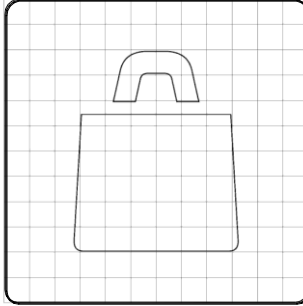


CAMPING (IS-5)

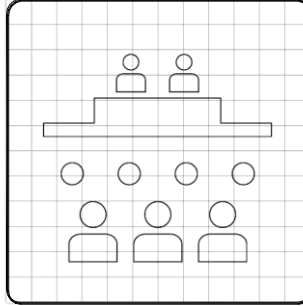


AERÓDROMO / CANCHA DE ATERRIZAJE (IS-6)

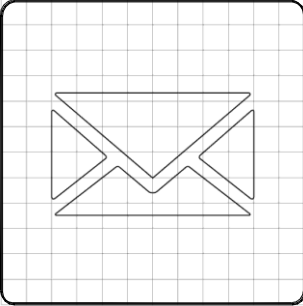


CENTRO COMERCIAL (IS-7)

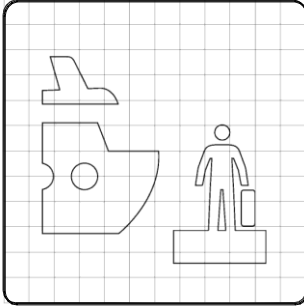


CENTRO DE CONVENCIONES (IS-8)

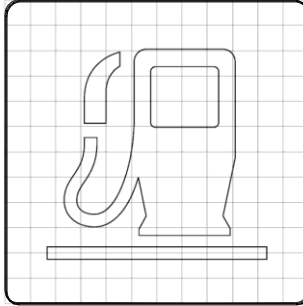


CORREO (IS-9)

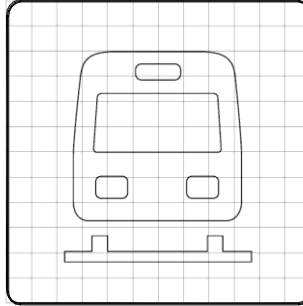


EMBARCADERO (IS-10)

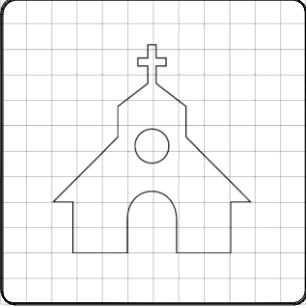


ESTACIÓN DE SERVICIO (IS-11)

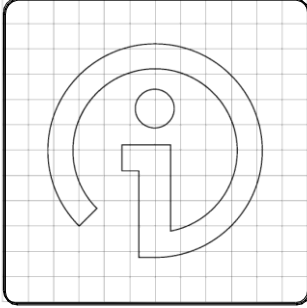


ESTACIÓN DE TRENES (IS-12)

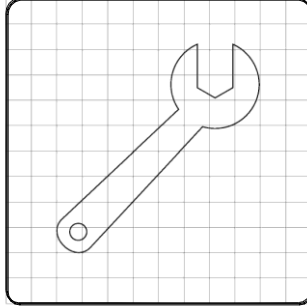


IGLESIA (IS-13)

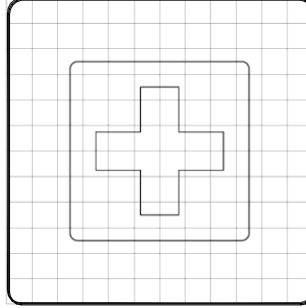


INFORMACIÓN TURÍSTICA (IS-14)

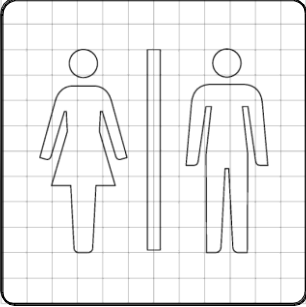


MECÁNICA (IS-15)

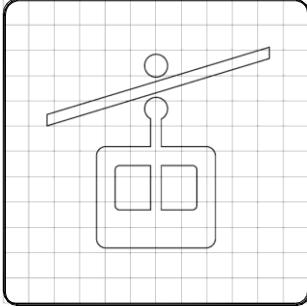


PRIMEROS AUXILIOS / HOSPITAL (IS-16)

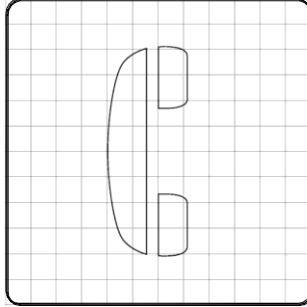


SERVICIOS HIGIÉNICOS (IS-17)

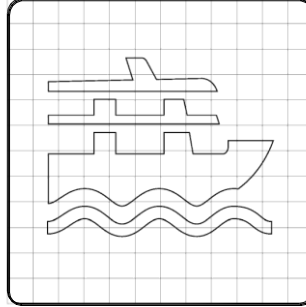


TELEFÉRICO / ANDARIVEL (IS-18)

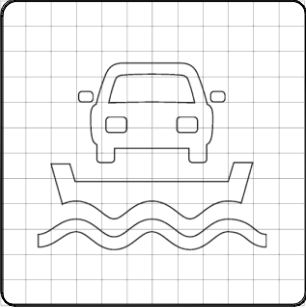


TELÉFONO PÚBLICO (IS-19)

TERMINAL DE CRUCEROS (IS-20)

TRANSBORDADOR / BALSA (IS-21)

2.4.5.2 Señales de Atractivo Turístico (IT)

Estas señales se usan para informar a los usuarios la existencia de atractivos turísticos y de lugares donde desarrollar distintas actividades recreativas que se encuentren próximos a la vía, tales como parque nacional, playas, artesanía y buceo, entre otras. Su instalación debe considerar, cuando corresponda, la habilitación de lugares especiales para el estacionamiento de vehículos fuera de la vía, de modo que la detención y/o estacionamiento de éstos no genere riesgos de accidentes ni obstaculice el normal desplazamiento del flujo vehicular.

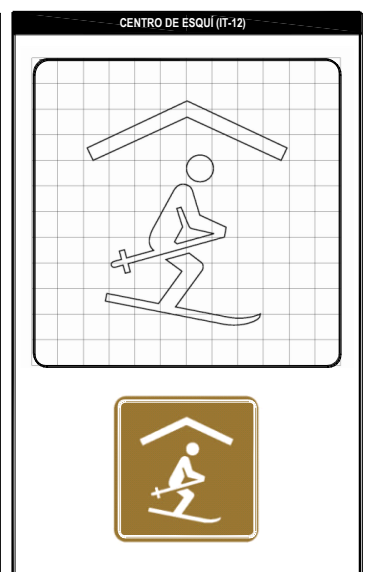
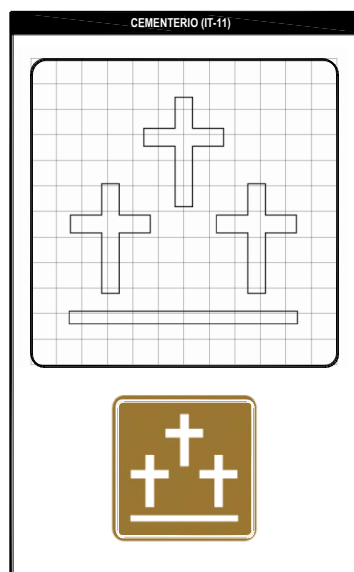
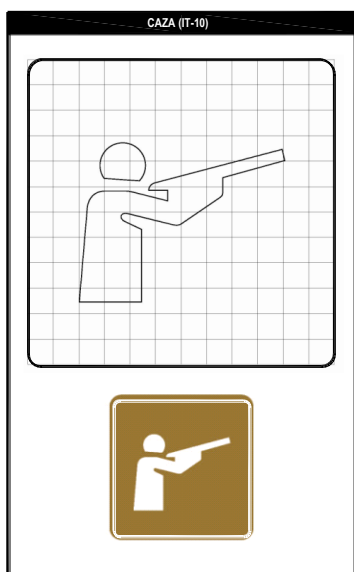
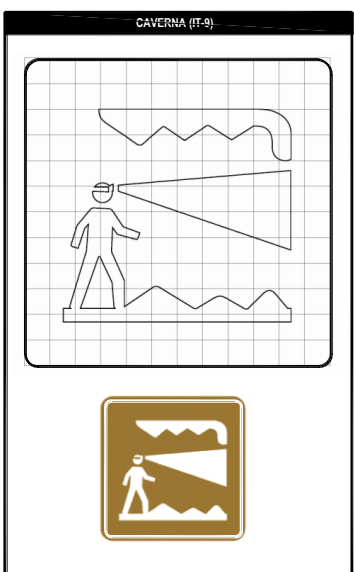
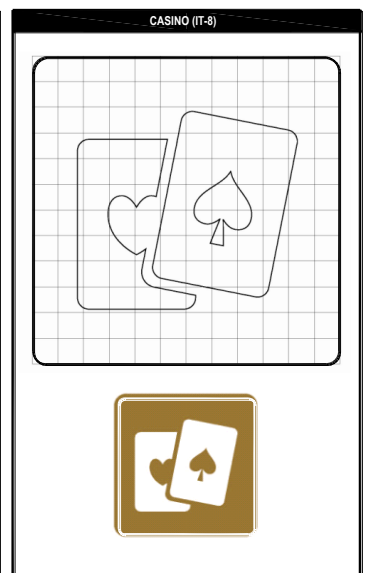
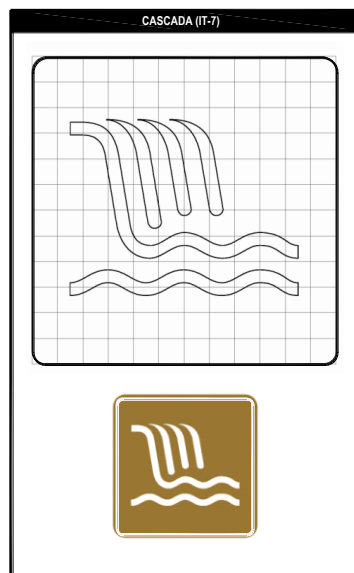
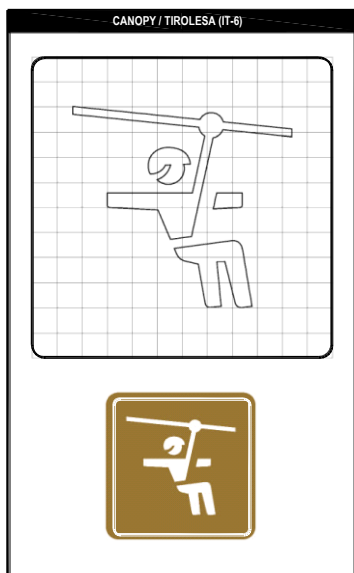
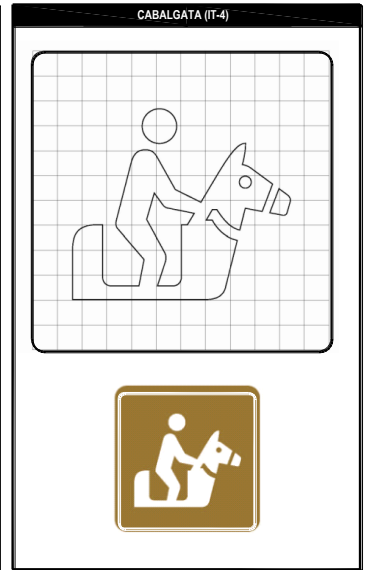
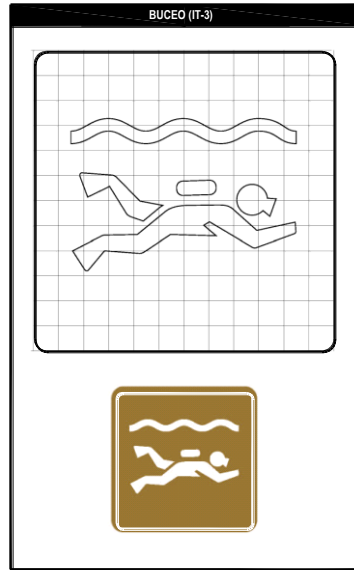
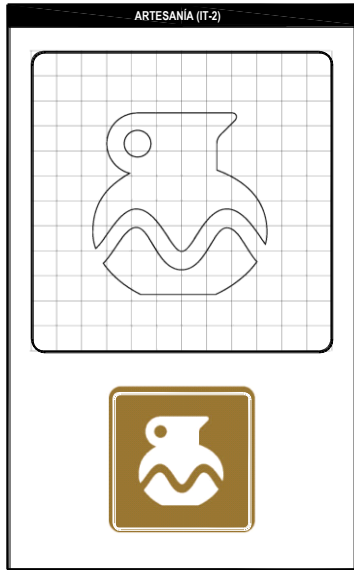
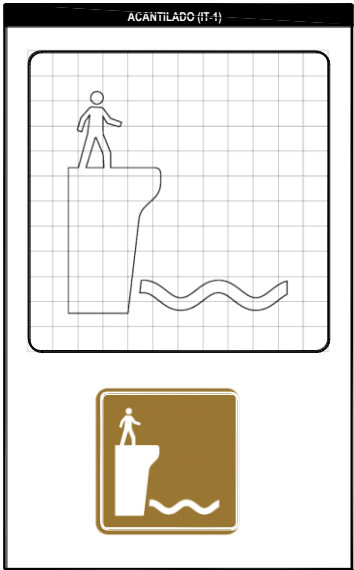
Los atractivos turísticos y lugares a que aludan estas señales deberán considerar, a lo menos, los contenidos en la Guía de Atractivos y Localidades Priorizados del Servicio Nacional de Turismo.

Son cuadradas, de color de fondo café; su símbolo es blanco. Cuando se requiere inscribir en ellas una leyenda con el nombre de la señal por ser su símbolo poco conocido, con información de distancias, de dirección o de otra naturaleza, la leyenda debe ser blanca y la señal de forma rectangular.

Acantilado (IT - 1)	Monumento Histórico (IT-43)
Artesanía (IT - 2)	Monumento y Área de Protección Natural (SNASPE) (IT-44)
Buceo (IT - 3)	Monumento Público (IT-45)
Cabalgata (IT - 4)	Motociclismo (IT-46)
Canoismo/Remo (IT - 5)	Mountain Bike (IT-47)
Canopy/Tirolesa (IT - 6)	Museo/Centro Cultural (IT-48)
Cascada (IT - 7)	Natación (IT-49)
Casino (IT - 8)	Náutica con Motor (IT-50)
Caverna (IT - 9)	Náutica sin Motor (IT-51)
Caza (IT - 10)	Observación/ Avistamiento de Aves (IT-52)
Cementerio (IT - 11)	Observación de Fauna Marina (IT-53)
Centro de Esquí (IT - 12)	Observatorio Astronómico (IT- 54)
Ciclismo (IT - 13)	Paleontología (IT-55)
Degustación de Vinos (IT - 14)	Parapente/Deportes Aeronáuticos (IT-56)
Deportes en General (IT - 15)	Parque/Plaza (IT-57)
Dunas (IT - 16)	Parque Natural (IT-58)
Equitación/Hípica (IT-17)	Patrimonio de la Humanidad (IT - 59)
Escalamiento (IT - 18)	Pesca Recreativa (IT-60)
Esquí (IT - 19)	Petroglifos (IT-61)
Esquí Acuático (IT - 20)	Picnic (IT-62)
Etnoturismo (IT - 21)	Playa (IT-63)
Excursión/Trekking (IT - 22)	Pueblo/Arquitectura Interesante (IT-64)
Fauna (IT - 23)	Rafting (IT-65)
Feria/Mercado (IT - 24)	Rapel (IT-66)
FloraArtesanía (IT - 25)	Parque Marino/Reserva Marina/Área Marina Costera Protegida (IT-67)
Flora y Fauna (IT - 26)	Río (IT-68)
Folclore/Cultura Tradicional (IT - 27)	Rodeo (IT-69)
Fuerte (IT - 28)	Salar (IT-70)
Gastronomía Típica (IT - 29)	Sitios Ramsar (IT-71)
Geiser (IT - 30)	Snowboard (IT-72)
Geología/Formación Geológica (IT - 31)	Surf (IT-73)
Glaciar (IT - 32)	Termas (IT-74)
Golf (IT - 33)	Tranque/Represa (IT-75)
Granja Educativa/Turismo Rural (IT - 34)	Tren Temático (IT-76)
Humedal (IT-35)	Viñedos (IT-77)
Lago/Laguna (IT-36)	Volcán (IT-78)
Mina (IT-37)	Windsurf (IT-79)
Mirador (IT-38)	Zona Típica o Pintoresca (IT-80)
Mirador Fotográfico (IT-39)	Zoológico (IT-81)
Montaña/Cerro (IT-40)	
Montañismo (IT-41)	
Centro Arqueológico/Arqueología (IT-42)	

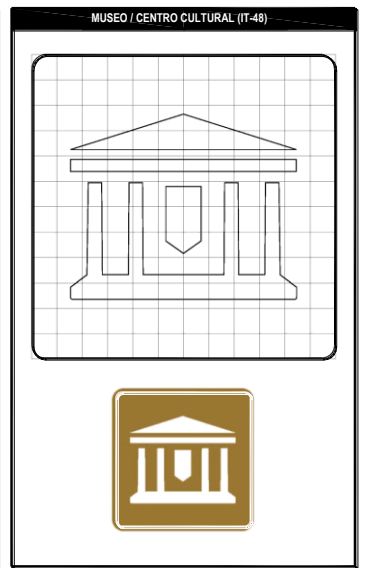
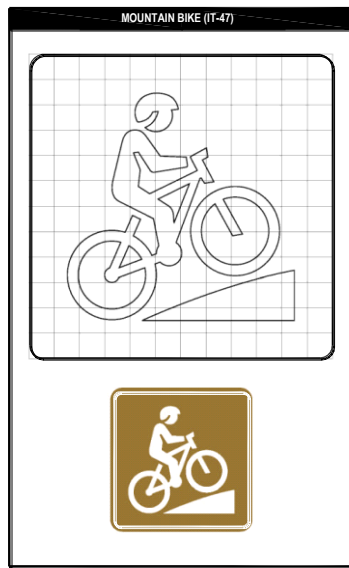
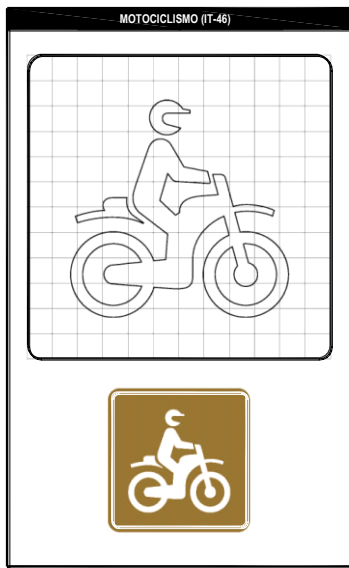
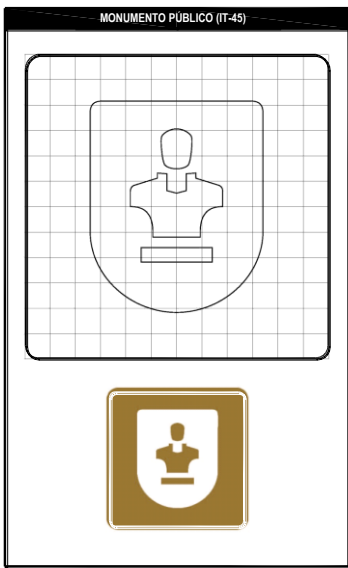
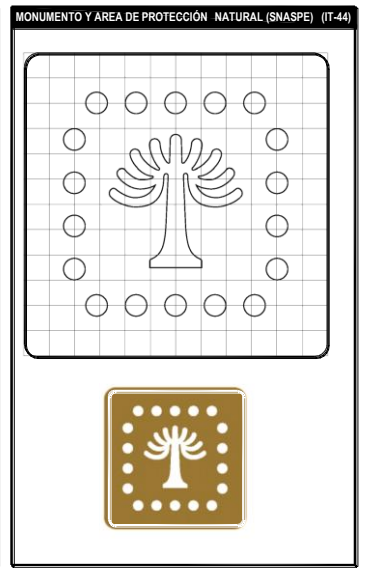
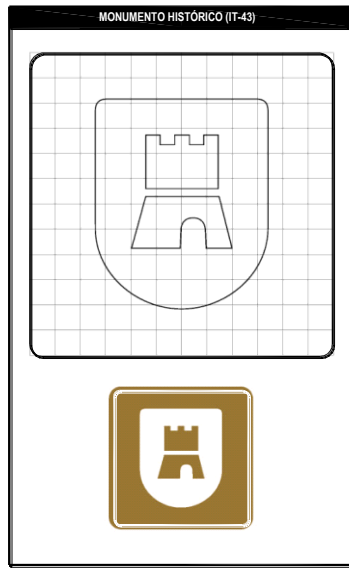
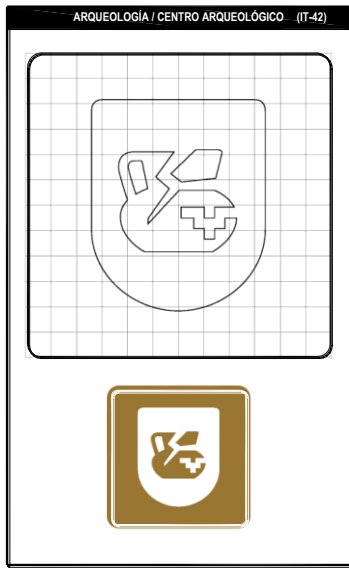
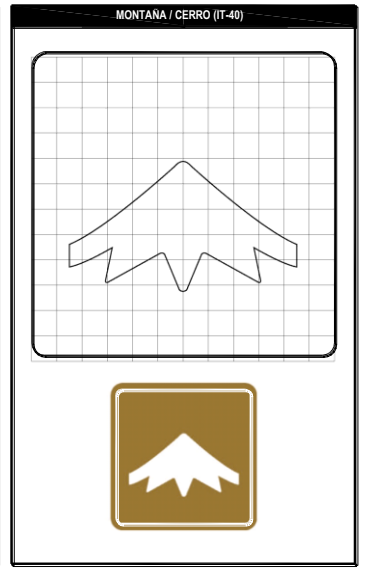
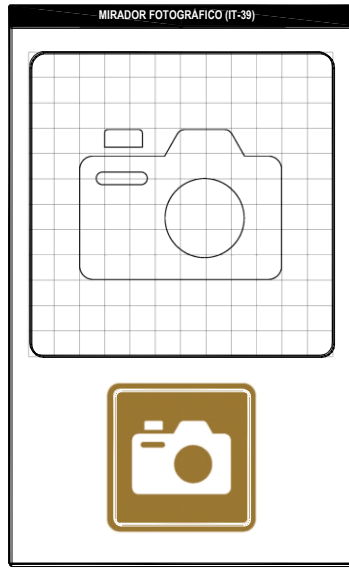
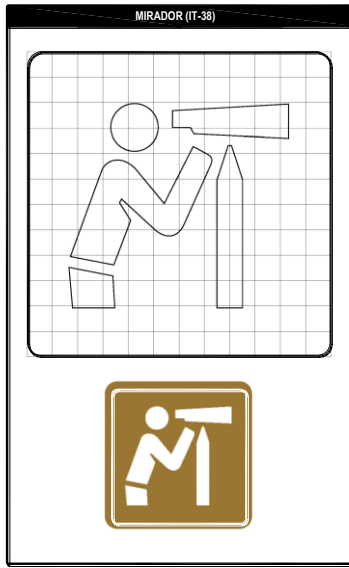
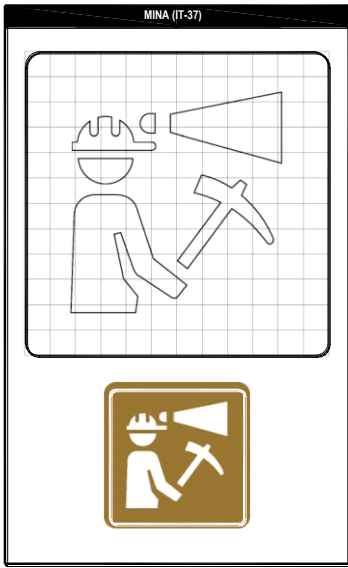
Estas señales pueden mostrarse agrupadas en placas paneles de señalización, en la proximidad de una localidad o ciudad, manteniendo siempre cada señal individual las dimensiones mínimas indicadas en 2.4.5.1.

Cuando en un mismo panel se inscriban señales de servicio y de información turística, estas últimas pueden tener el color de fondo de las señales de servicio; cuando se contengan en paneles informativos emplazados en redes o circuitos turísticos referidos en 2.4.2.1, su color de fondo podrá ser blanco y sus símbolos del mismo color del panel.

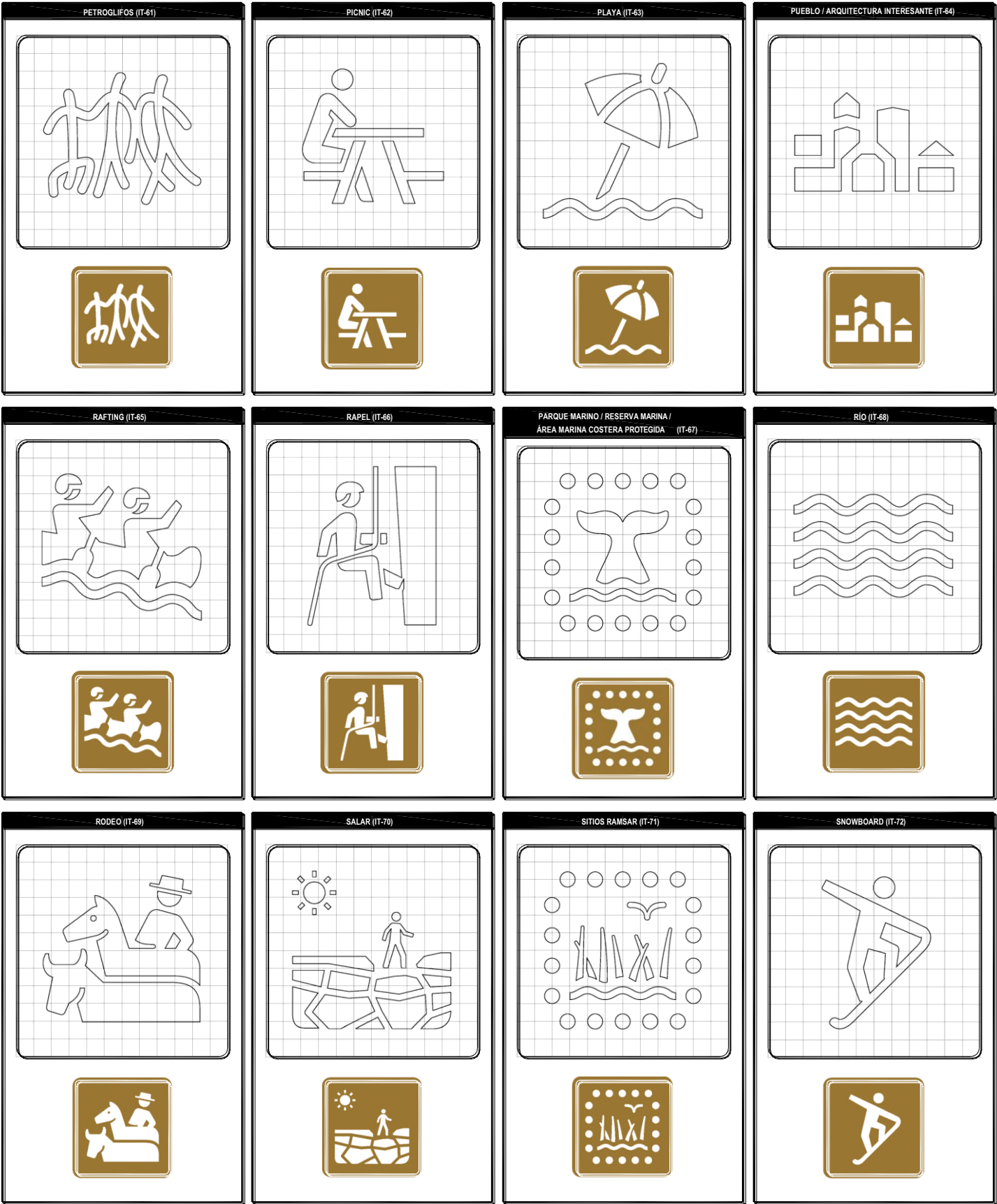


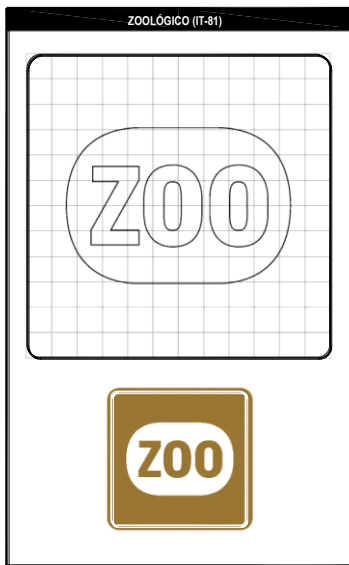
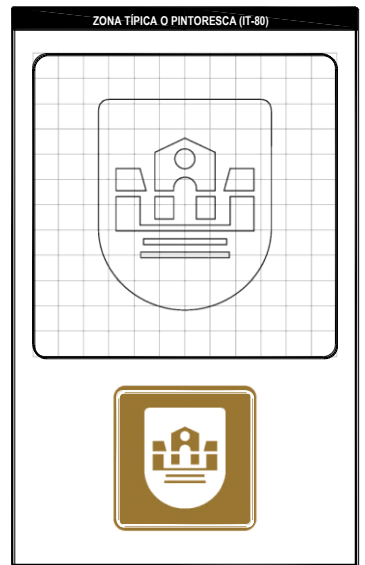
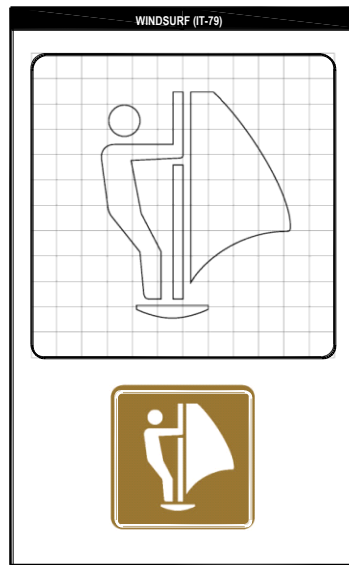
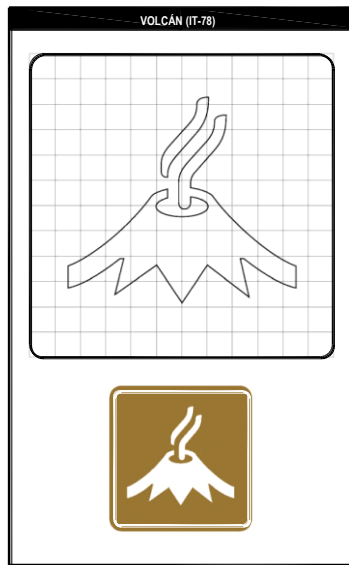
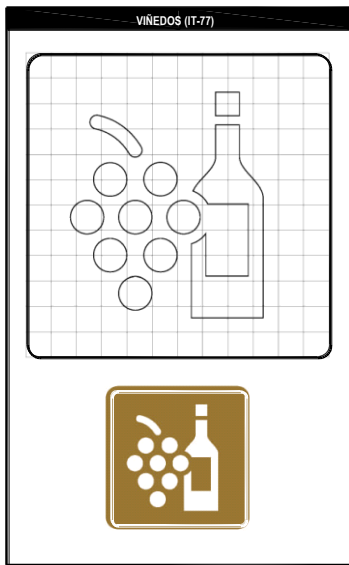
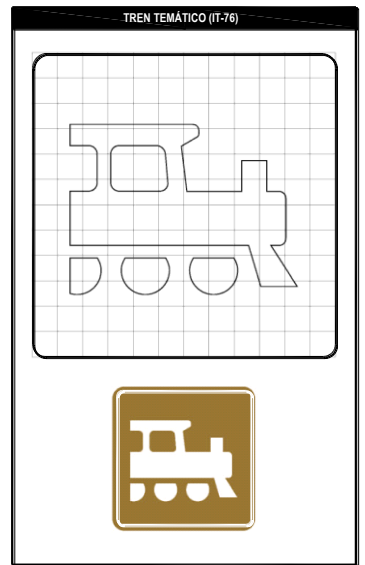
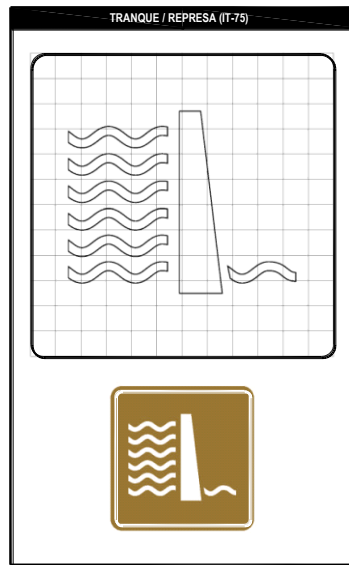
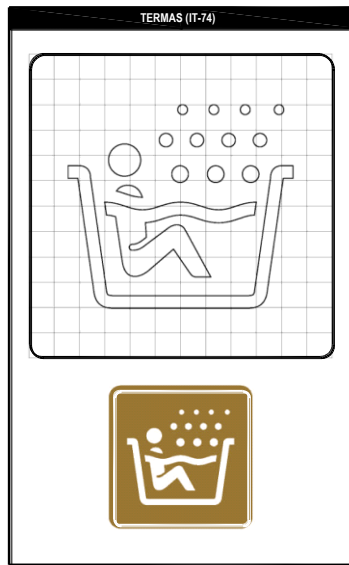












2.4.5.2.1 Señales de Monumentos Nacionales (ITM)

Estas señales corresponden a una subcategoría de las señales de Atractivo Turístico. Sólo pueden instalarse tratándose de monumentos nacionales reconocidos como tales por el Consejo de Monumentos Nacionales a que se refiere la ley N° 17.288. La forma de estas señales es generalmente rectangular, su color de fondo es café y el de la leyenda que contienen es blanco. Se inscribe en la señal un cuadrado blanco en el cual figura la imagen representativa del monumento nacional a que aluden. Dicha imagen – que puede ser a color – debe ser autorizada por el Consejo antes referido y por el Secretario Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones competente.

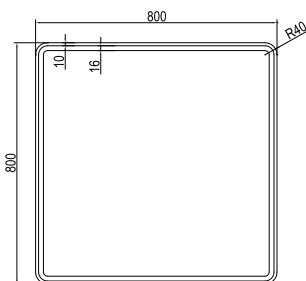


2.4.5.3 Otras Señales para Autopistas y Autovías (IAA)

Además de las señales para autopistas y autovías ya mencionadas, existe otro grupo de señales complementarias que entregan información adicional al usuario y que sólo tienen aplicación tratándose de este tipo de vías.

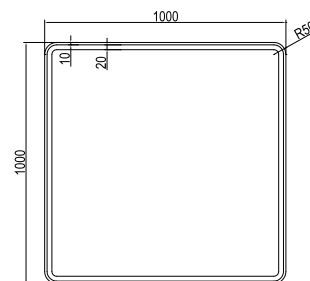
- Inicio de Autopista / Autovía (IAA - 1)
- Fin de Autopista / Autovía (IAA - 2)
- Indicación de Salida Lateral Derecha (IAA - 3)
- Salida antes de Ingresar a Autopista (IAA - 4)
- Retorno en Autopista / Autovía (IAA - 5)
- Preseñalización de Lugar Habilitado para Estacionar (IAA - 6)
- Teléfono de Emergencia (IAA - 7)
- Autopista/Autovía con Televía o Sistema Complementario (IAA - 8)

Velocidad máxima permitida de 80 ó 90 km/h



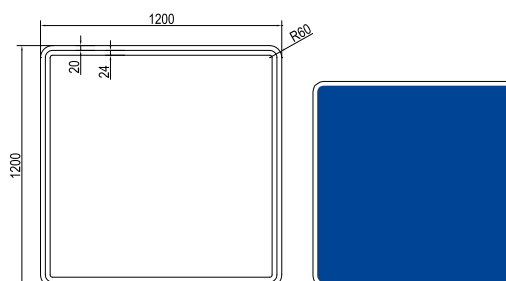
Cotas en milímetros

Velocidad máxima permitida de 100 ó 110 km/h

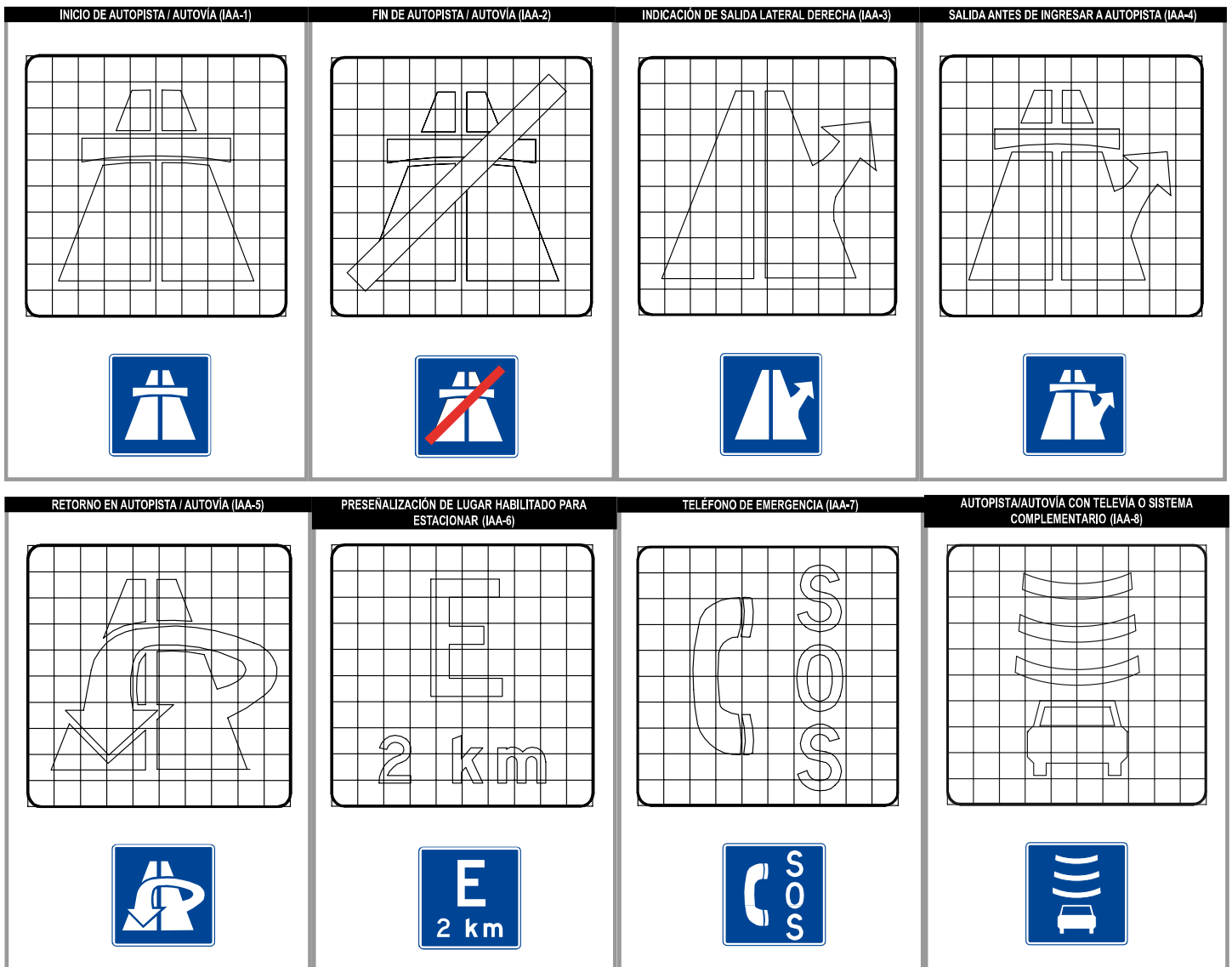


Cotas en milímetros

Velocidad máxima permitida mayor o igual a 120 km/h



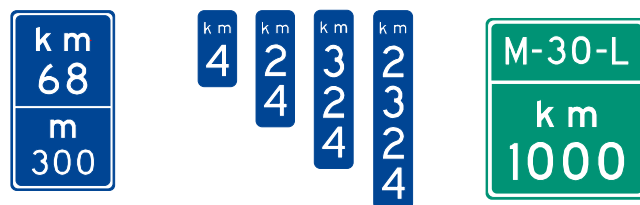
Cotas en milímetros



2.4.5.4 Señales de Posición de Referencia (IPR)

Estas señales constituyen un tipo especial, ya que, en general, no están destinadas a los conductores. Su utilidad radica principalmente en proporcionar la información precisa necesaria para la localización exacta, entre otros, de accidentes de tránsito que se registren en vías no urbanas.

Se instalan cada 100, 1000 y 5000 m, generalmente a una altura inferior a la de las señales convencionales, sobre barreras centrales o más alejadas del borde de calzada y pueden estar no orientadas a los conductores.



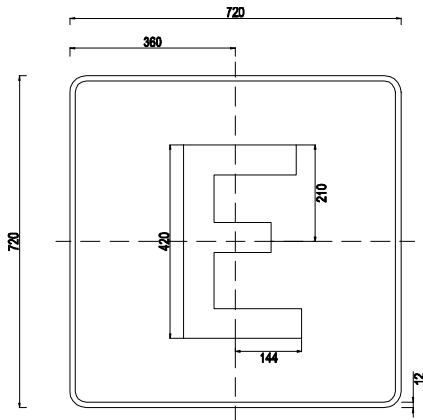
En Áreas de Desarrollo Indígena o en aquellas que CONADI estime pertinente, las señales de posición de referencia podrán ser de color de fondo café, y contener una greca simple, previa autorización del Secretario Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones competente.



2.4.5.5 Señales de Estacionamiento (IE)

Estas dos señales representan una excepción dentro de las señales informativas, ya que son siempre de color azul, incluso en las vías convencionales urbanas.

ESTACIONAMIENTO PERMITIDO (IE - 1a)



Cotas en milímetros



Esta señal se utiliza para indicar un lugar donde está autorizado estacionar. Se le puede agregar una leyenda, debajo del símbolo, para clarificar la extensión del lugar en que ello está autorizado.

También se utiliza para identificar la disponibilidad de estacionamiento fuera de la vía pública, en cuyo caso puede complementarse con una leyenda y/o flecha que indique la distancia y/o dirección a él.

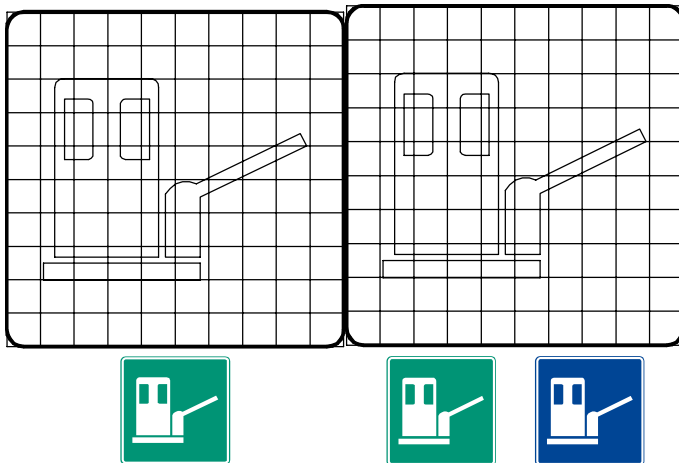
2.4.5.6 Otras Señales Informativas (IO)

En general, estas señales son de fondo azul en autopistas y autovías y verde en vías convencionales. Sus símbolos y leyendas son blancos.

- Plaza de Peaje (IO - 1)
- Plaza de Pesaje (IO - 2)
- Parada de Buses (IO - 3)
- Pista Solo Buses (IO - 4)
- Vía Perpendicular con Pista Solo Buses (IO - 5)
- Control Fotográfico (IO - 6)

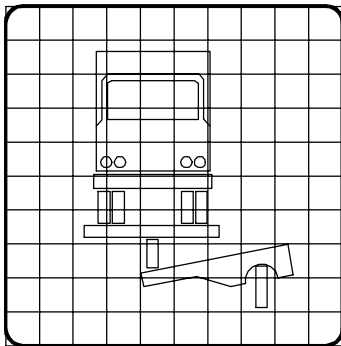
El tamaño de estas señales corresponde al definido para las señales informativas de servicio en 2.4.5.1.

PLAZA DE PEAJE (IO - 1)



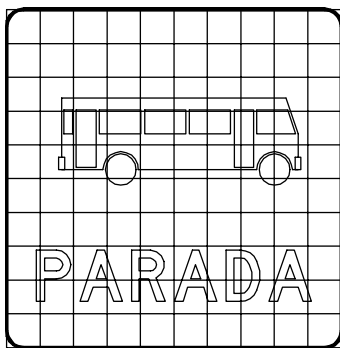
Esta señal se utiliza para informar la proximidad de una plaza de peaje; debe acompañarse de una placa adicional que indique la distancia a ella.

PLAZA DE PESAJE (IO - 2)



Esta señal se utiliza para informar la proximidad de una plaza de pesaje; debe acompañarse de una placa adicional que indique la distancia a ella.

PARADA DE BUSES (IO - 3a)

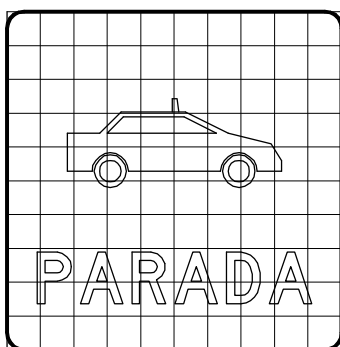


Esta señal indica un lugar donde está autorizada la detención de buses de transporte público para tomar o dejar pasajeros.

Tratándose de sistemas de paradas diferidas se puede utilizar una señal especial, la que debe ser aprobada mediante resolución por el Secretario Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones competente.

Similarmente, en el caso de la implantación de sistemas de transporte público, podrá utilizarse una señal de parada especial, la que puede ser instalada en un poste y/o adosada a la infraestructura del paradero respectivo, cuyas características difieran de las contenidas en este manual, previa autorización del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

PARADA DE TAXICOLECTIVOS (IO - 3b)



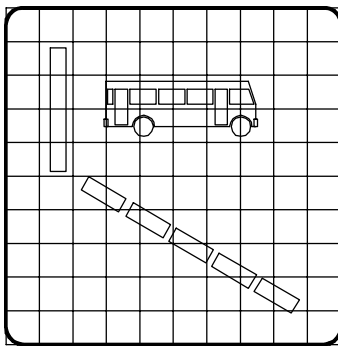
Esta señal indica un lugar donde está autorizada la detención de taxis colectivos para tomar o dejar pasajeros. En la figura del automóvil puede inscribirse la leyenda "TAXI COLECTIVO".

PARADA MIXTA (IO - 3c)



Esta señal indica un lugar donde está autorizada la detención tanto de buses de transporte público como de taxis colectivos, para tomar o dejar pasajeros.

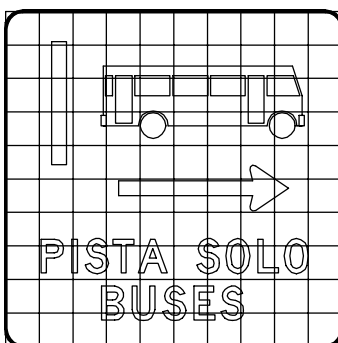
PISTA SOLO BUSES (IO - 4)



Esta señal informa la proximidad de pistas exclusivas para buses. Debe ser instalada de manera de indicar con la suficiente anticipación el inicio de tal modalidad. Tiene fondo verde y su símbolo es blanco.

Esta misma señal se utiliza cuando se ha autorizado la circulación de taxis por la Pista Solo Buses.

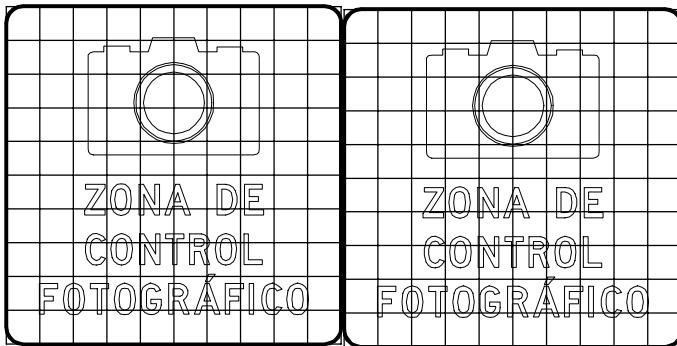
VÍA PERPENDICULAR CON PISTA SOLO BUSES (IO - 5)



Esta señal se utiliza para informar que en la próxima vía perpendicular existe una pista exclusiva para buses, cuando el viraje a la derecha no está restringido.

Esta misma señal se utiliza cuando se ha autorizado la circulación de taxis por la Pista Solo Buses.

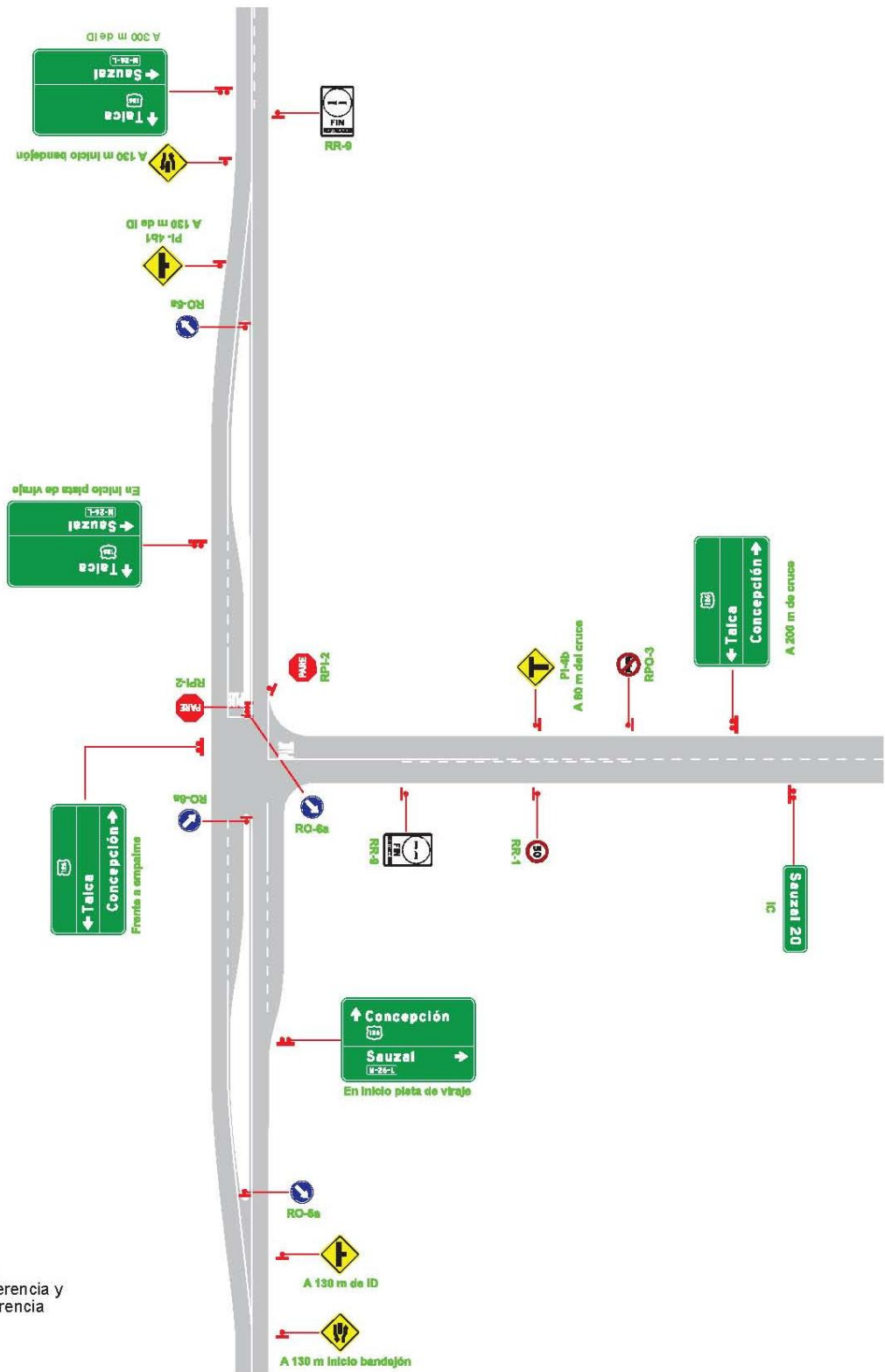
CONTROL FOTOGRÁFICO (IO - 6)



Esta señal se usa para informar la proximidad de una zona en que se utilizan equipos de registro fotográfico de infracciones.

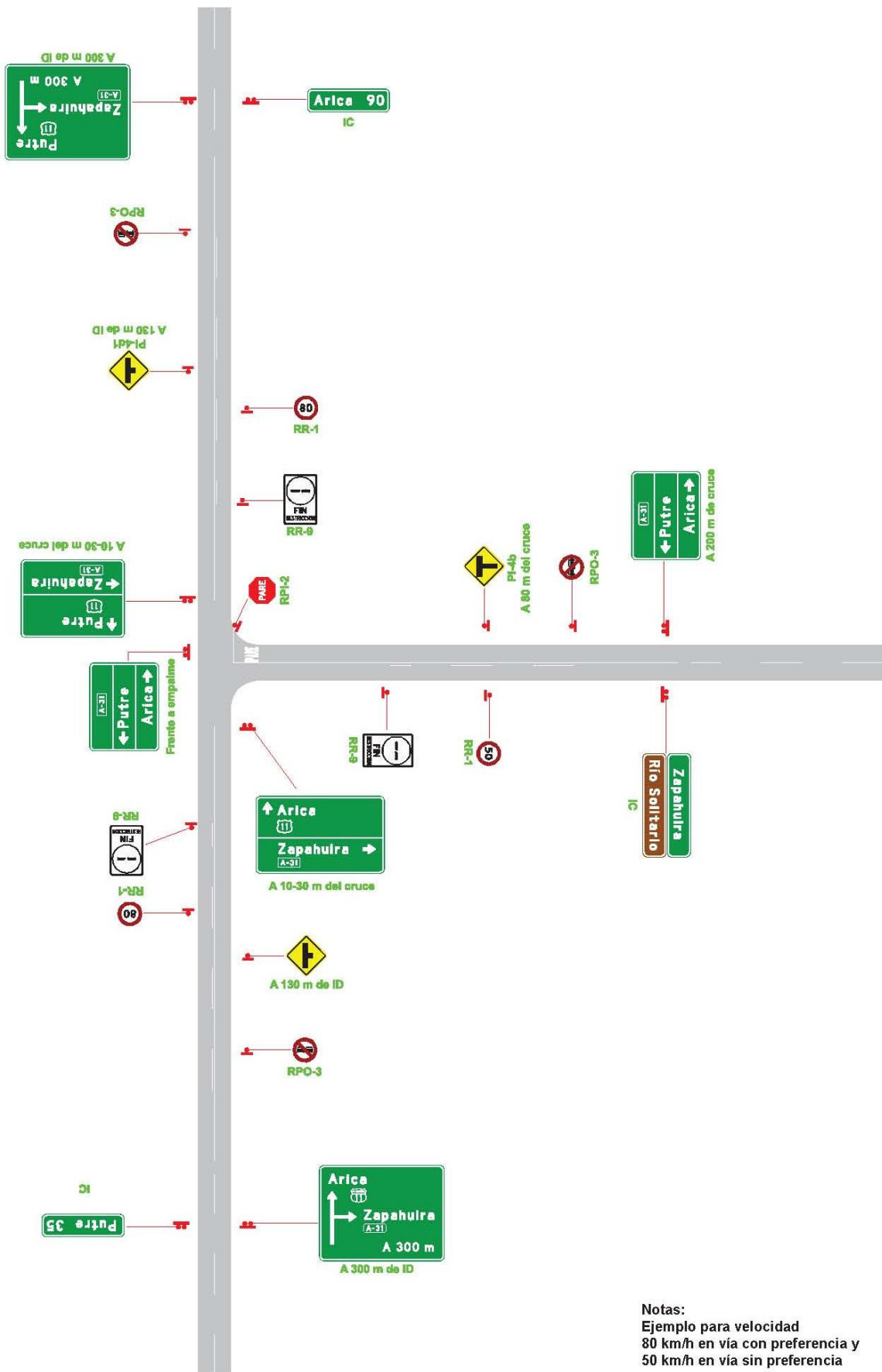
2.5 ESQUEMAS DE SEÑALIZACIÓN

2.5.1 Empalme Lateral – Con Pista de Viraje



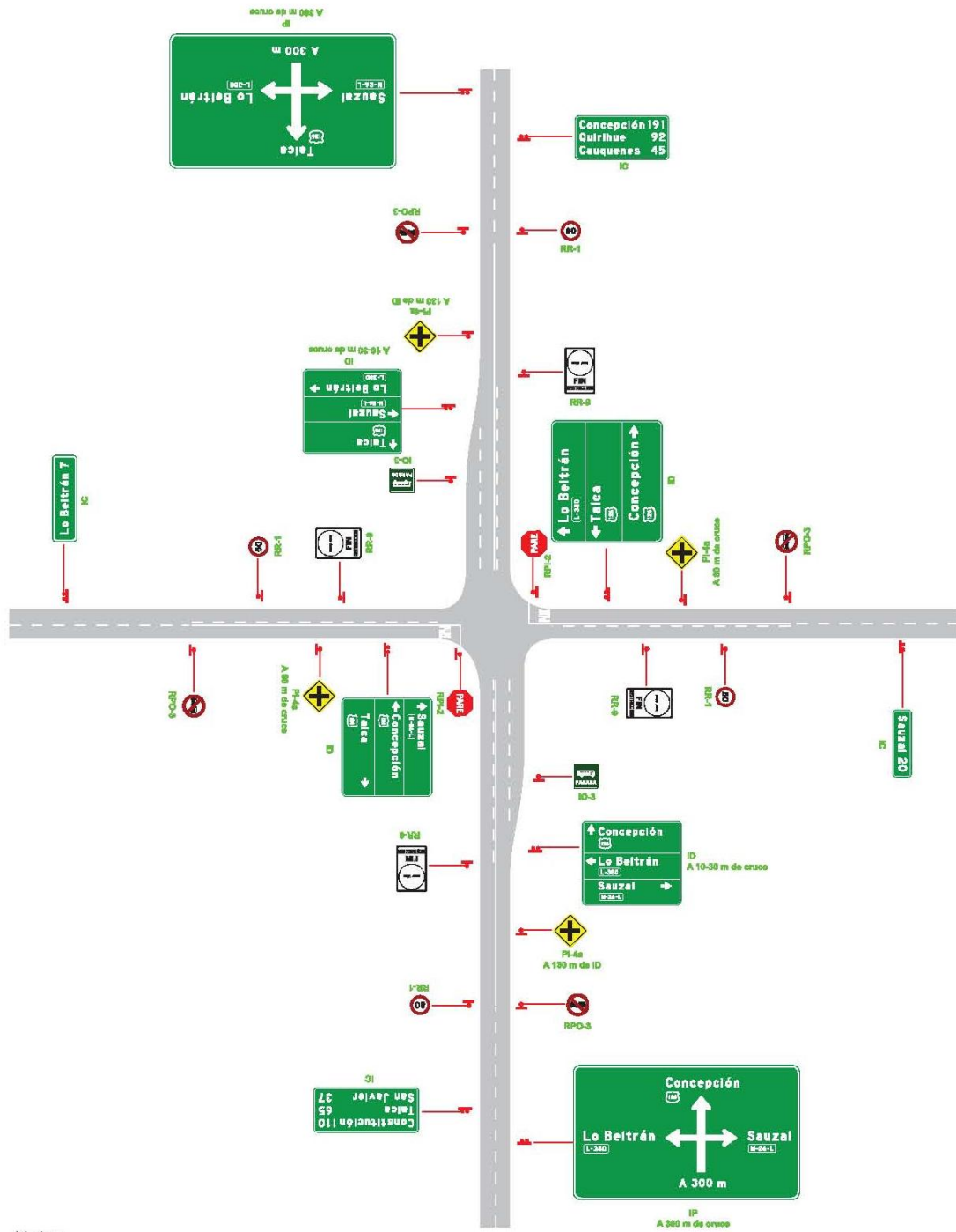
Notas:
Ejemplo para velocidad
80 km/h en vía con preferencia y
50 km/h en vía sin preferencia

2.5.2 Empalme Lateral – Sin Pista de Viraje



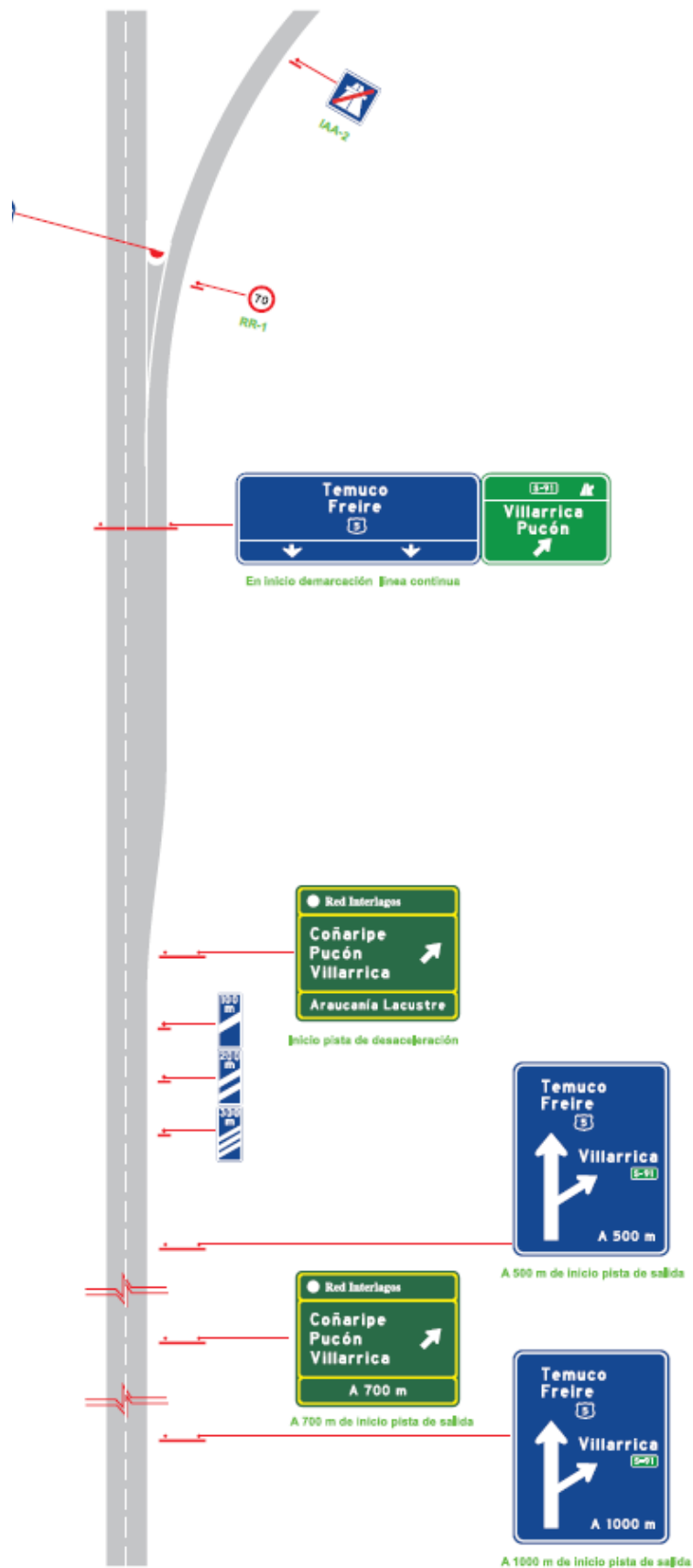
Notas:
Ejemplo para velocidad
80 km/h en vía con preferencia y
50 km/h en vía sin preferencia

2.5.3 Cruce de Caminos



Notas:
Ejemplo para velocidad
80 km/h en vía con preferencia y
50 km/h en vía sin preferencia

2.5.4 Salida Autopista a Circuito Turístico



Notas:

Ejemplo para autopistas con velocidad de 100 km/h y salida con restricción de 70 km/h.

La altura de placas principales vecinas debe ser constante y depende de la señal con más lectura.

En la ruta hacia donde conduce el ramal de salida debe colocarse una señal de velocidad máxima y luego una señal de confirmación de destinos.

CAPÍTULO 3

DEMARCACIONES

3	DEMARCACIONES	3—5
3.1	GENERALIDADES DE LAS DEMARCACIONES.....	3—5
3.1.1	Función	3—5
3.1.2	Clasificación.....	3—5
3.1.3	Materiales	3—6
3.1.4	Características Básicas.....	3—6
3.1.5	Eliminación de Demarcaciones.....	3—8
3.2	LÍNEAS LONGITUDINALES	3—8
3.2.1	Clasificación.....	3—8
3.2.2	Características	3—8
3.2.3	Líneas de Eje Central.....	3—9
3.2.4	Líneas de Pistas	3—15
3.2.5	Líneas de Borde de Calzada.....	3—17
3.2.6	Otras Líneas Longitudinales	3—19
3.3	LÍNEAS TRANSVERSALES.....	3—21
3.3.1	Clasificación.....	3—21
3.3.2	Características	3—21
3.3.3	Cruce Controlado por señal CEDA EL PASO	3—22
3.3.4	Cruce Controlado por señal PARE	3—22
3.3.5	Cruce Regulado por Semáforo	3—23
3.3.6	Pasos para Peatones.....	3—23
3.3.7	Cruce de Ciclovías.....	3—26
3.4	SÍMBOLOS Y LEYENDAS	3—26
3.4.1	Clasificación.....	3—26
3.4.2	Características	3—26
3.4.3	Flechas	3—26
3.4.4	Leyendas	3—34
3.4.5	Otros Símbolos	3—35
3.5	OTRAS DEMARCACIONES	3—42
3.5.1	Achurados.....	3—42
3.5.2	Demarcación de Tránsito Divergente y Convergente	3—42
3.5.3	Demarcación de Aproximación a Obstáculos	3—43
3.5.4	No Bloquear Cruce.....	3—44
3.5.5	Vía Segregada Buses	3—45
3.5.6	Parada Buses	3—47
3.5.7	Estacionamiento	3—47
3.5.8	Borde Alertador.....	3—48
3.5.9	Demarcaciones Alertadoras.....	3—49
3.5.10	Distanciadores	3—51
3.5.11	Demarcación para Zonas de Niebla	3—52
3.5.12	Indicadores de Grifo	3—53
3.5.13	Demarcación de Minirrotondas.....	3—54

3 DEMARCACIONES

3.1 GENERALIDADES DE LAS DEMARCACIONES

En este capítulo se abordan específicamente las señales horizontales o marcas efectuadas sobre la superficie de la vía, tales como líneas, símbolos, letras u otras indicaciones conocidas como DEMARCACIONES, describiéndose su función, propósito y características. Estas especificaciones constituyen el estándar mínimo aceptable, pudiendo las autoridades locales aumentarlos atendiendo a las particularidades que todas las vías suelen presentar.

Dado que se ubican en la calzada, las demarcaciones presentan la ventaja, frente a otros tipos de señales, de transmitir su mensaje al conductor sin que éste distraiga su atención de la pista en que circula. Sin embargo, presentan como desventaja que su visibilidad se ve afectada por nieve, lluvia, polvo, alto tráfico y otros.

En general, todas las vías deberían contar con las demarcaciones requeridas, según lo especificado en este capítulo, siendo obligatorias en vías rurales y en vías urbanas cuya velocidad máxima sea superior a 60 km/h o su calzada tenga tres o más pistas o que registren un tránsito de 2.000 o más vehículos/día, sin perjuicio de las correspondientes a PARE y CEDA EL PASO, las que serán siempre obligatorias.

La instalación de demarcaciones requiere pavimentos relativamente indeformables, lisos y compactos, por lo que no se pueden aplicar en caminos de tierra o ripio.

3.1.1 Función

Las demarcaciones, al igual que las señales verticales, se emplean para regular la circulación, advertir o guiar a los usuarios de la vía, por lo que constituyen un elemento indispensable para la seguridad y la gestión de tránsito. Pueden utilizarse solas o junto a otros medios de señalización. En algunas situaciones, son el único y/o más eficaz medio para comunicar instrucciones a los conductores.

3.1.2 Clasificación

3.1.2.1 Según su forma:

- a) **Líneas Longitudinales:** Se emplean para delimitar pistas y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar; zonas con prohibición de estacionar; y, para delimitar pistas de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos.
- b) **Líneas Transversales:** Se emplean fundamentalmente en cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse y para demarcar sendas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas.
- c) **Símbolos y Leyendas:** Se emplean tanto para guiar y advertir al usuario como para regular la circulación. Se incluyen en este tipo de demarcación las flechas, triángulos CEDA EL PASO y leyendas tales como PARE y LENTO.
- d) **Otras Demarcaciones:** Existen otras demarcaciones que no es posible clasificar dentro de las anteriores, ya que ninguno de sus componentes (longitudinales, transversales o simbólicos) predomina por sobre los otros.

3.1.2.2 Según su altura:

- a) **Planas:** Aquéllas de hasta 6 mm de altura.
- b) **Elevadas:** Aquéllas de más de 6 mm y hasta 21 mm de altura, utilizadas para complementar a las primeras. El hecho de que esta demarcación sea elevada aumenta su visibilidad, especialmente al ser iluminada por la luz proveniente de los focos de los vehículos, aún en condiciones de lluvia, situación en la cual, generalmente, la demarcación plana no es eficaz.

Existen elementos con una altura mayor a la especificada para demarcaciones elevadas, comúnmente llamados tachones, los que si bien además de delinear, permiten controlar físicamente ciertos movimientos vehiculares, en algunas situaciones pueden constituir un factor de riesgo.

3.1.3 Materiales

Existe una gran variedad de materiales para demarcar, con diversidad de costos, duración y métodos de instalación, correspondiendo a las entidades responsables de las vías seleccionar y especificar los que mejor satisfagan sus necesidades. En esta decisión deben considerarse las características nocivas que para la salud de las personas y el medio ambiente presentan algunos productos, así como el tipo de pavimento y el flujo vehicular, entre otros factores.

Los materiales utilizados para demarcar se pueden clasificar en dos grupos:

- **Para Demarcaciones Planas:** Corresponde a materiales que son aplicados en capas delgadas, como pinturas, materiales plásticos, termoplásticos, cintas preformadas, entre otros.
- **Para Demarcaciones Elevadas:** Conocidos normalmente como tachas, estoperoles u “ojos de gato”. Por lo general estos dispositivos son plásticos, cerámicos o metálicos, entre otros materiales. Al menos la cara que enfrenta el tráfico debe ser retrorreflectante, según lo señalado más adelante en 3.1.4.4

3.1.4 Características Básicas

3.1.4.1 Mensaje

Las demarcaciones entregan su mensaje a través de líneas, símbolos y leyendas colocados sobre la superficie de la vía. Son señales de relativo bajo costo y al estar instaladas en la zona donde los conductores concentran su atención, son percibidas y comprendidas sin que éstos desvíen su visión de la calzada.

En el caso de las demarcaciones elevadas se produce además un efecto vibratorio y sonoro cuando son pisadas por un vehículo, alertando al conductor que está atravesando una línea demarcada, lo que contribuye a una mayor seguridad. Sin embargo, las demarcaciones presentan ciertas limitaciones:

- Son percibidas a menor distancia que las señales verticales.
- Son ocultadas por la nieve.
- Su visibilidad puede verse significativamente reducida por la presencia de agua.
- Son sensibles al tránsito, a las condiciones ambientales, climáticas y al estado y características de la superficie de calzada, por lo que requieren mantenimiento más frecuente que otras señales.

3.1.4.2 Emplazamiento

La ubicación de la demarcación debe ser tal que garantice al usuario que viaja a la velocidad máxima que permite la vía, ver y comprender su mensaje con suficiente tiempo para reaccionar y ejecutar la maniobra adecuada, de modo de satisfacer uno de los siguientes objetivos:

- a) indicar el inicio, mantención o fin de una restricción o autorización, en cuyo caso la demarcación debe ubicarse en el lugar específico donde éste ocurre, y
- b) advertir o informar sobre maniobras o acciones que se deben o pueden realizar más adelante.

3.1.4.3 Dimensiones

Las dimensiones de las demarcaciones dependen de si son planas o elevadas, y de la velocidad máxima de la vía en que se emplazan. Éstas se detallan para cada caso más adelante. Cuando se requiera mejorar la visibilidad de una demarcación, tales dimensiones pueden ser aumentadas, siempre que un estudio técnico lo justifique, y que leyendas y símbolos mantengan sus proporciones.

En la Tabla 3.1 - 1 se señalan las tolerancias aceptadas en las dimensiones de demarcaciones planas.

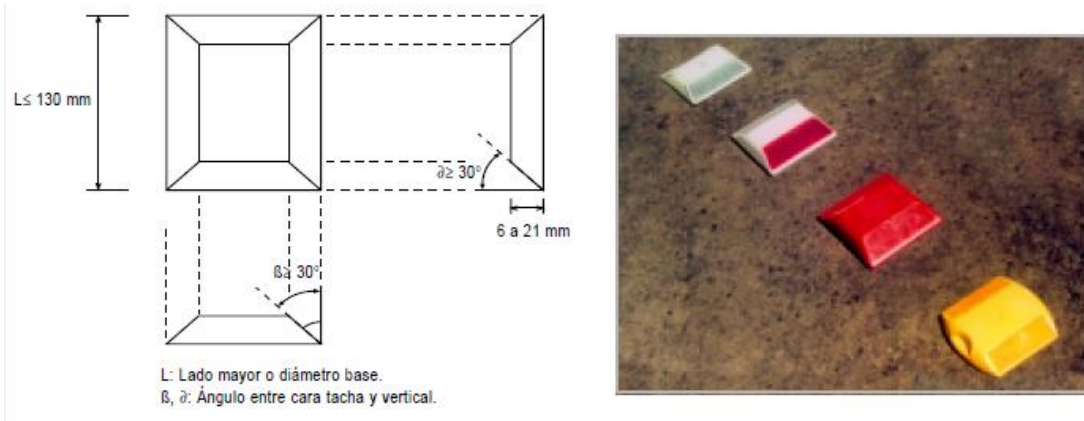
En términos generales, toda demarcación recién aplicada debe presentar bordes nítidos, alineados y sin deformaciones, de modo que sus dimensiones queden claramente definidas. En particular, cuando se aplique una demarcación plana sobre otra preexistente, esta última debe quedar completamente cubierta.

Tabla 3.1 - 1
Tolerancias en las Dimensiones de Demarcaciones Planas

Dimensión	Tolerancia Permitida
Ancho de una línea	±3%
Largo de una línea segmentada	±5%
Dimensiones de símbolos y letras	±5%
Separación entre líneas adyacentes	±5%

Tratándose de demarcaciones elevadas, el lado mayor o diámetro de su base, debe ser menor o igual a 130 mm. Además, ninguna de sus caras debe formar un ángulo mayor a 60° con la horizontal. Ver Figura 3.1 - 1.

Figura 3.1 - 1



3.1.4.4 Retroreflexión

Las demarcaciones deben ser visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática, por ello se confeccionan con materiales apropiados, como micro - esferas de vidrio, y se someten a procedimientos que aseguran su retroreflexión. Esta propiedad permite que sean más visibles en la noche al ser iluminadas por las luces de los vehículos, ya que una parte significativa de la luz que reflejan retorna hacia la fuente luminosa. Las demarcaciones planas deben presentar permanentemente los valores mínimos de retroreflexión señalados en la Tabla 3.1 - 2. Los ángulos de iluminación y observación se muestran en la Figura 3.1 - 2.

Tabla 3.1 - 2
Niveles Mínimos de Retroreflexión (mcd/lux - m2)

Ángulos		Colores	
Iluminación	Observación	Blanco	Amarillo
3,5°	4,5°	120	95
1,24°	2.29°	90	70

Figura 3.1 - 2

Ω : ángulo de observación
μ : ángulo de iluminación



Se exceptúan del requisito anterior las líneas amarillas que indican prohibición de estacionar, descritas en 3.2.6.1 y las líneas de eje central en ciclovías.

Tratándose de demarcaciones elevadas, la superficie retroreflectante debe ser siempre de a lo menos 10 cm². Cuando el elemento instalado pierda parte de dicha superficie, no alcanzando el mínimo señalado, puede ser conveniente instalar un elemento nuevo frente al deteriorado, sin necesidad de retirar este último.

3.1.4.5 Color

Las demarcaciones planas son en general blancas y excepcionalmente amarillas para señalar áreas especiales, como pistas SOLO BUSES o donde está prohibido estacionar. Sin embargo, algunas líneas longitudinales también pueden ser amarillas, como más adelante se indica. Estos colores deben ser uniformes a lo largo de la demarcación y corresponder a los especificados en el Anexo 6.

Las demarcaciones elevadas pueden ser blancas, amarillas o rojas, estando el color determinado por el material retroreflectante que contienen. Se utiliza el blanco para indicar líneas que pueden ser traspasadas, el amarillo para las que pueden ser traspasadas sólo en caso de emergencia y el rojo para reforzar aquellas en que el traspaso está siempre prohibido.

Excepcionalmente se acepta el uso de demarcaciones elevadas azules, según se señala en 3.5.12.

3.1.4.6 Contraste

Para la adecuada visibilidad diurna de una demarcación se requiere que ésta se destaque de la superficie de la vía, por ello se define una relación de contraste mínima entre la demarcación y el pavimento. Con frecuencia el color original del pavimento tiende a cambiar con el tiempo, por el desgaste de la superficie y en

el caso de pavimentos de asfalto, por el envejecimiento del ligante. De hecho, los pavimentos de mezcla asfáltica tienden con el tiempo a cambiar de color negro a gris.

La relación de contraste mínima R_c es 1,7

donde:

$$R_c = (\beta_{\text{demarcación}} - \beta_{\text{pavimento}}) / \beta_{\text{pavimento}}$$

β = Factor de Luminancia

De no registrarse este valor mínimo, existe la alternativa de aplicar un color negro como fondo de la demarcación requerida, el que deberá exceder de esta última en a lo menos 5 cm en todo su contorno.

3.1.4.7 Resistencia al Deslizamiento

Al igual que la carpeta de rodado, la demarcación plana debe presentar una resistencia al deslizamiento suficiente para que los vehículos circulen sobre ella sin riesgo. Esta condición está directamente relacionada con su coeficiente de rozamiento, ya que la resistencia al deslizamiento es producto de ese coeficiente por la fuerza normal que ejerce el vehículo al pasar sobre la demarcación.

Por lo anterior, el coeficiente de rozamiento de las demarcaciones planas debe ser siempre:

- a) Mayor o igual que 0,40 en vías urbanas.
- b) Igual o superior a 0,45 en vías rurales.

Ambos coeficientes medidos con el Péndulo Británico, o su valor equivalente cuando se mida con otro instrumento.

3.1.5 Eliminación de Demarcaciones

Modificaciones de las características operacionales y/o físicas de una vía, tales como cambios de sentido de tránsito o ensanchamientos, pueden requerir la eliminación o borrado de la demarcación existente, a fin de no confundir a los usuarios, no desacreditar otras señales y no generar accidentes. Las demarcaciones obsoletas deben ser removidas antes que las nuevas condiciones de operación y/o físicas se implementen.

Se puede utilizar cualquier proceso que elimine totalmente la demarcación obsoleta siempre que no dañe el medio ambiente y que no afecte la integridad del pavimento, tales como chorro de arena, cepillado, quemadura, aplicación de agentes químicos u otros, no siendo aceptable el recubrimiento con pintura gris o negra, ya que ésta se desgasta con el tiempo dejando visible la demarcación que se ha intentado eliminar.

Las demarcaciones elevadas innecesarias deben ser removidas en su totalidad.

3.2 LÍNEAS LONGITUDINALES

Las líneas longitudinales se emplean para delimitar pistas y calzadas; para indicar zonas con y sin prohibición de adelantar o sobrepasar; zonas con prohibición de efectuar viraje a la izquierda o en "U"; zonas con prohibición de estacionar; y, para delimitar pistas de uso exclusivo de determinados tipos de vehículos, por ejemplo, pistas exclusivas de bicicletas o buses.

3.2.1 Clasificación

Atendiendo al elemento de la vía que identifican, las líneas longitudinales se clasifican en:

- líneas de eje central
- líneas de pistas
- líneas de borde de calzada
- otras líneas

3.2.2 Características

3.2.2.1 Mensaje

Además de separar y delinear calzadas o pistas, las líneas longitudinales, dependiendo de su forma y color, señalan los sectores donde se permite o prohíbe adelantar o sobrepasar, virar a la izquierda, virar en "U" o donde se prohíbe estacionar.

3.2.2.2 Forma

Las líneas longitudinales pueden ser continuas o segmentadas. Las primeras indican sectores donde está prohibido estacionar o efectuar las maniobras de adelantamiento o sobrepaso y virajes, y las segmentadas, donde dichas maniobras están permitidas.

3.2.2.3 Color

La demarcación plana de líneas longitudinales es blanca; excepcionalmente es de color amarillo cuando se utiliza para delimitar pistas SOLO BUSES, tratadas en 3.5.5, o indicar la prohibición de estacionar. No obstante, en el caso de caminos de montaña y de zonas de nieve frecuente, las demarcaciones longitudinales de líneas de eje central y de borde de calzada también pueden ser de color amarillo.

3.2.3 Líneas de Eje Central

Las líneas de eje central se utilizan en calzadas bidireccionales para indicar dónde se separan los flujos de circulación opuestos. Se ubican generalmente en el centro de dichas calzadas; sin embargo, cuando la asignación de pistas para cada sentido de circulación es desigual, dicha ubicación no coincide con el centro. De forma similar, cuando existen juntas de construcción en la calzada, es conveniente desplazar levemente estas líneas para asegurar una mayor duración de las mismas.

El ancho de las demarcaciones centrales varía según el tipo de línea y la velocidad máxima permitida en la vía, como se detalla más adelante para cada tipo de línea.

Dada la importancia de esta línea en la seguridad del tránsito, ella debería encontrarse siempre presente en toda vía bidireccional cuya calzada exceda los 5 m de ancho. En calzadas con anchos inferiores no es recomendable demarcar el eje central, como se señala más adelante en 3.2.5.

Para aumentar su eficacia, se recomienda reforzar las líneas de eje central con demarcación elevada.

Las líneas de eje central pueden ser segmentadas, continuas dobles o mixtas. Sin embargo, siempre debe ser continua a lo largo de una distancia de entre 15 y 20 m antes de una intersección.

3.2.3.1 Líneas de Eje Central Segmentadas

Estas líneas pueden ser traspasadas y se emplean donde las características geométricas de la vía permiten el adelantamiento y los virajes. En la Figura 3.2 - 1 se presentan dos tipos de líneas centrales segmentadas.

El patrón de una línea central segmentada puede variar entre 5 y 12 m. La relación entre el tramo demarcado y la brecha varía según la velocidad máxima permitida de la vía, como muestra en la Tabla 3.2 - 1.

Figura 3.2 - 1
Ejemplos Líneas de Eje Central Segmentada

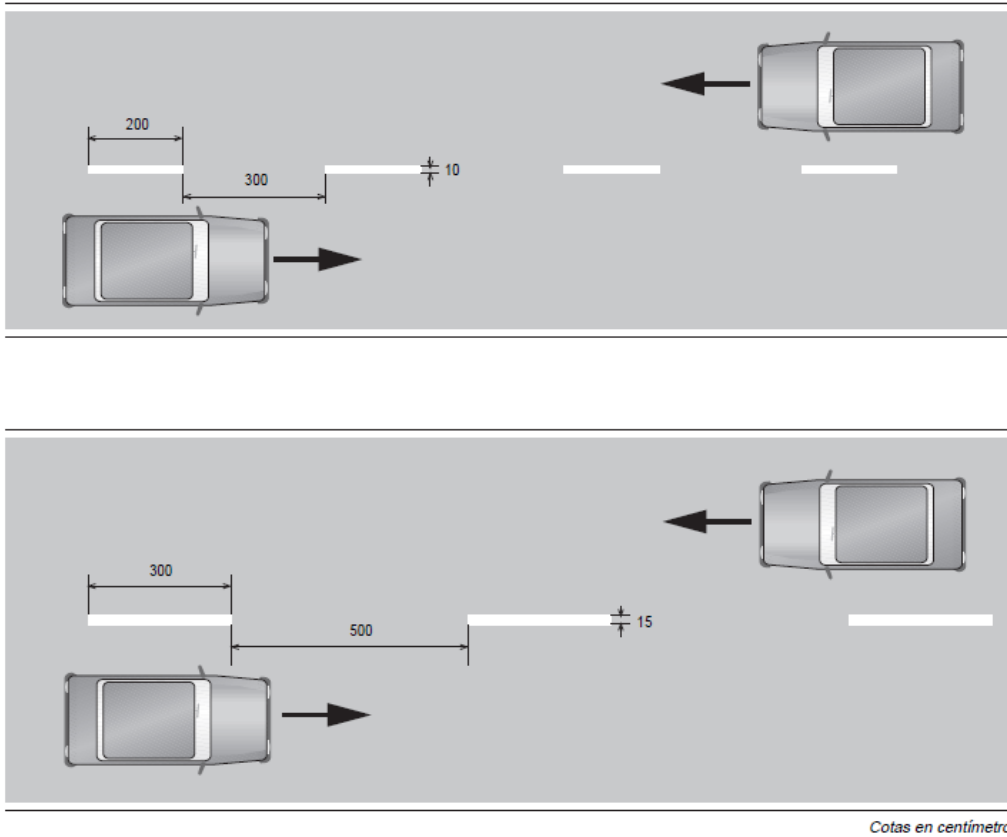


Tabla 3.2 - 1
Relación Demarcación / Brecha en Línea Central

Velocidad Máxima de la Vía (km/h)	Ancho de la Línea (cm)	Patrón (m)	Relación Demarcación Brecha
Mayor a 60	15 mínimo	8 ó 12	1 a 3 ó 3 a 5
Menor o igual a 60	10 mínimo	5 u 8	2 a 3 ó 3 a 5

Así, para una vía con velocidad máxima superior a 60 km/h, es posible utilizar un patrón de 12 m y una relación 1 a 3, que se traduce en líneas de 3 m demarcados seguidos de 9 m sin demarcar. Con el mismo patrón, pero con una relación 3 a 5, resultan 4,5 m demarcados y 7,5 m de brecha.

La demarcación elevada debe ser de color blanco e instalarse centrada en todas las brechas o brecha por medio.

3.2.3.2 Líneas de Eje Central Continuas Dobles

Las líneas de eje central continuas dobles consisten en dos líneas blancas paralelas, de un ancho mínimo de 10 cm cada una, separadas a lo menos por 12 cm. Ver Figura 3.2 - 2. Estas líneas no deben ser traspasadas. Se emplean en calzadas con doble sentido de tránsito en donde la visibilidad en la vía se ve reducida por curvas, pendientes u otros, impidiendo efectuar adelantamientos o virajes a la izquierda en forma segura. También se utilizan cuando para una mejor gestión del tránsito se desea prohibir un viraje a la izquierda o cuando razones de seguridad de tránsito lo aconsejen. Las condiciones de visibilidad que justifican esta demarcación se entregan en 3.2.3.4.

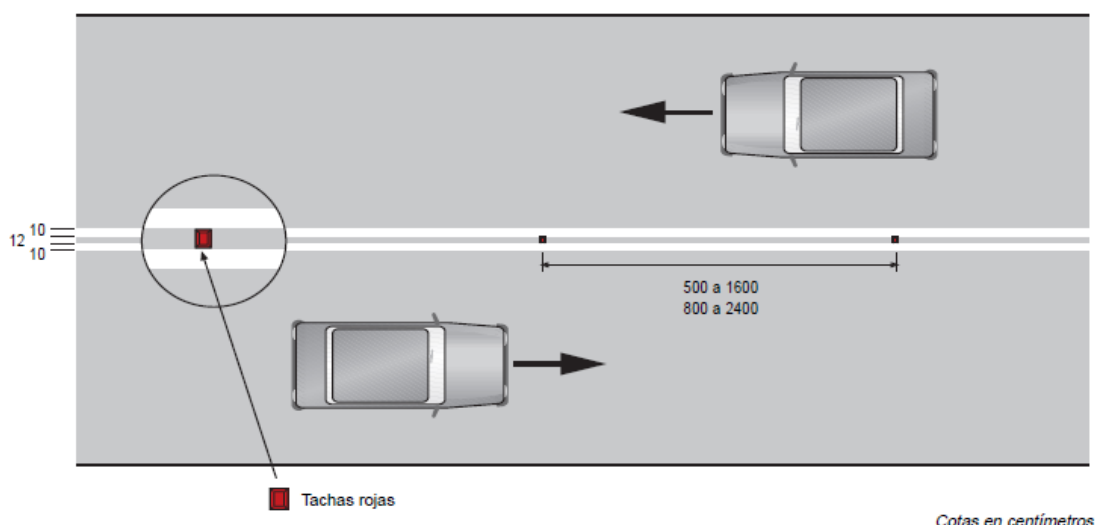
En calzadas de vías urbanas con velocidades máximas iguales o inferiores a 60 km/h y anchos menores a 6 m, se puede sustituir la línea central continua doble por una sola línea central.

En vías de 4 o más pistas, donde el número de pistas por sentido es el mismo, el eje central debe estar siempre demarcado con línea central continua doble.

En curvas que requieren sobreancho, las líneas de eje central continuas dobles pueden no ser paralelas para adaptarlas a la geometría del camino, siempre que se mantengan separadas por más de 12 cm.

La demarcación elevada debe ser de color rojo e instalarse entre las líneas continuas, manteniendo una distancia uniforme entre ellas, la que puede variar entre 5 y 16 m en vías con velocidad máxima permitida menor o igual a 60 km/h, y entre 8 y 24 m en vías con velocidades máximas permitidas superiores.

Figura 3.2 - 2
Ejemplo Líneas de Eje Central Continuas Dobles



3.2.3.3 Líneas de Eje Central Mixtas

Las líneas centrales mixtas consisten en dos líneas blancas paralelas, una continua y la otra segmentada, de un ancho mínimo de 10 cm cada una, separadas por a lo menos 12 cm. La línea continua se emplea para indicar la prohibición de adelantar y virar a la izquierda para el sentido del tránsito más próximo a ella. En la Figura 3.2 - 3 se muestra este tipo de demarcación.

La demarcación elevada debe contar con elementos retrorreflectantes rojos y blancos. Los primeros deben enfrentar al flujo de tránsito que no puede adelantar y los segundos, al que puede hacerlo. El cuerpo de la demarcación elevada puede ser bicolor, blanco y rojo, solamente blanco o solamente rojo. Se deben instalar entre las dos líneas centrales a una distancia igual a la del patrón de la línea segmentada o al doble de éste, a la altura del punto medio de cada brecha. Ver Figura 3.2 - 3.

3.2.3.4 Definición de Zonas de NO ADELANTAR

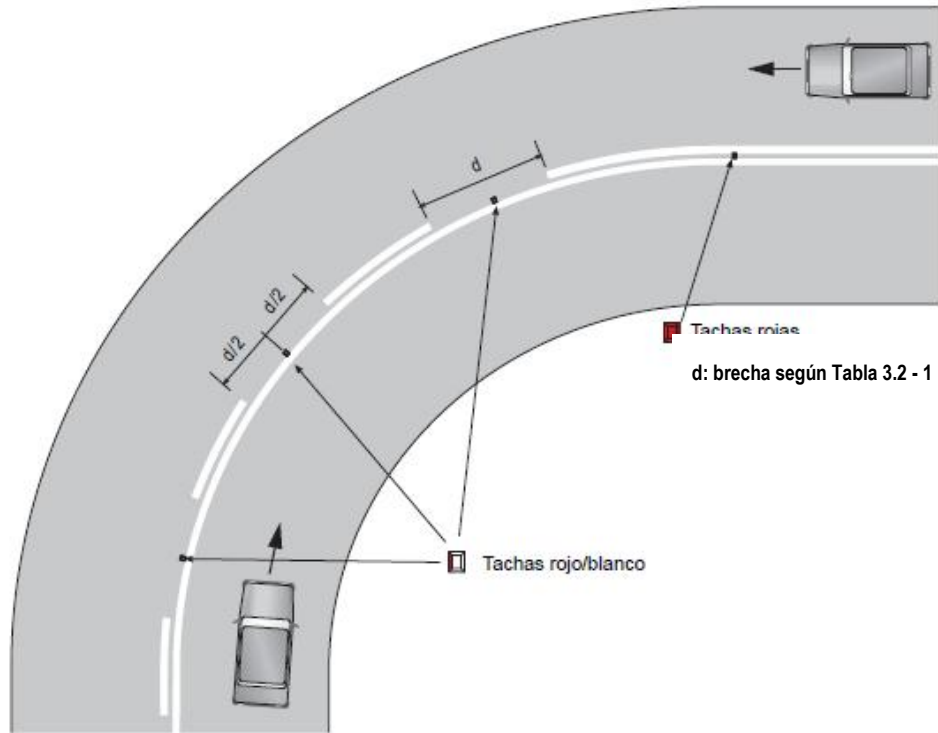
Dado que la maniobra de adelantamiento es la de mayor riesgo al conducir, las zonas de NO ADELANTAR deben ser definidas cuidadosamente conforme a los criterios especificados a continuación.

Las zonas de NO ADELANTAR deben ser establecidas, además de los lugares que específicamente señala la Ley de Tránsito, en todos aquellos en los que exista una distancia de visibilidad de adelantamiento menor a la distancia de adelantamiento mínima. Esta última distancia es la necesaria para que el vehículo abandone su pista, pase al vehículo que lo precede y retome su pista en forma segura, sin afectar la velocidad del vehículo adelantado ni la de otro que se desplace en sentido contrario por la pista utilizada para el adelantamiento.

Tratándose de curvas verticales la **distancia de visibilidad de adelantamiento** es la máxima distancia a lo largo de la cual un objeto que se encuentra 1 m por encima de la superficie del pavimento puede ser visto desde un punto, también a 1 m por encima del pavimento, como se ilustra en la Figura 3.2 - 4.

La **distancia de visibilidad de adelantamiento** en una curva horizontal es aquella que se mide a lo largo del centro de la pista más a la derecha en el sentido de circulación, entre dos puntos que se encuentran 1,1 m sobre la superficie del pavimento, en la línea tangencial al radio interno u otra obstrucción que recorte la visibilidad dentro de la curva. Ver Figura 3.2 - 5.

Figura 3.2 - 3
Ejemplo Líneas de Eje Central Mixtas



En la Tabla 3.2 - 2 se especifican las **distancias de adelantamiento mínima** según la velocidad máxima permitida en la vía.

Tabla 3.2 - 2
Distancias de Adelantamiento Mínima

Velocidad máxima (km/h)	Distancia de Adelantamiento Mínima (m)
30	80
40	110
50	140
60	180
70	240
80	290
90	350
100	430

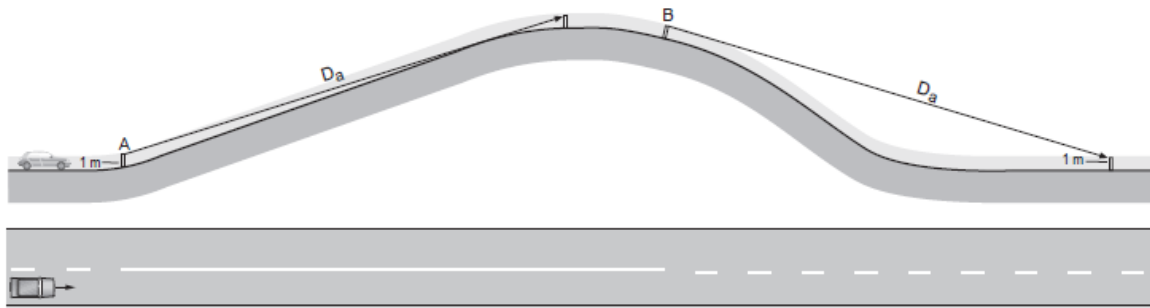
Una zona de NO ADELANTAR se justifica donde la distancia de visibilidad de adelantamiento es menor que la distancia de adelantamiento mínima señalada en la tabla anterior. Así por ejemplo, en vías con velocidad máxima de 90 km/h, se debe prohibir el adelantamiento en todos aquellos tramos en que la distancia de visibilidad de adelantamiento sea menor a 350 m.

Las zonas de NO ADELANTAR deben ser indicadas mediante demarcación y señales verticales; la primera se extiende a lo largo de todo el tramo en que rige la prohibición y las segundas se instalan donde se inicia la restricción, como se señala en el Capítulo 2.

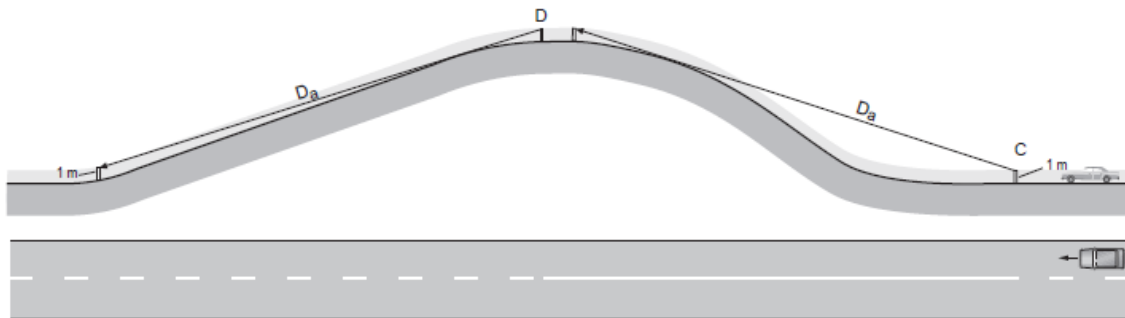
Por razones de seguridad, en ningún caso la extensión de un tramo con prohibición de adelantar debe ser inferior a 150 m. Cuando dicha distancia resulta menor, la demarcación continua faltante debe agregarse al inicio de la zona para completar 150 m.

De igual manera, entre dos zonas de adelantamiento prohibido deben existir a lo menos 120 m que lo permitan; si esta distancia resulta menor se debe prolongar la línea doble continua, uniendo ambas zonas.

Figura 3.2 - 4
Ejemplo Zonas de NO ADELANTAR



- D_a : Distancia de visibilidad de adelantamiento.
 D_a debe ser mayor o igual que la DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO MÍNIMA cuyos valores se especifican en la Tabla 3.2 - 2 para la velocidad máxima de la vía.
- A: Primer punto en que la distancia de visibilidad de adelantamiento es menor que la DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO MÍNIMA; comienza zona de NO ADELANTAR (sentido A - B).
- B: Termina zona de NO ADELANTAR; a partir de él la distancia de visibilidad de adelantamiento excede la DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO MÍNIMA (sentido A - B).



- D_a : Distancia de visibilidad de adelantamiento.
 D_a debe ser mayor o igual que la DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO MÍNIMA cuyos valores se especifican en la Tabla 3.2 - 2 para la velocidad máxima de la vía.
- C: Primer punto en que la distancia de visibilidad de adelantamiento es menor que la DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO MÍNIMA; comienza zona de NO ADELANTAR (sentido C - D).
- D: Termina zona de NO ADELANTAR; a partir de él la distancia de visibilidad de adelantamiento excede la DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO MÍNIMA (sentido A - B).

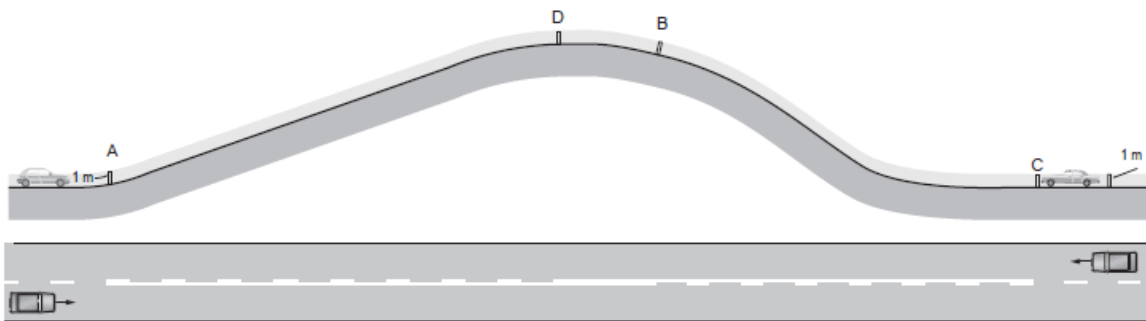
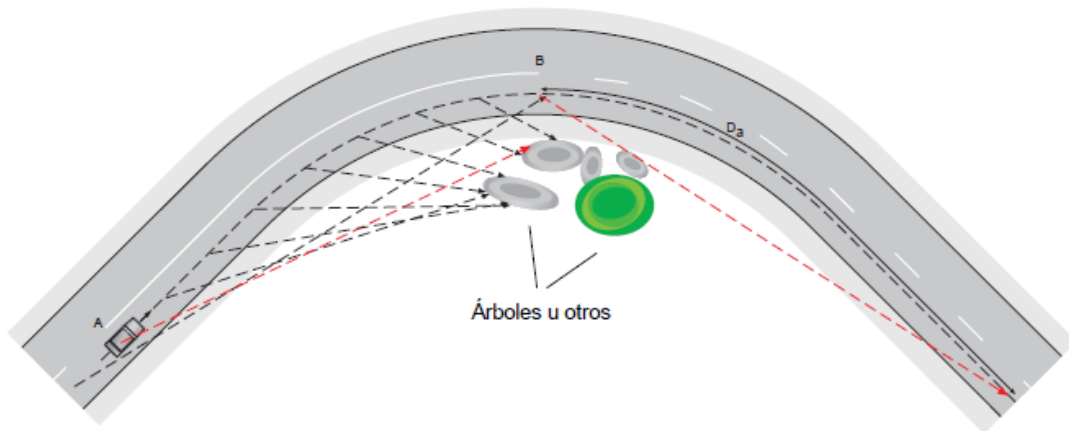
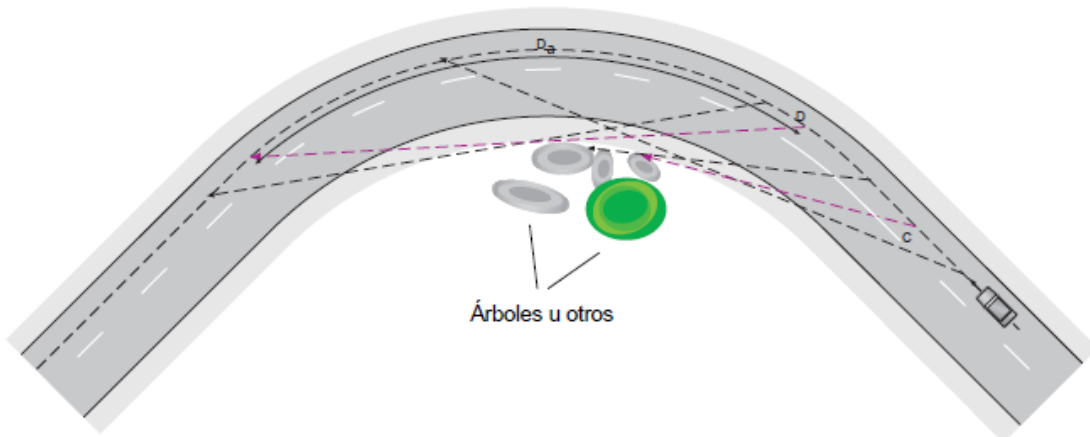


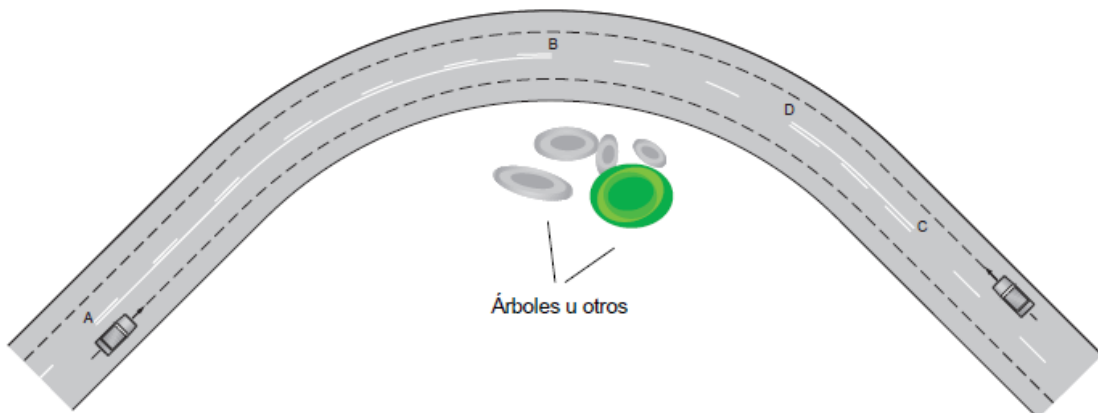
Figura 3.2 - 5
Ejemplo Zona de NO ADELANTAR



- D_a : Distancia de visibilidad de adelantamiento.
 D_a debe ser mayor o igual que la DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO MÍNIMA cuyos valores se especifican en la Tabla 3.2 - 2 para la velocidad máxima de la vía.
- A: Primer punto en que la distancia de visibilidad de adelantamiento es menor que la DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO MÍNIMA; comienza zona de NO ADELANTAR (sentido A - B).
- B: Termina zona de NO ADELANTAR; a partir de él la distancia de visibilidad de adelantamiento excede la DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO MÍNIMA (sentido A - B).



- D_a : Distancia de visibilidad de adelantamiento.
 D_a debe ser mayor o igual que la DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO MÍNIMA cuyos valores se especifican en la Tabla 3.2 - 2 para la velocidad máxima de la vía.
- C: Primer punto en que la distancia de visibilidad de adelantamiento es menor que la DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO MÍNIMA; comienza zona de NO ADELANTAR (sentido C - D).
- D: Termina zona de NO ADELANTAR; a partir de él la distancia de visibilidad de adelantamiento excede la DISTANCIA DE ADELANTAMIENTO MÍNIMA (sentido A - B).



3.2.4 Líneas de Pistas

Las líneas de pista contribuyen a ordenar el tráfico y posibilitan un uso más seguro y eficiente de las vías, especialmente en zonas congestionadas. Estas líneas separan flujos de tránsito en la misma dirección, indicando la senda que deben seguir los vehículos. Generalmente son segmentadas, pudiendo ser continuas en los casos mencionados en 3.2.4.2.

Las líneas de pista tienen un ancho mínimo de 10 ó 15 cm, según la velocidad máxima de la vía sea menor o igual a 60 km/h, o superior, respectivamente, y máximo de 20 cm; excepcionalmente son de 50 cm cuando se utilizan para delimitar ciclobandas.

3.2.4.1 Líneas de Pista Segmentadas

La relación entre el tramo demarcado y la brecha de una línea de pista segmentada varía según la velocidad máxima de la vía, como se muestra en la Tabla 3.2 - 3.

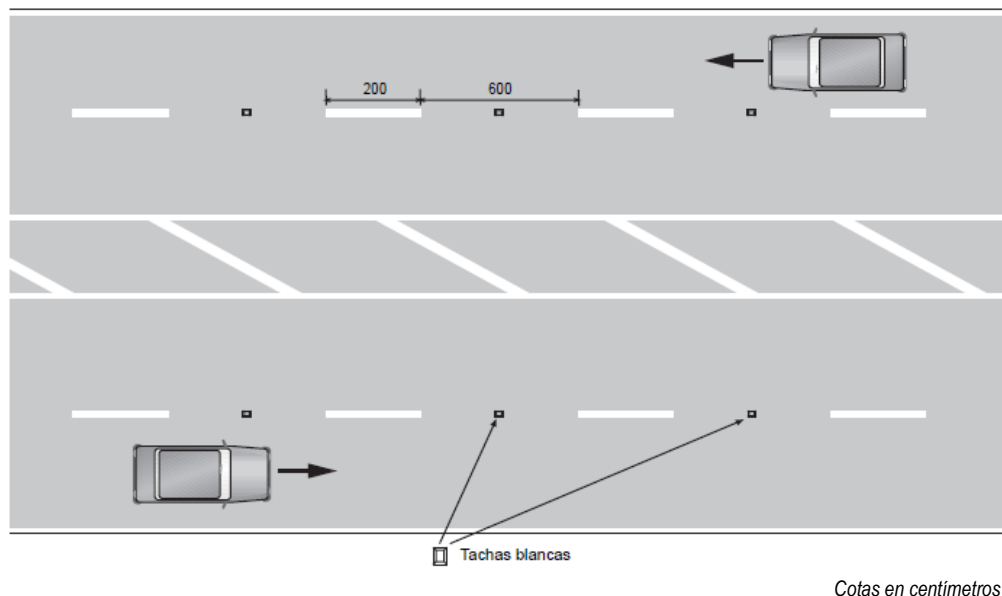
Tabla 3.2 - 3
Relación Demarcación / Brecha en líneas de Pista

Velocidad Máxima en la Vía (km/h)	Patrón (m)	Relación demarcación Brecha
Mayor a 60	8 ó 12	1 a 3 ó 3 a 5
Menos o igual a 60	8	3 a 5

Así, para una vía con velocidad máxima igual o inferior a 60 km/h se debe usar un patrón de 8 m y una relación 3 a 5, lo que se traduce en líneas de 3 m demarcados seguidas de 5 m sin demarcar.

La demarcación elevada debe ser de color blanco e instalarse centrada en todas las brechas o brecha por medio. Ver Figura 3.2 - 6

Figura 3.2 - 6
Ejemplo Líneas de Pista Segmentadas



3.2.4.2 Líneas de Pista Continuas

Las líneas de pista continuas no deben ser traspasadas por los vehículos. Se utilizan para segregar ciclobandas y pistas SOLO BUSES del resto del flujo vehicular.

También, por razones de seguridad, las líneas de pista deben ser continuas 15 a 20 m antes de la línea de detención en la vía secundaria de un cruce controlado por la señal CEDA EL PASO o PARE; 12 a 15 m en accesos a cruces semaforizados; y cuando las condiciones de visibilidad o de seguridad de tránsito recomiendan evitar maniobras de sobrepaso.

3.2.4.3 Ancho de Pista

La experiencia internacional demuestra que mayores anchos de las pistas de circulación estimulan velocidades más altas, por ello el ancho de la pista, medido entre centros de líneas, debe establecerse según lo señalado en la Tabla 3.2 - 4.

Tabla 3.2 - 4
Anchos de Pista

Velocidad Máxima de la Vía (km/h)	Ancho de Pista (m)
Igual o superior a 60	Entre 3,5 y 3,8
50 ó 60	Entre 3,0 y 3,5
Menor a 50	Entre 2,5 y 3,0

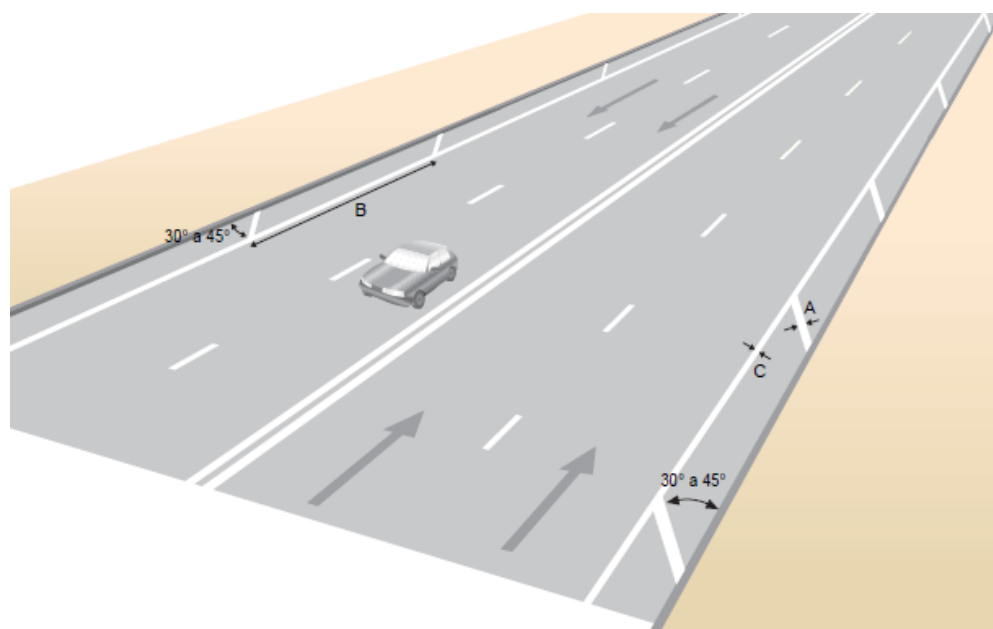
No obstante, cuando se trate de calles que acceden a industrias, donde circulen flujos importantes de vehículos de carga de gran tamaño, así como de buses de locomoción colectiva de más de 8 m de longitud y en salidas de enlaces y empalmes, el ancho de las pistas puede ser mayor a lo especificado en la Tabla 3.2 - 4.

Dado que siempre es conveniente mantener constante el número de pistas a lo largo de una vía, cuando la calzada no presenta un ancho uniforme es preferible variar los anchos de las pistas, dentro de los rangos permitidos, en lugar de aumentar o disminuir la cantidad de éstas.

El ancho de las pistas debe corresponder siempre al del máximo límite de velocidad permitido en la vía.

Si al distribuir las pistas proyectadas en la calzada, una o más de éstas resultan de anchos superiores a los máximos especificados en la Tabla 3.2 - 4, el sobreaño debe ser achurado de tal manera que las pistas no superen los anchos máximos permitidos, distribuyéndolo a los costados o centro de la calzada como, a modo de ejemplo, se muestra en la Figura 3.2 - 7.

Figura 3.2 - 7
Ejemplo Demarcación Sobreaños



Velocidad (km/h)	A (cm)	B (m)	C (cm)
50	20 a 30	1 a 4	10 a 20
60	20 a 30	4 a 10	10 a 20
70	20 a 30	8 a 16	15 a 30
80	20 a 30	14 a 22	15 a 30
Igual o superior a 90	20 a 30	20 a 30	15 a 30

3.2.4.4 Demarcación de Pistas en Intersecciones

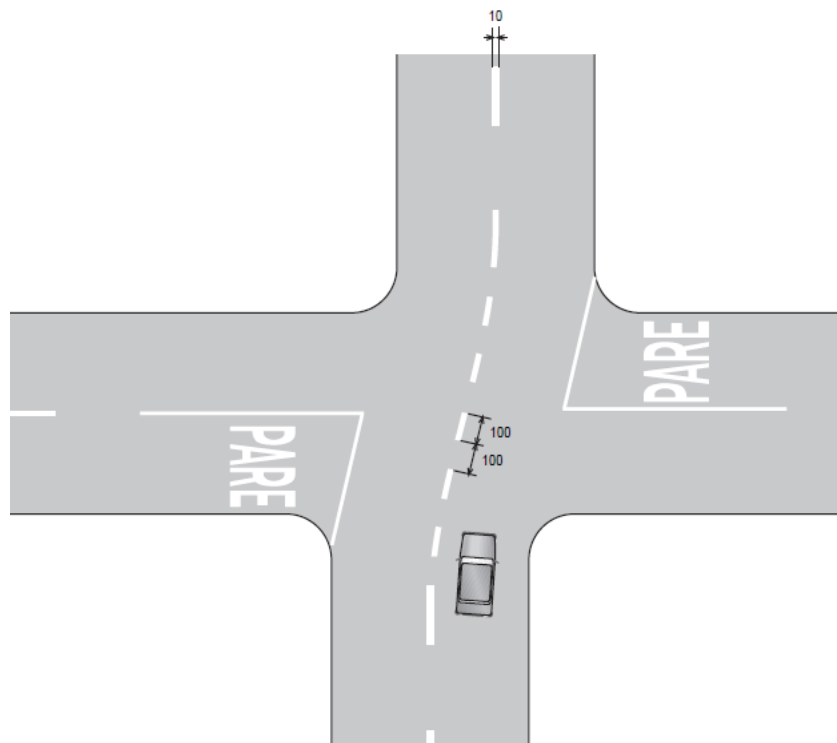
Existen vías urbanas que en ciertas intersecciones presentan situaciones complejas, como desalineamientos entre la entrada y salida del cruce. En estos casos se pueden extender las **líneas de pistas** de la vía, atravesando la intersección, con líneas **segmentadas**, lo que permite guiar apropiadamente al usuario, facilitando un flujo más ordenado y seguro.

Dichas líneas de pista deben ser, dentro de la intersección, de 1 m demarcado seguido de 1 m sin demarcar, como se muestra en la Figura 3.2 - 8.

Para asegurar la efectividad de este tipo de demarcación se debe demarcar las pistas de una sola de las vías que cruzan la intersección.

Esta demarcación **no** debe reforzarse con demarcación elevada.

Figura 3.2 - 8
Ejemplo Demarcación Pistas en Intersección



Cotas en centímetros

3.2.5 Líneas de Borde de Calzada

Estas líneas indican a los conductores, especialmente en condiciones de visibilidad reducida, donde se encuentra el borde de la calzada, lo que les permite posicionarse correctamente respecto de éste. Cuando un conductor es encandilado por un vehículo que transita en el sentido contrario, estas demarcaciones son la única orientación con que aquél cuenta, por lo que son imprescindibles en vías rurales.

Se deben demarcar los bordes de calzada en las vías urbanas cuya velocidad máxima permitida sea igual o superior a 70 km/h; en aquellas vías que no cuenten con soleras y su velocidad máxima permitida sea igual o superior a 60 km/h, así como en túneles y puentes.

También se debe utilizar esta demarcación en áreas urbanas cuando las características geométricas de la vía generan condiciones de riesgo, como curvas cerradas, variaciones de ancho de calzada o cuando no existe iluminación apropiada, entre otros casos.

En vías rurales de menos de 5 m de ancho de calzada, donde resulta difícil conducir un vehículo sin invadir continuamente la pista de sentido de circulación contrario, se recomienda demarcar solamente los bordes de calzada.

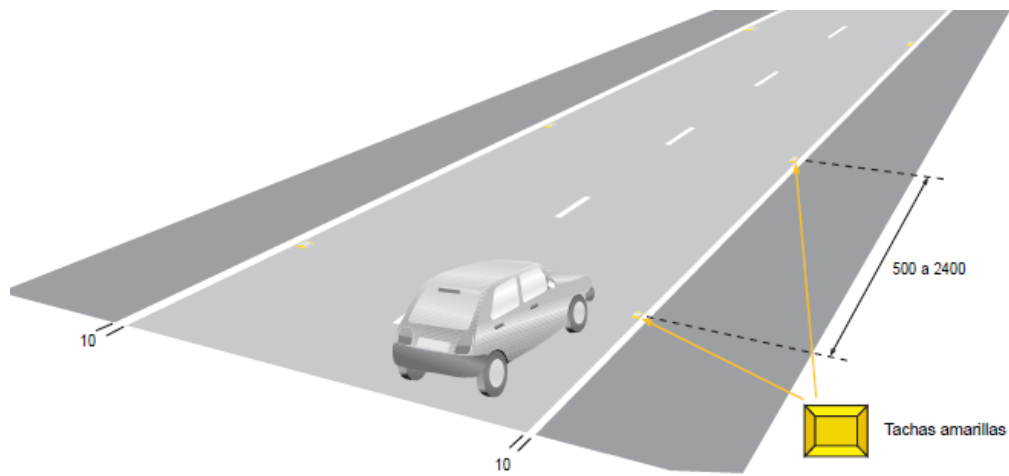
Las líneas de borde de calzada son blancas y se ubican en el borde de la calzada, nunca fuera de ella.

3.2.5.1 Líneas de Borde de Calzada Continuas

Estas líneas continuas son las más usadas para señalar el borde de la calzada; su ancho mínimo en vías convencionales debe ser de 10 cm y en autopistas y autovías de 20 cm. Ver Figura 3.2 - 9.

Si se refuerzan con demarcación elevada, ésta debe ser amarilla; excepcionalmente debe ser roja cuando se trata de bordes de calzada que no deben ser sobrepasados en ninguna circunstancia. En todo caso, no se recomienda instalarlas sobre la línea de borde de calzada.

Figura 3.2 - 9
Ejemplo Líneas de Borde de Calzada Continuas



Cotas en centímetros

3.2.5.2 Líneas de Borde de Calzada Segmentadas

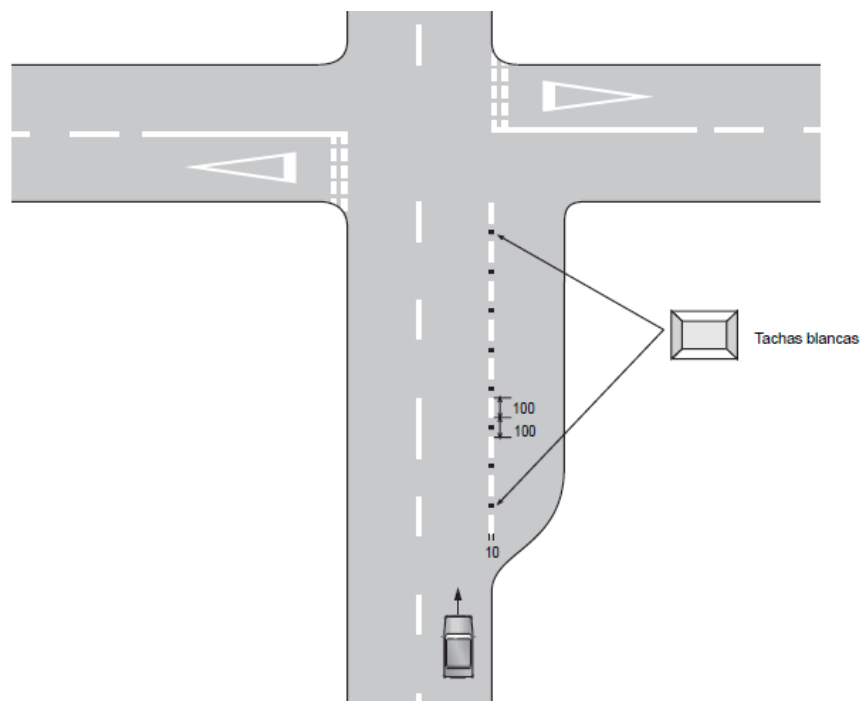
Las líneas de borde de calzada segmentadas se emplean para limitar el ancho disponible de calzada particularmente en accesos a intersecciones con boca muy ancha o para delimitar pistas de desaceleración de salida o aceleración en enlaces de autopistas y autovías. Ver Figura 3.2 - 10.

En la Tabla 3.2 - 5 se especifica el ancho, patrón y relación demarcación – brecha para distintos tipos de vía.

Tabla 3.2 - 5
Dimensiones de Líneas de Borde de Calzada Segmentadas

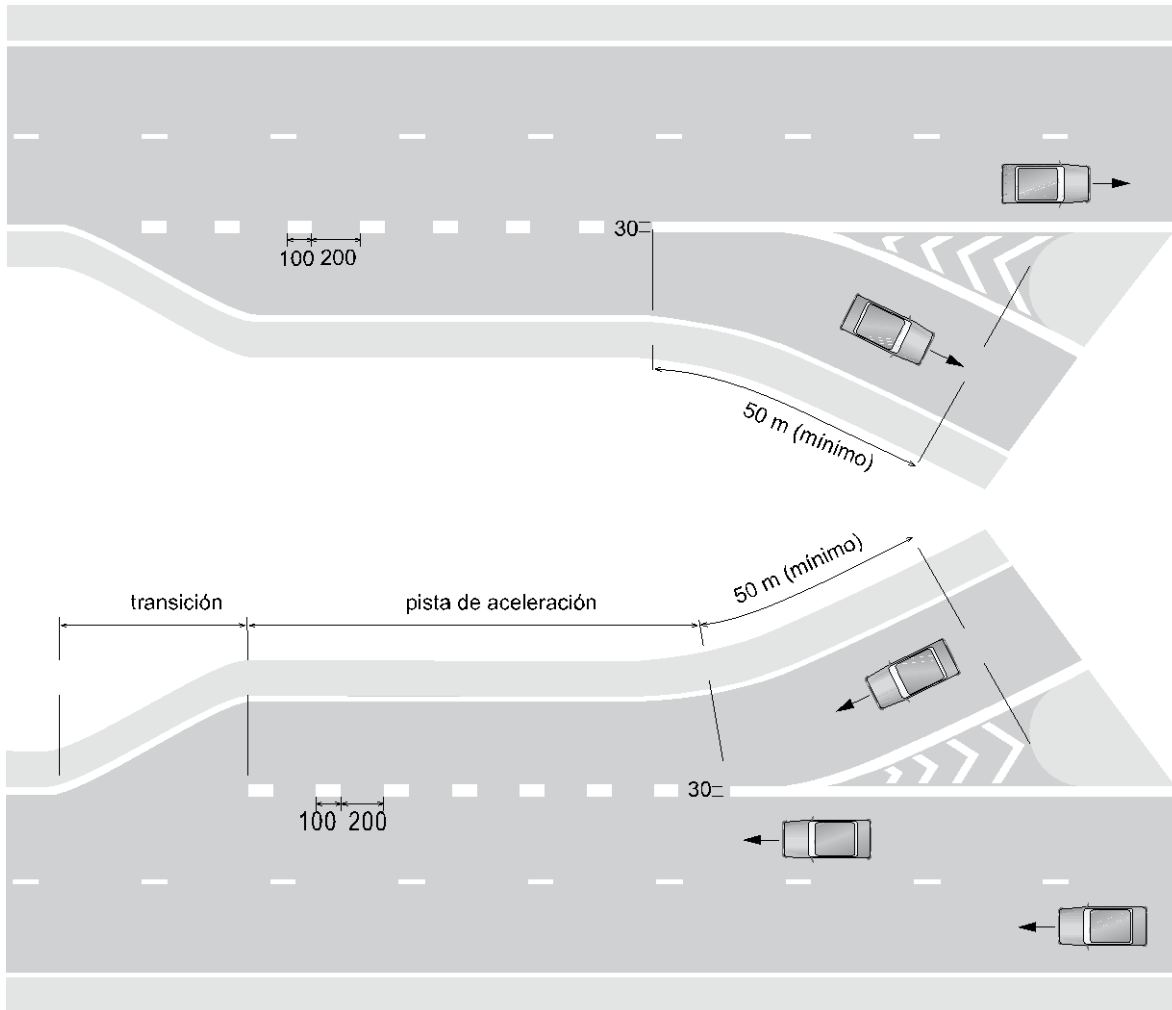
Tipo de Vía o Pista	Ancho de la Línea (cm)	Patrón (m)	Relación Demarcación Brecha
Pistas de Desaceleración de Salida de Autopistas y Autovías	≥ 30	3	1 a 2
Vía Convencional con Velocidad Máxima mayor a 60 km/h	15 mínimo	2 ó 3	1 a 1 ó 1 a 2
Vía Convencional con Velocidad Máxima menor o igual a 60 km/h	10 mínimo	2	1 a 1

Figura 3.2 - 10
Ejemplo Línea de Borde de Calzada Segmentada



Cotas en centímetros

Figura 3.2 - 10
Ejemplo Línea de Borde de Calzada Segmentada (continuación)



Cotas en centímetros

3.2.6 Otras Líneas Longitudinales

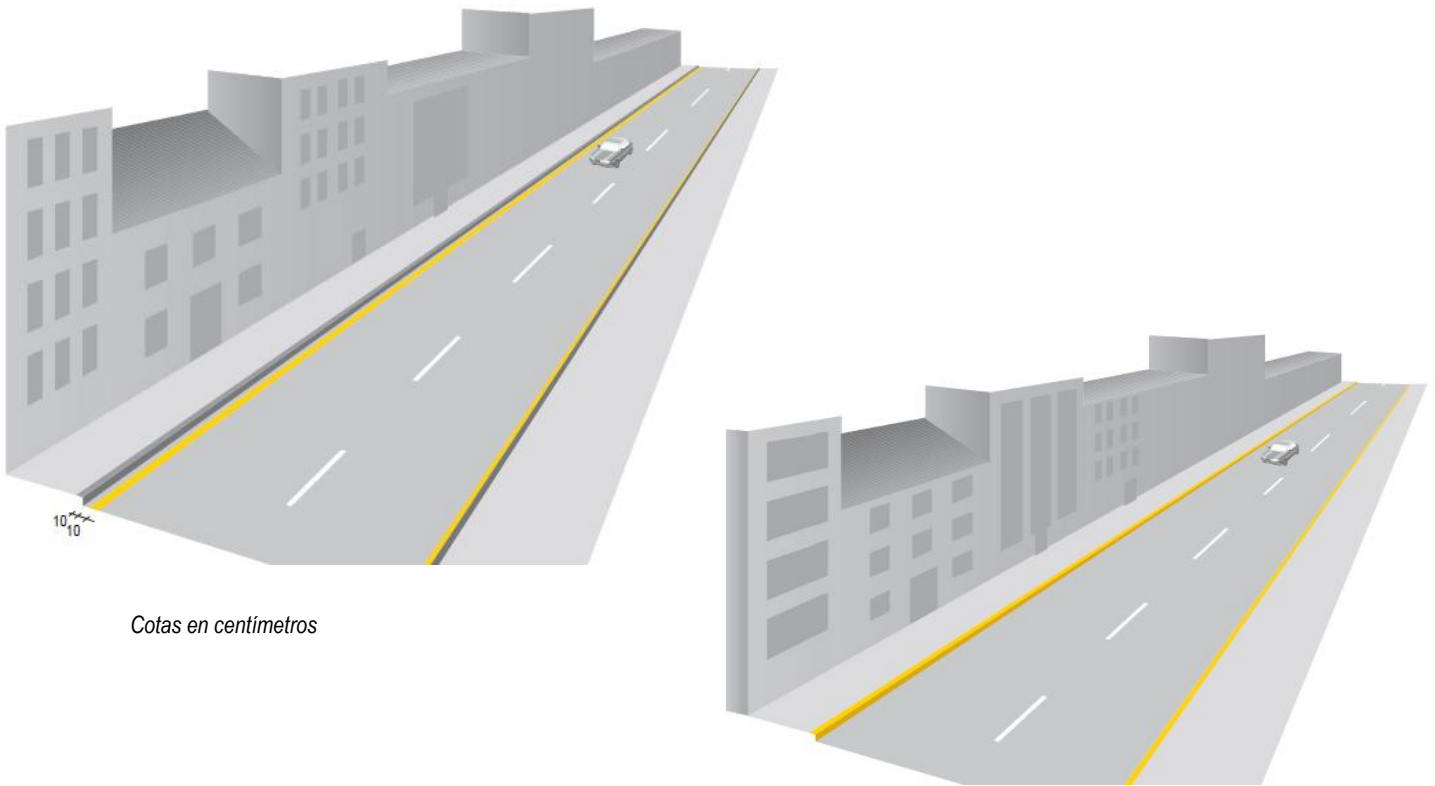
3.2.6.1 Líneas de Prohibición de Estacionamiento

Estas líneas indican la prohibición de estacionar a lo largo de un tramo de vía; son continuas, amarillas y se ubican junto al borde de la calzada o en la solera cuando ésta existe. Se recomienda utilizarlas junto con la señal vertical PROHIBIDO ESTACIONAR (RPO - 13) referida en el Capítulo 2. Cuando la señal vertical establezca un horario para la prohibición de estacionar, ella prevalecerá por sobre la demarcación.

En general se recomienda para estas líneas un ancho de 10 cm; sin embargo, cuando se demarque esta prohibición no debe demarcarse línea de borde de calzada.

Estas líneas no deben ser reforzadas con demarcación elevada. En la Figura 3.2 - 11 se muestra la ubicación de estas líneas.

Figura 3.2 - 11
Ejemplos Línea de Prohibición de Estacionamiento



Cotas en centímetros

3.2.6.2 Transiciones por Reducción de Pistas

Cuando el ancho de la calzada se reduce disminuyendo el número de pistas disponibles, se debe demarcar una zona de transición con líneas de eje y de borde de calzada convergentes que indiquen al conductor dicha reducción.

En la zona de transición siempre se debe señalar la prohibición de adelantar al flujo que circula en la dirección de la convergencia, demarcando con línea continua la línea de eje más próxima a dicho flujo.

El largo mínimo de la zona de transición queda determinado por las siguientes relaciones:

- $D = A \cdot V/1,6$; en vías cuya velocidad máxima permitida sea mayor de 60 km/h.
- $D = A \cdot V^2/150$; en vías cuya velocidad máxima permitida sea igual o menor a 60 km/h.

donde:

D = longitud de transición en metros. En todo caso D no debe ser nunca menor a 10 m.

A = diferencia de ancho de la calzada, entre los extremos de la zona de transición, en metros.

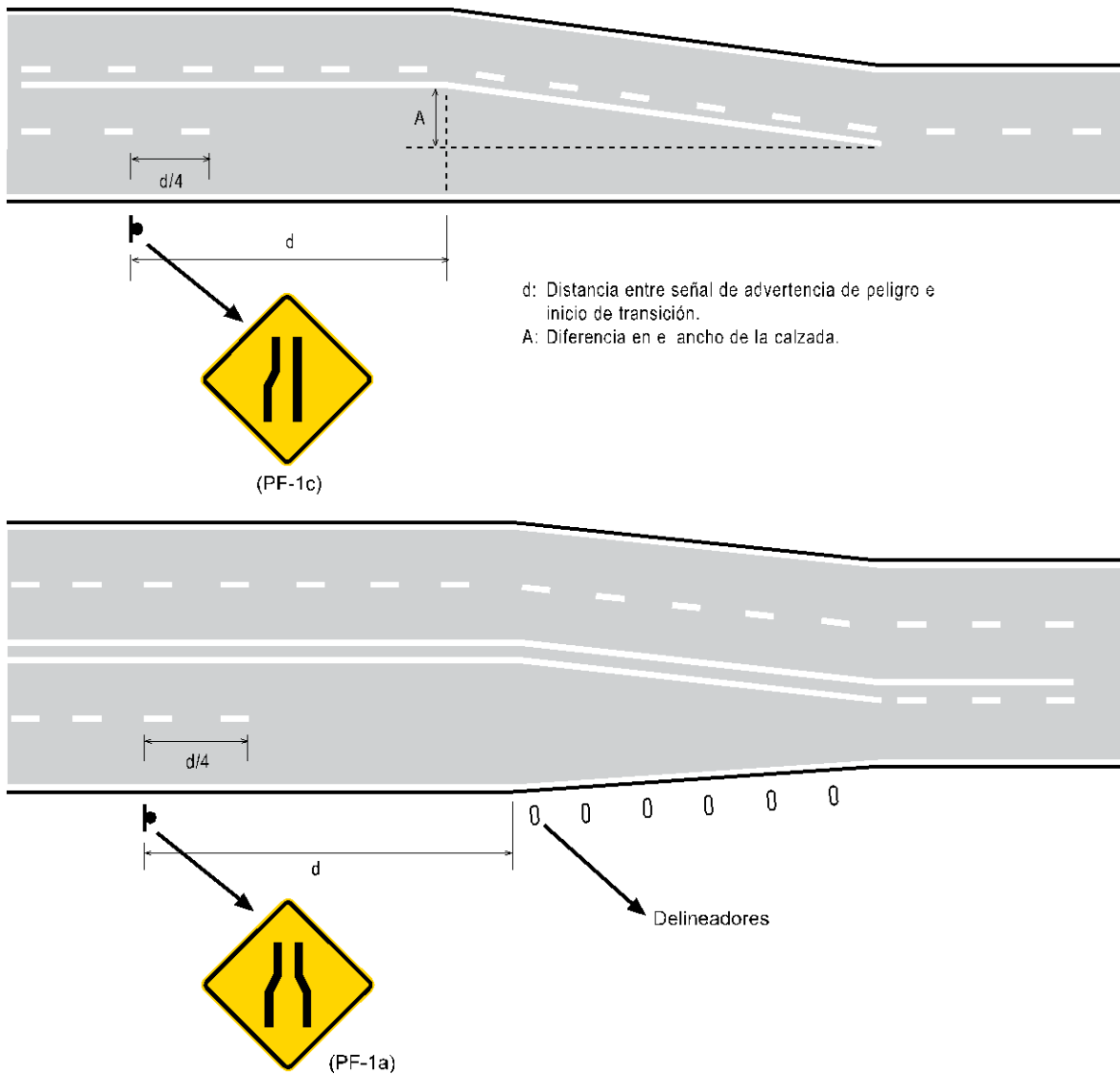
V = velocidad máxima permitida en km/h.

La demarcación de la transición depende también del número y tipo de pistas que son eliminadas. Algunas de las situaciones posibles se muestran en la Figura 3.2 - 12.

Antes de la transición se debe instalar una señal de advertencia de peligro, a una distancia determinada de acuerdo a lo señalado en el Capítulo 2. Las líneas de pista se deben interrumpir más allá de dicha señal, a un cuarto de la distancia que separa a la señal del inicio de la transición.

Dado el riesgo que involucran estas transiciones es conveniente que las líneas de borde de calzada en estas zonas sean lo más anchas posibles, para garantizar su visibilidad en toda circunstancia. También es conveniente reforzarlas con demarcación elevada instalada uniformemente, manteniendo una distancia de 8 a 12 m entre cada elemento, y con delineadores verticales como los referidos en el Capítulo 7.

Figura 3.2 - 12
Ejemplos de Transiciones



3.3 LÍNEAS TRANSVERSALES

Las líneas transversales se utilizan en cruces para indicar el lugar antes del cual los vehículos deben detenerse; y para demarcar sendas destinadas al cruce de peatones o de bicicletas.

3.3.1 Clasificación

Atendiendo a la función que cumplen las líneas transversales se clasifican en:

- Líneas de detención: Indican el lugar ante el cual los vehículos que se aproximan a una intersección o paso para peatones deben detenerse. En vías con velocidades máximas permitidas iguales o inferiores a 60 km/h el ancho mínimo debe ser de 20 cm; en vías con velocidades máximas permitidas superiores, dicho ancho mínimo es de 30 cm.
- Líneas de cruce: Éstas delimitan y señalan la senda destinada al cruce de peatones o de ciclistas.

3.3.2 Características

3.3.2.1 Mensaje

Además de señalar el lugar más cercano a una intersección, a un paso para peatones o a un cruce de ciclistas, donde los vehículos deben detenerse, indican la prioridad de cruce de los peatones sobre los vehículos motorizados.

3.3.2.2 Forma y Color

Las líneas transversales pueden ser continuas o segmentadas. La demarcación plana de ellas es blanca.

3.3.3 Cruce Controlado por señal CEDA EL PASO

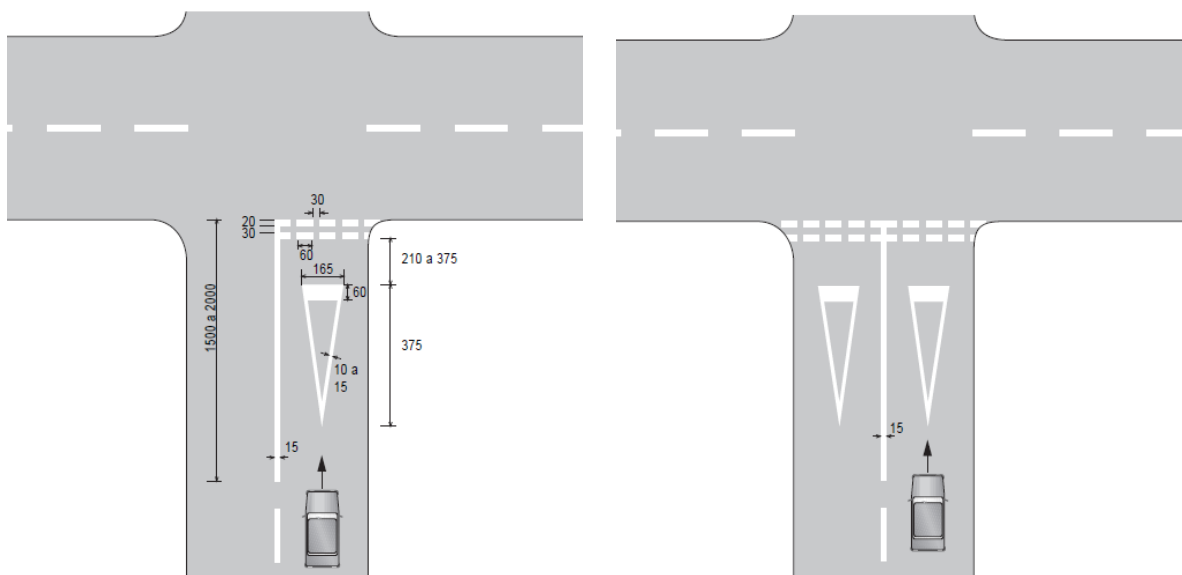
La demarcación transversal de un cruce controlado por señal CEDA EL PASO está compuesta por líneas de detención segmentadas y el símbolo respectivo.

Las líneas de detención indican al conductor que enfrenta la señal CEDA EL PASO, el lugar más próximo a la intersección donde el vehículo debe detenerse, si en el flujo vehicular de la vía prioritaria no existe un espacio suficiente para cruzar la intersección o incorporarse a él con seguridad. Deben ubicarse donde el conductor tenga buena visibilidad sobre la vía prioritaria.

El patrón y relación de estas líneas se detallan junto al símbolo CEDA EL PASO en la Figura 3.3 - 1.

Las líneas de detención y el símbolo CEDA EL PASO deben demarcarse siempre que se instale la señal vertical CEDA EL PASO (RPI - 1).

Figura 3.3 - 1
Ejemplo Demarcación CEDA EL PASO



Cotas en centímetros

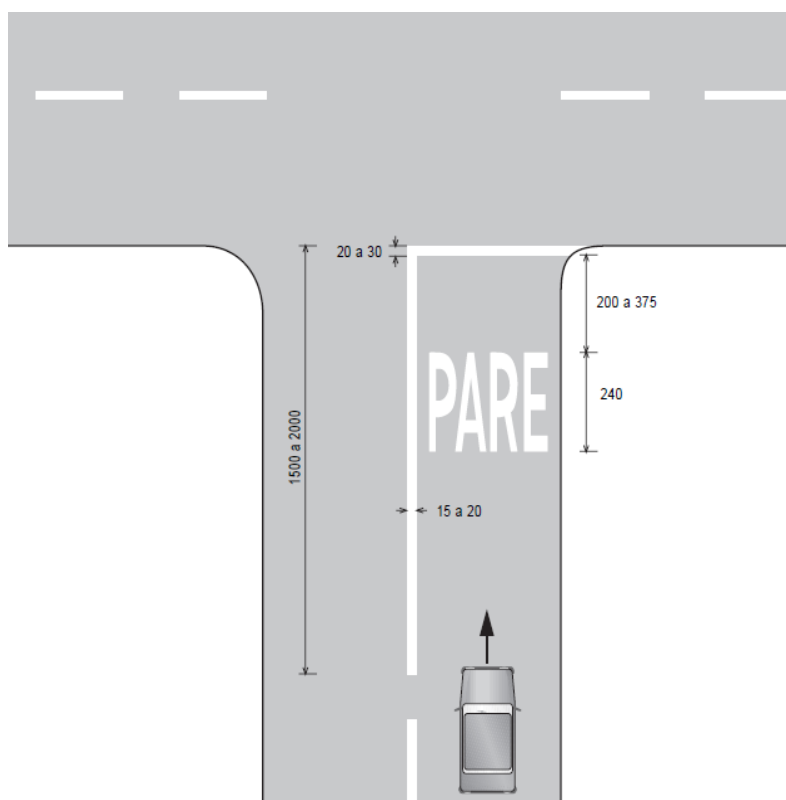
3.3.4 Cruce Controlado por señal PARE

La demarcación transversal de un cruce controlado por señal PARE está compuesta por una línea de detención continua y la leyenda "PARE".

La línea de detención indica al conductor que enfrenta la señal PARE, el lugar más próximo a la intersección donde el vehículo debe detenerse. Debe ubicarse donde el conductor tenga buena visibilidad sobre la vía prioritaria para reanudar la marcha con seguridad. Sus dimensiones se detallan en la Figura 3.3 - 2.

Estas líneas de detención y la palabra PARE deben demarcarse siempre que se instale la señal vertical PARE (RPI - 2).

Figura 3.3 - 2
Ejemplo Demarcación PARE



Cotas en centímetros

3.3.5 Cruce Regulado por Semáforo

La demarcación transversal de un cruce regulado por semáforo está compuesta por una línea de detención continua y un paso peatonal, el que se describe más adelante.

La línea de detención indica al conductor que enfrenta la luz roja de un semáforo, el lugar más próximo al cruce donde el vehículo debe detenerse. Debe ubicarse a no más de 2 m del lugar donde se ubica el poste que sustenta la lámpara del semáforo. Ver Figura 3.3 - 3.

Cuando se demarquen flechas, éstas se deben disponer según lo señalado en la Figura 3.3 - 3 y lo especificado en la sección 3.4.3.3.

3.3.6 Pasos para Peatones

Estos pasos constituyen sendas donde el tránsito de peatones tiene prioridad, permanente o temporal, sobre los vehículos motorizados. Comprenden dos grupos: pasos peatonales regulados por semáforos y PASOS CEBRA.

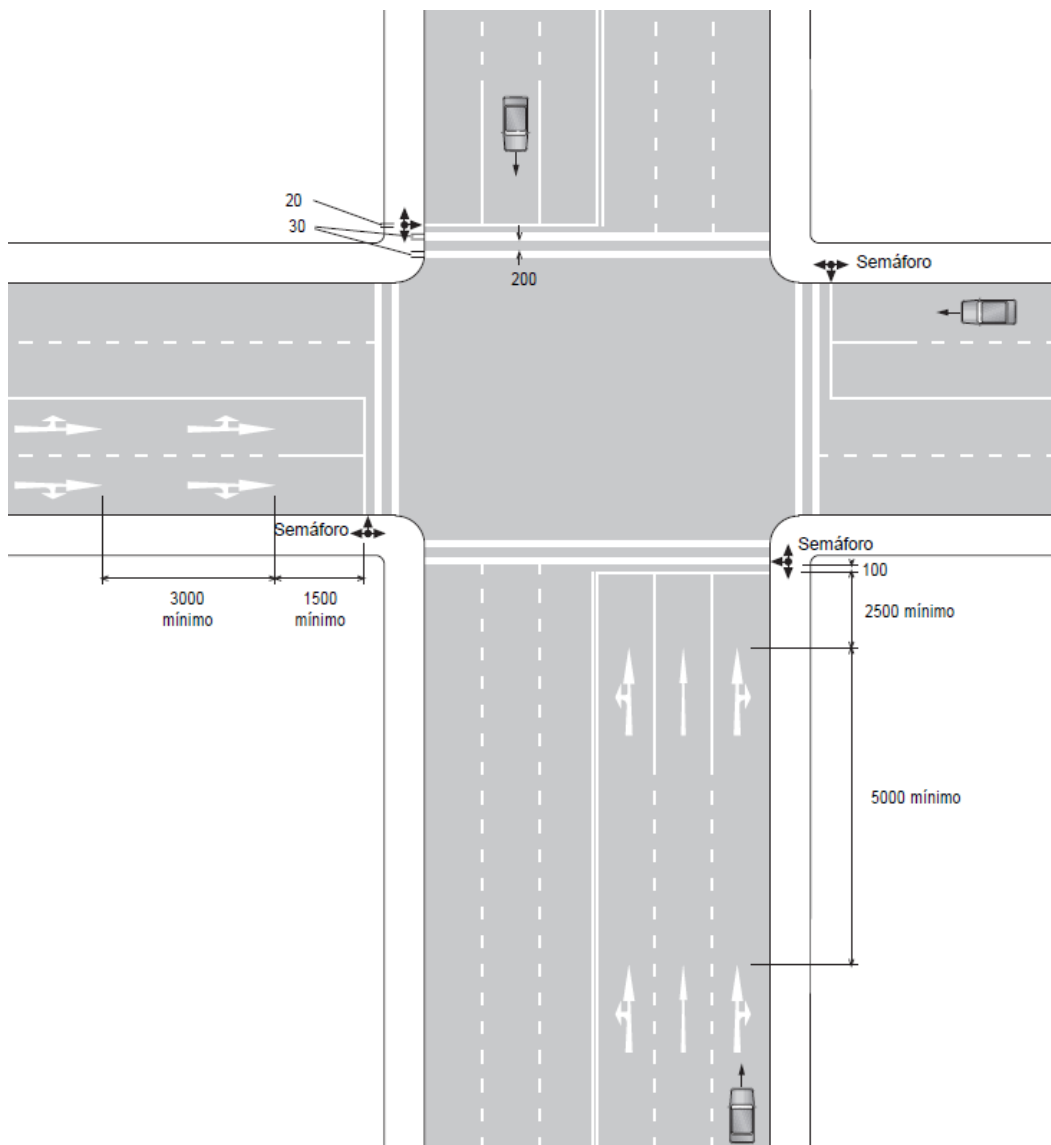
3.3.6.1 Pasos Peatonales Regulados por Semáforo

La demarcación transversal de los pasos peatonales regulados por semáforo está compuesta por la senda peatonal y la línea de detención asociada a ella.

El paso peatonal queda delimitado por 2 líneas continuas paralelas de color blanco, cuyo ancho puede variar entre 20 y 50 cm. Excepcionalmente, en intersecciones en que existen desalineamientos geométricos dichas líneas pueden no ser paralelas. En todo caso, la línea más próxima a la línea de detención del cruce debe ubicarse entre 1 y 2 m de ésta.

Dicha senda sólo puede ser cruzada por vehículos cuando éstos enfrentan la luz verde del semáforo y todos los peatones que ingresaron a ella antes del inicio de dicha luz la han abandonado y han alcanzado la acera.

Figura 3.3 - 3
Ejemplo Cruce Semaforizado



Cotas en centímetros

El ancho mínimo de la senda o paso peatonal **semaforizado** es de 2 m. Para flujos peatonales superiores a 500 peatones por hora, el ancho de dicho paso peatonal debe aumentar en 0.5 m por cada 250 peatones por hora, hasta alcanzar un máximo de 5 m. Para estos efectos, el flujo peatonal debe calcularse como el promedio de las 4 horas de mayor demanda peatonal.

La línea de detención debe ubicarse entre 1 y 2 m antes de la línea que delimita la senda peatonal. Su ancho es de 0,2 m.

Las Figuras 3.3 - 3 y 3.3 - 4 muestran este tipo de cruces peatonales.

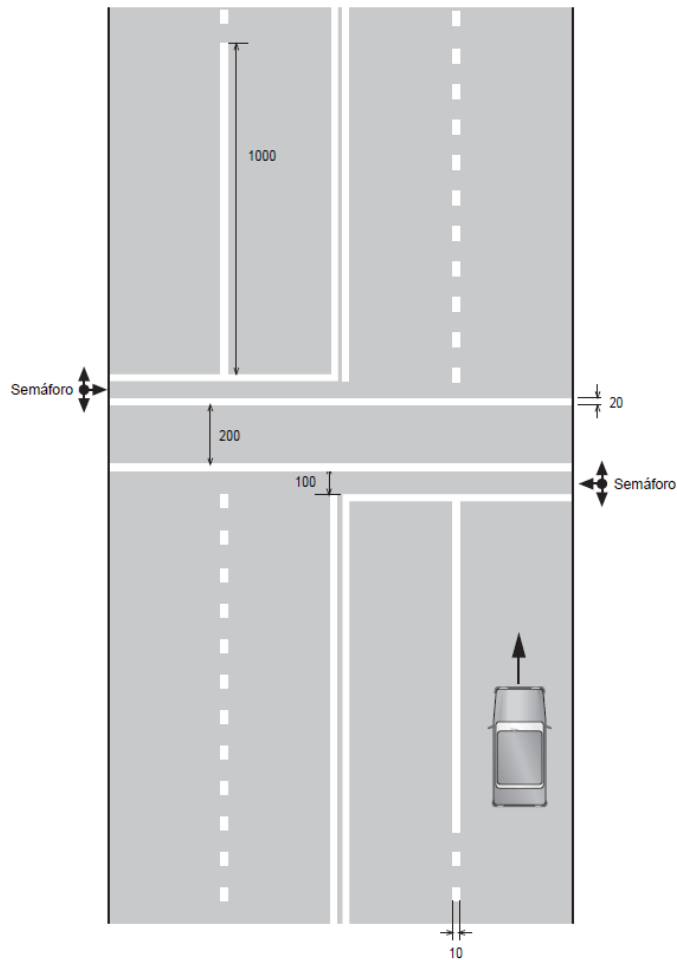
3.3.6.2 PASO CEBRA

Esta demarcación delimita una zona de la calzada donde el peatón tiene derecho de paso en forma irrestricta, y cuya provisión se justifica según lo descrito en el Capítulo 6.

Está constituida por bandas paralelas al eje de calzada, de color blanco, cuyo ancho puede variar entre 50 y 70 cm, separadas entre sí por una distancia al menos igual a su ancho. En todo caso el ancho total de una banda más la brecha que le sigue debe variar entre 1 y 1,4 m. El borde de la banda más cercana a cada lado de la solera debe ubicarse aproximadamente a 50 cm de ésta.

El ancho mínimo de la senda definida por las bandas paralelas debe ser de 4 m. Excepcionalmente, y sólo cuando existan elementos no removibles, como árboles o postes, que impidan disponer de dicho ancho libre de obstáculos, éste podrá ser reducido levemente.

Figura 3.3 - 4
Ejemplo Cruce Peatonal Semaforizado

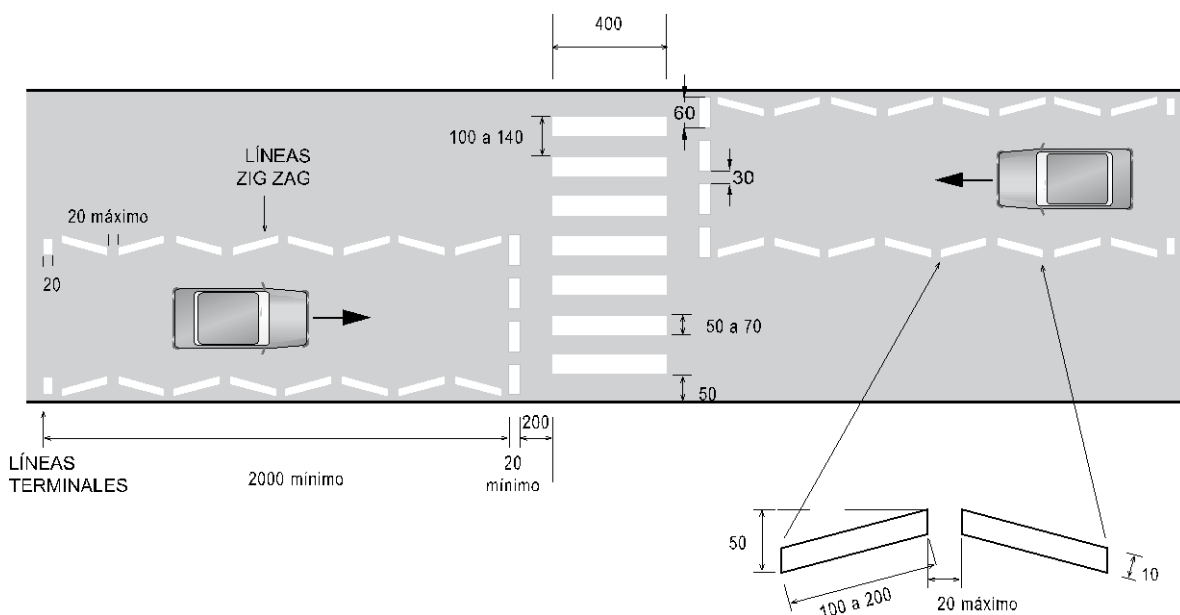


Cotas en centímetros

La línea de detención asociada al cruce es segmentada e indica al conductor que enfrenta un PASO CEBRA que está siendo utilizado por 1 o más peatones, el lugar más próximo al cruce donde el vehículo debe detenerse. Debe ubicarse entre 1 y 2 m antes del borde de las líneas que definen el PASO CEBRA.

Con el objeto de advertir a los conductores la proximidad del PASO CEBRA, se deben demarcar líneas en zigzag de color blanco desde 20 m antes de la línea de detención, como muestra la Figura 3.3 - 5. A otros elementos que contribuyen a la mejor percepción de un PASO CEBRA y a un uso más seguro de ellos, se refiere el Capítulo 6, sección 6.1.3.2.

Figura 3.3 - 5
Ejemplo PASO CEBRA



Cotas en centímetros

3.3.7 Cruce de Ciclovías

Esta demarcación indica a ciclistas y conductores de vehículos motorizados la senda que deben seguir los primeros, cuando una ciclovía cruza a nivel una vía destinada a los segundos. Dicha senda queda delimitada por líneas segmentadas, constituidas por cuadrados blancos de 50 cm de lado y separados también por 50 cm.

Cuando el cruce de la ciclovía está regulado por semáforo, se debe disponer una línea de detención que indique al conductor que enfrenta luz roja, el lugar más próximo al cruce donde el vehículo motorizado debe detenerse. Deben ubicarse entre 1 y 2 m antes de la línea que delimita el cruce de ciclistas.

Ver Figuras 6.2 - 9, 6.2 - 10, 6.2 - 14 y 6.2 - 16 del Capítulo 6.

3.4 SÍMBOLOS Y LEYENDAS

Los símbolos y leyendas se emplean para indicar al conductor maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros.

3.4.1 Clasificación

Atendiendo a su tipo, estas señales se clasifican en:

- Flechas
- Leyendas
- Otros símbolos

3.4.2 Características

3.4.2.1 Mensaje

Estas demarcaciones pueden indicar la dirección y sentido que la circulación debe seguir en una pista, advertir sobre riesgos y en algunos casos regular la circulación.

3.4.2.2 Forma

Debido a que estas señales se ubican horizontalmente sobre el pavimento, y que por lo tanto el conductor percibe primero la parte inferior del símbolo, tanto flechas como leyendas deben ser más alargadas en el sentido longitudinal que las señales verticales, para que el conductor las perciba proporcionadas.

3.4.2.3 Color

La demarcación de flechas y leyendas es blanca, pudiéndose utilizar colores distintos para otros símbolos, siempre y cuando dichos colores correspondan a los especificados, para cada caso en particular.

3.4.2.4 Emplazamiento

Estas señales deben demarcarse en el centro de cada una de las pistas en que se aplican, con la excepción de la flecha de Advertencia Inicio Línea de Eje Central Continua.

Si las condiciones del tránsito o de la vía lo hacen necesario, estas demarcaciones pueden ser repetidas a lo largo del camino, lo que otorga más oportunidades a los conductores para percibir el mensaje.

3.4.3 Flechas

Las flechas demarcadas en el pavimento se utilizan fundamentalmente para indicar y advertir al conductor la dirección y sentido que deben seguir los vehículos que transitan por una pista de circulación, lo que contribuye a la seguridad y expedición del tráfico.

Según las maniobras asociadas a ellas se clasifican en:

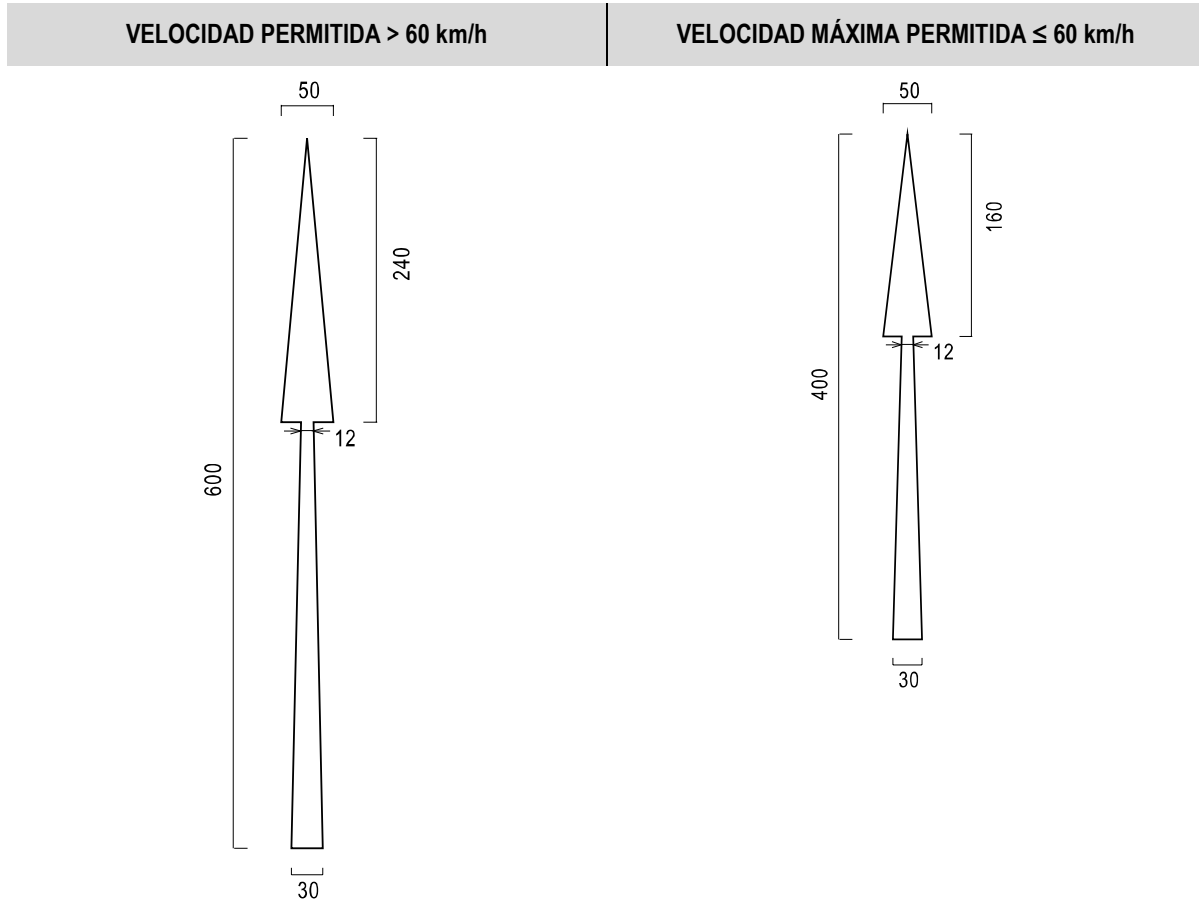
- Flecha Recta
- Flecha de Viraje
- Flecha Recta y de Viraje
- Flecha Recta y de Salida
- Flecha de Advertencia Inicio Línea de Eje Central Continua

- Flecha de Incorporación
- Flecha de Incorporación a Pistas de Tránsito Exclusivo
- Flecha de Incorporación a Pistas de Tránsito Lento

3.4.3.1 Flecha Recta

Esta flecha indica que la pista donde se ubica está destinada al tránsito que continúa en línea recta. En general se utiliza en aproximaciones a intersecciones, empalmes o enlaces. Ver Figura 3.4 - 1.

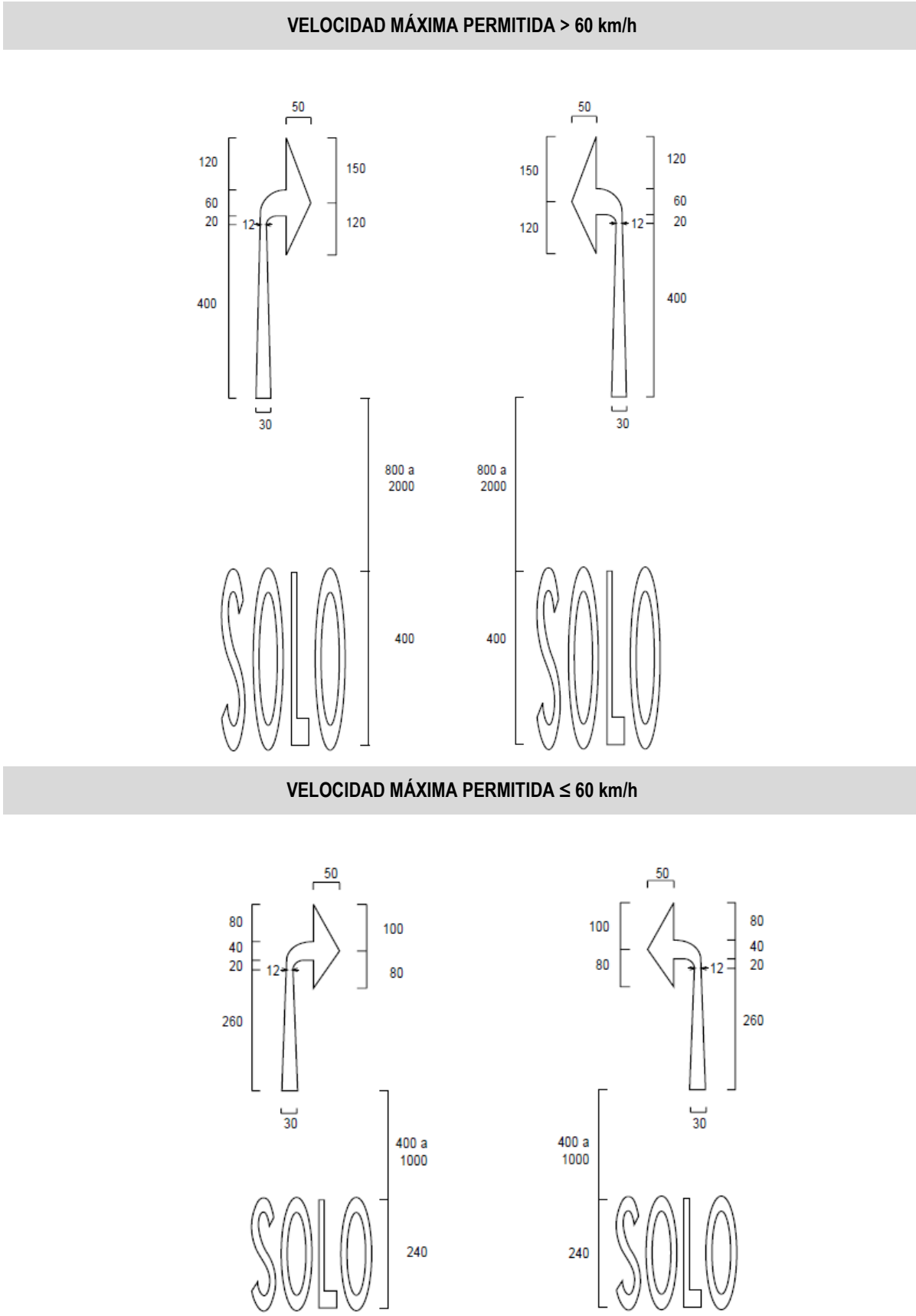
Figura 3.4 - 1



3.4.3.2 Flecha de Viraje

Esta flecha indica que la pista donde se ubica está destinada al tránsito que vira en la dirección y sentido señalado por la flecha. En general se utiliza en las proximidades de intersecciones y empalmes para señalar a los conductores las pistas donde sólo es posible virar. Puede ser reforzada con la leyenda "SOLO" como se muestra en la Figura 3.4 - 2 y según lo especificado para leyendas en 3.4.4.3.

Figura 3.4 - 2



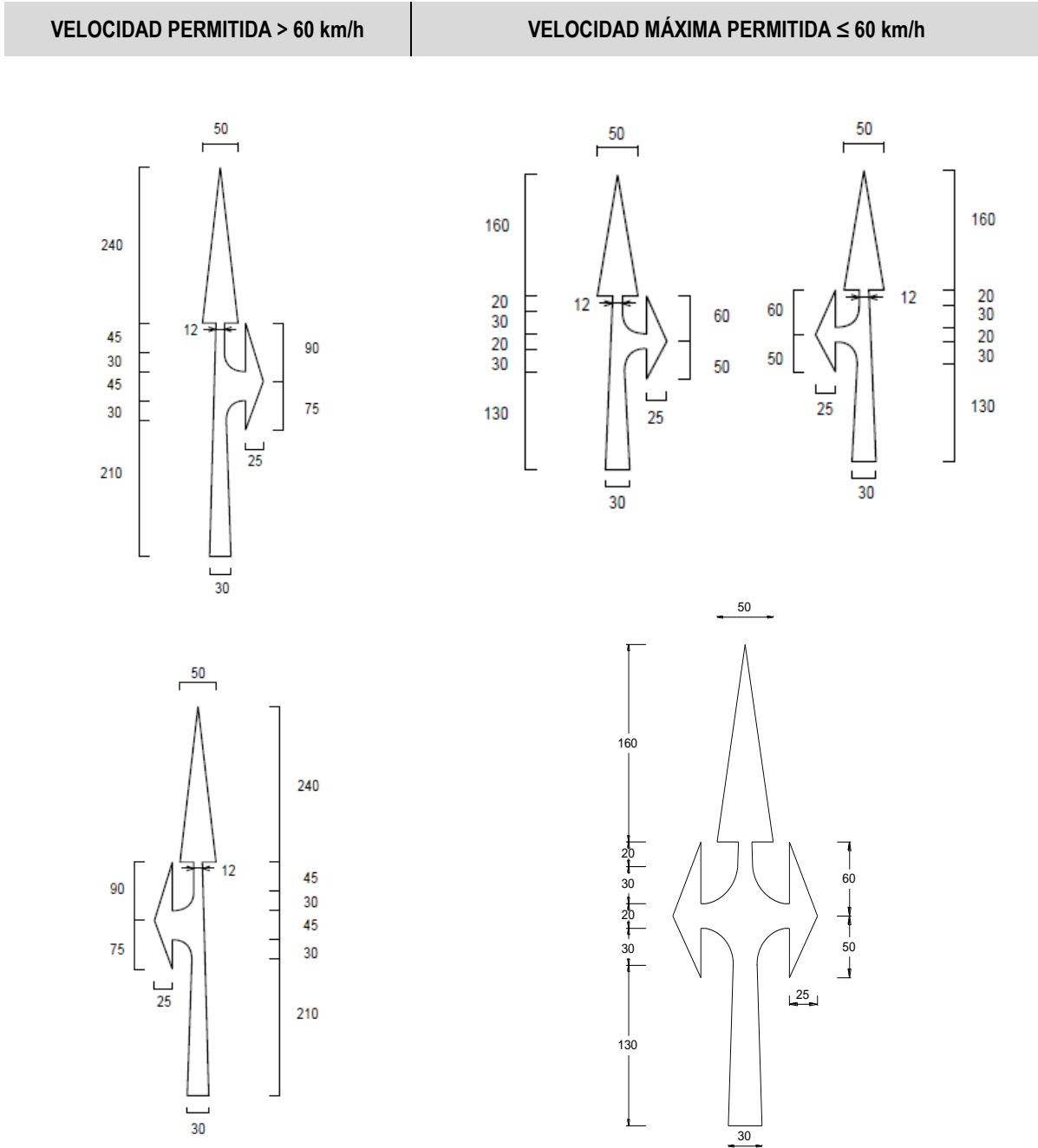
Cotas en centímetros

3.4.3.3 Flecha Recta y de Viraje

Esta señal indica que la pista donde se ubica está destinada tanto al tránsito que continúa en línea recta como al que vira en la dirección y sentido indicado por la flecha de viraje. Se utiliza en las proximidades de intersecciones, empalmes y enlaces para advertir a los conductores las maniobras permitidas en las pistas laterales.

Generalmente se utilizan flechas de dos puntas; sólo excepcionalmente, en intersecciones complejas, la señal puede tener tres puntas.

Figura 3.4 - 3



Cotas en centímetros

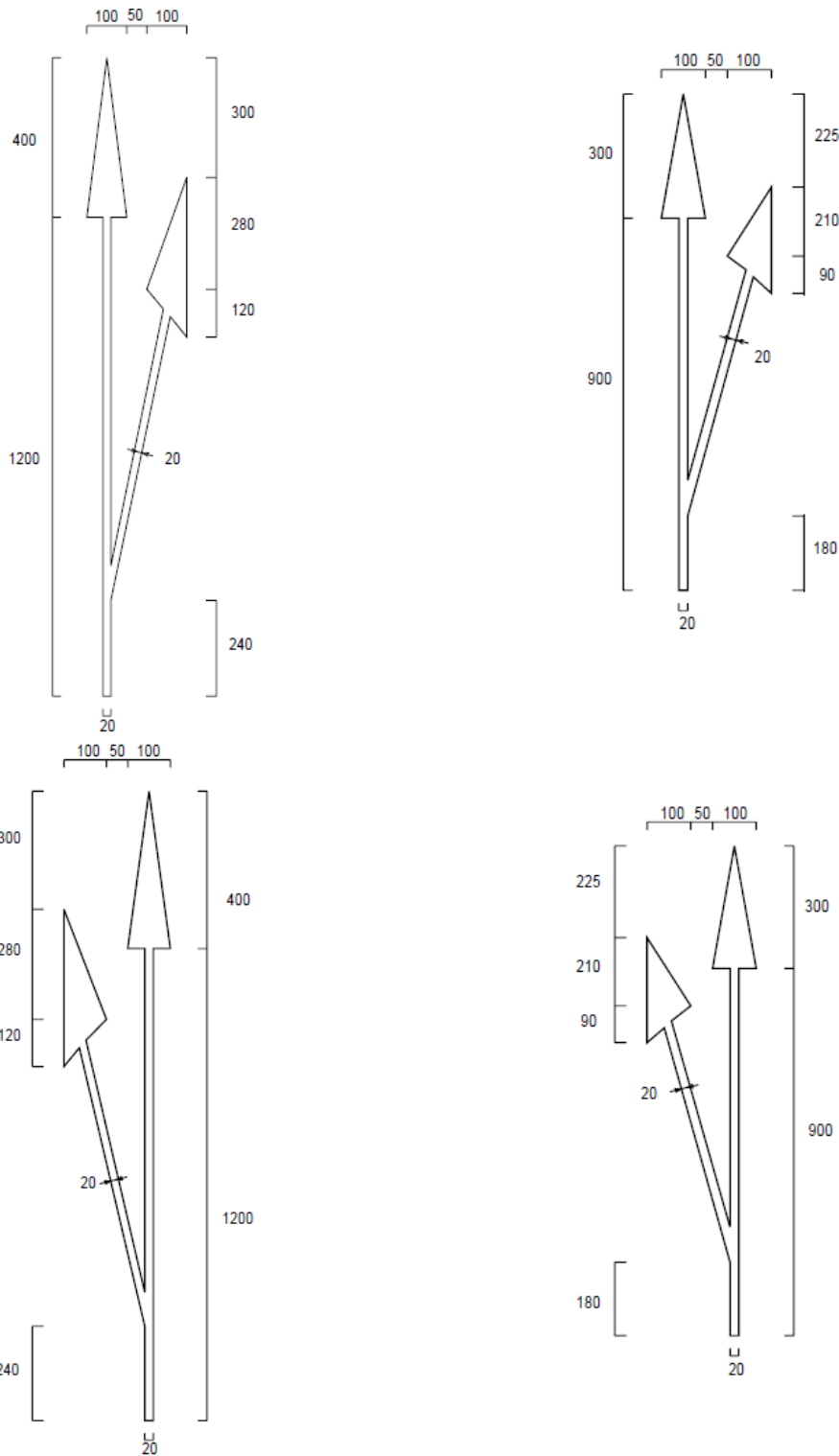
3.4.3.4 Flecha Recta y de Salida

Esta flecha se utiliza en autopistas, autovías y vías rurales para indicar donde se puede iniciar la maniobra de salida utilizando una pista de salida o desaceleración. Se ubica en el centro de la pista contigua a las mencionadas.

Ver sus dimensiones y ejemplo de utilización en Figuras 3.4 - 4 y 3.4 - 5.

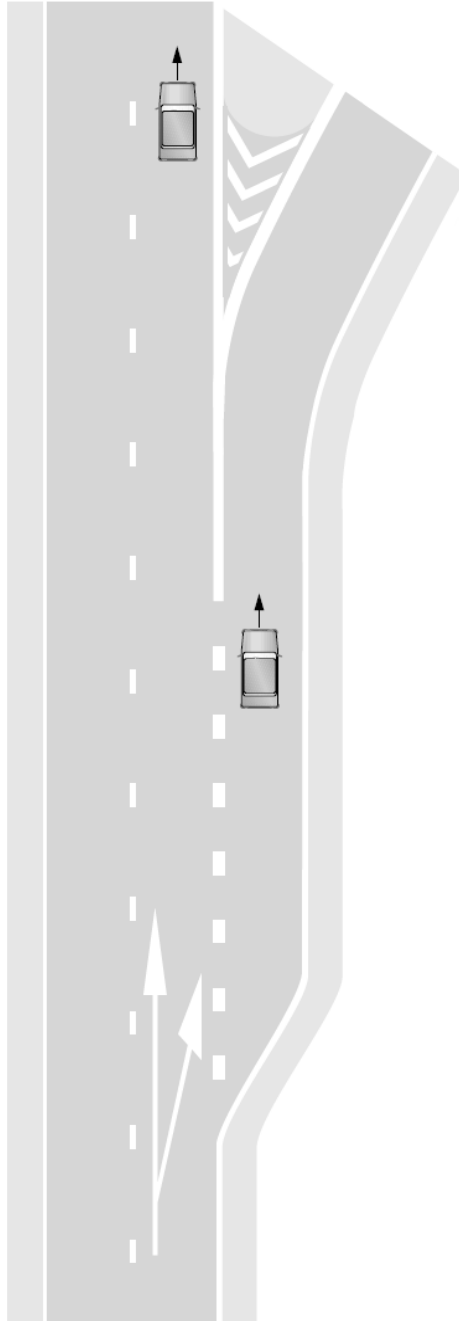
Figura 3.4 - 4

VELOCIDAD PERMITIDA > 60 km/h	VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA ≤ 60 km/h
-------------------------------	--------------------------------------



Cotas en centímetros

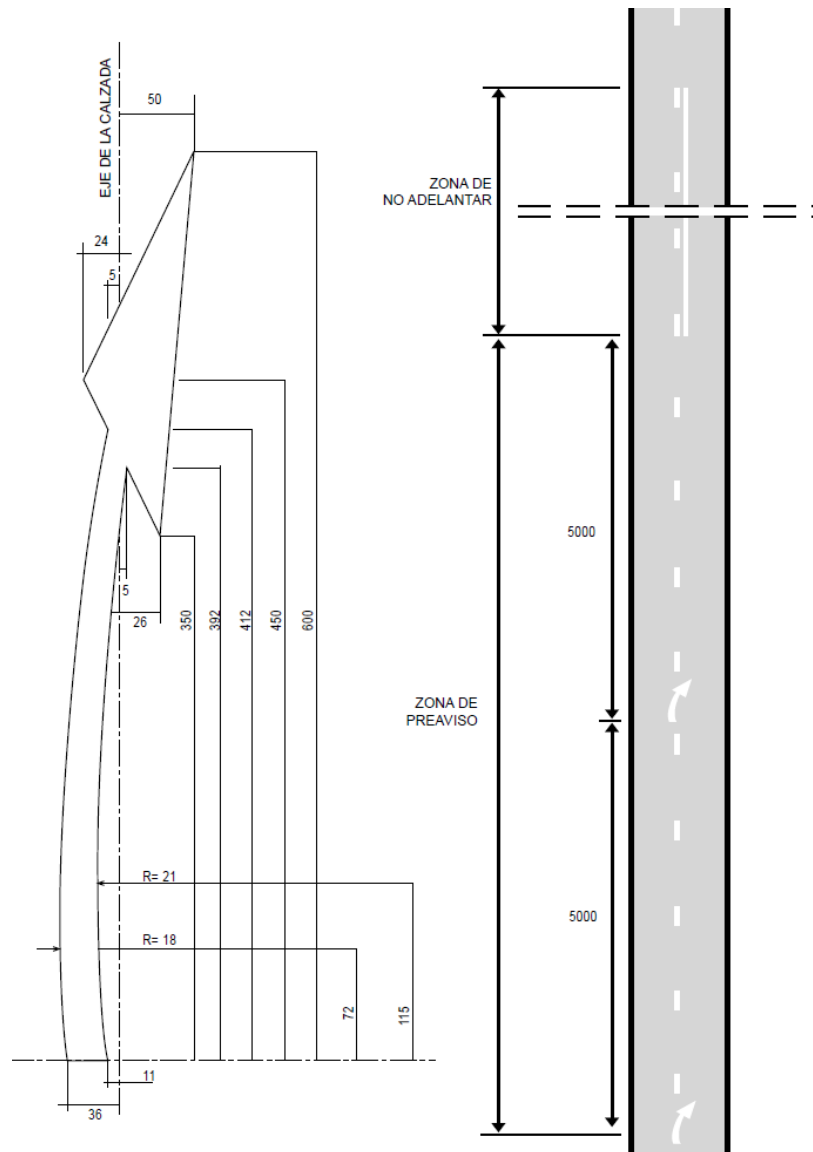
Figura 3.4 - 5
Ejemplo Utilización Flecha Recta y de Salida



3.4.3.5 Flecha de Advertencia Inicio Línea de Eje Central Continua

Esta flecha se utiliza fundamentalmente en vías rurales para indicar la proximidad de una zona donde se prohíbe adelantar, virar a la izquierda o en "U". Se ubica en el eje central de vías bidireccionales a lo menos a 100 y a 50 m del inicio de la zona con eje central continuo. Ver Figura 3.4 - 6.

Figura 3.4 - 6

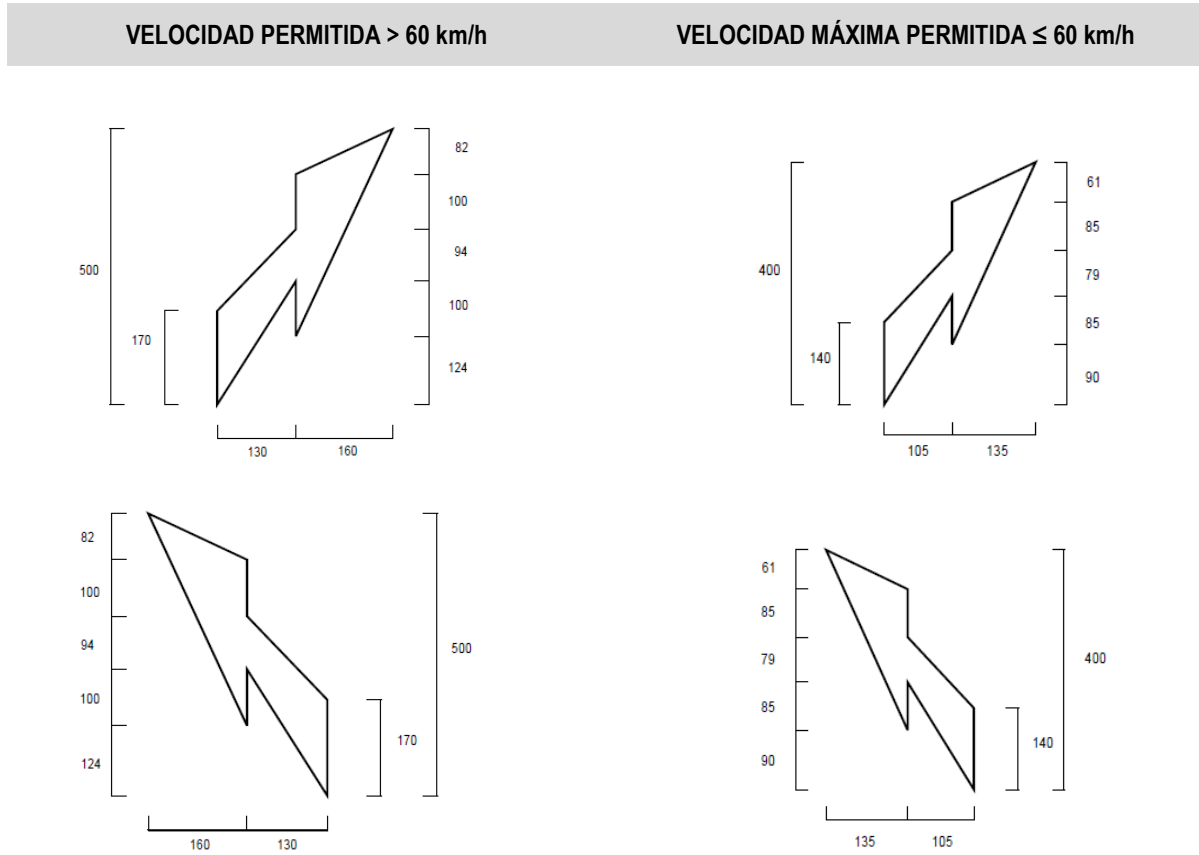


Cotas en centímetros

3.4.3.6 Flecha de Incorporación

Esta flecha advierte que los vehículos deben abandonar la pista por la que circulan e incorporarse a la que apunta la flecha. Se debe utilizar en pistas de aceleración y otras que similarmente desaparecen. Figura 3.4 - 7. Dado el peligro que advierten, al aplicarla se debe reiterar a lo menos una vez.

Figura 3.4 - 7

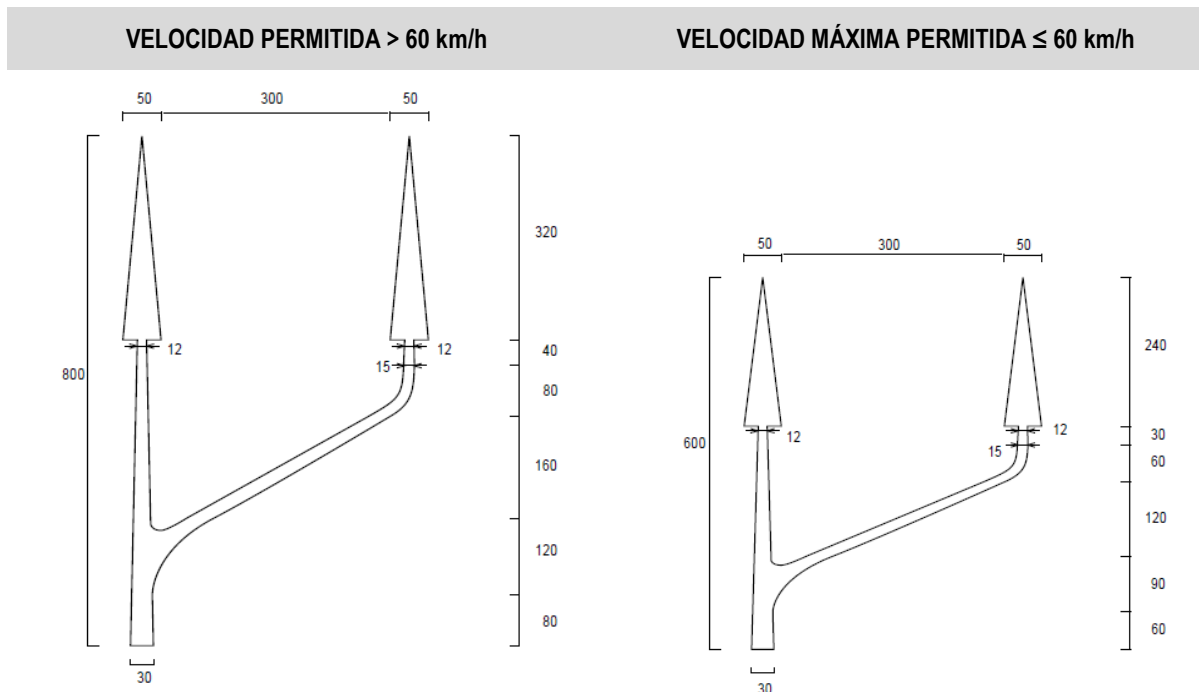


Cotas en centímetros

3.4.3.7 Flecha de Incorporación a Pistas de Tránsito Exclusivo

Esta flecha indica a conductores de vehículos excluidos de circular por pistas de uso exclusivo, los lugares donde pueden incorporarse a éstas para realizar un viraje a la derecha. Ver Figura 3.4 - 8.

Figura 3.4 - 8



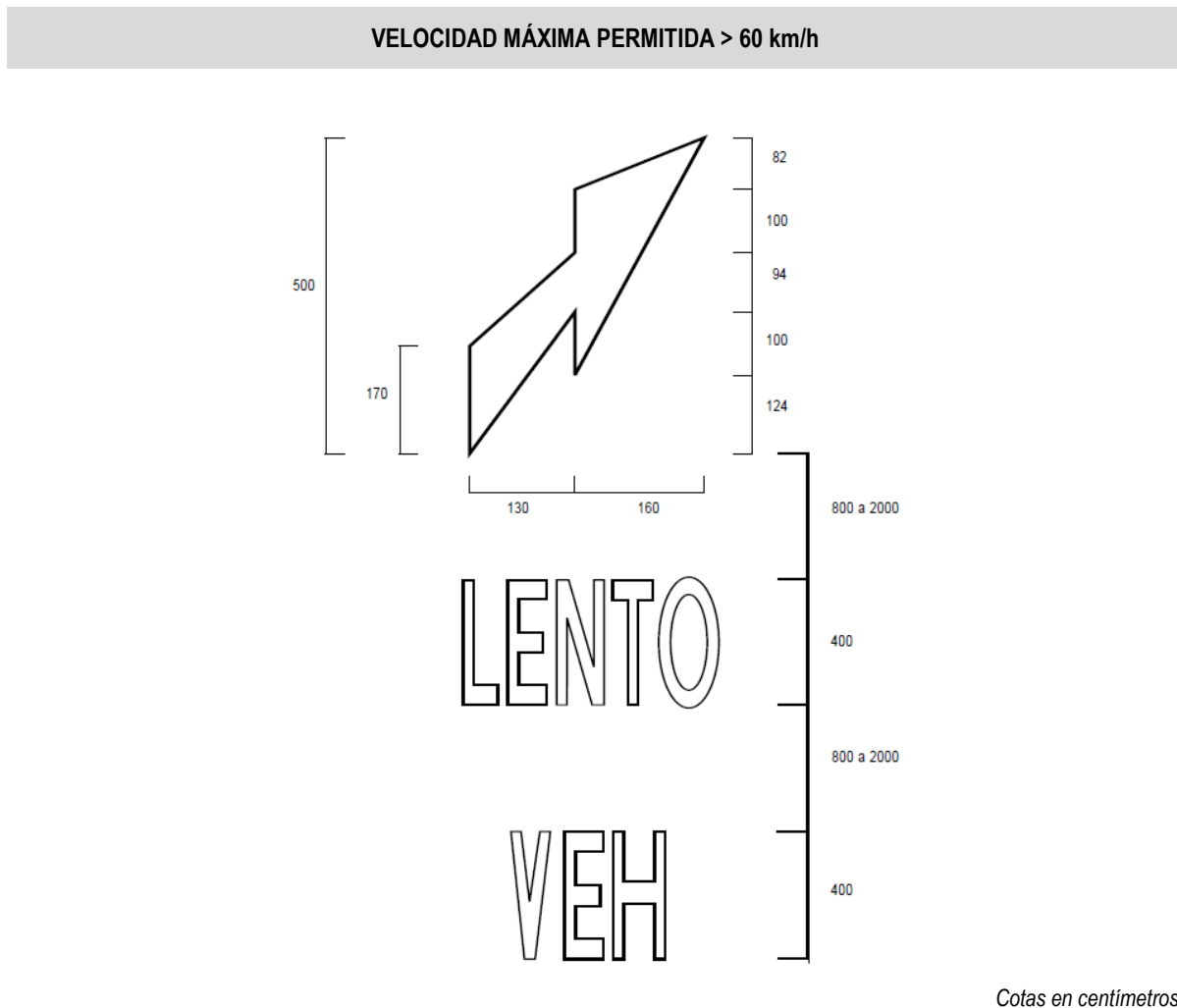
Cotas en centímetros

3.4.3.8 Flecha de Incorporación a Pistas de Tránsito Lento

Esta flecha indica el inicio de una pista destinada a la circulación de vehículos lentos.

Debe ser reforzada con la leyenda “VEH LENTO” como se muestra en la Figura 3.4 - 9 y según lo especificado para leyendas en 3.4.4.

Figura 3.4 - 9



3.4.4 Leyendas

Si bien se prefieren señales con mensajes simbólicos en lugar de escritos, ya que el uso de símbolos facilita su comprensión, existen ocasiones en que el mensaje es mejor percibido si se entrega mediante una leyenda en la calzada.

Las demarcaciones de leyendas son en general blancas, con excepción de “SOLO BUSES” en pistas exclusivas para éstos, y deben ser construidas sólo con los tipos de letra y según las especificaciones del Anexo 7, considerando la velocidad máxima permitida en la vía.

Si se requiere más de una línea de texto, la línea que corresponde leer en segundo lugar debe ubicarse más lejana en el sentido de circulación.

Para asegurar su legibilidad se debe dejar un espacio de al menos 30 cm entre palabras y líneas de pista.

3.4.4.1 PARE

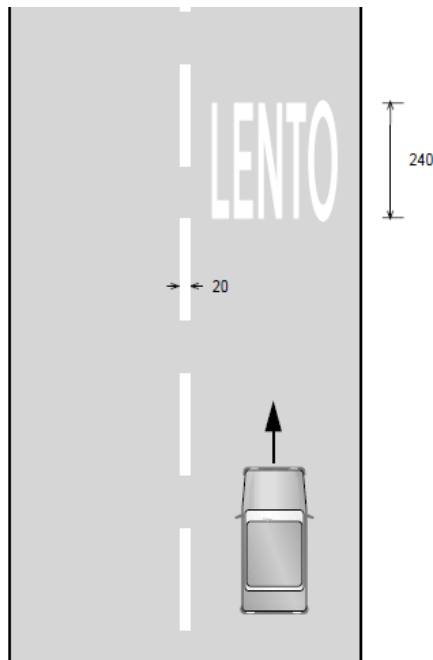
Esta leyenda debe demarcarse siempre que se instale la señal vertical PARE (RPI - 2). Tanto su ubicación como dimensiones se muestran en 3.3 - 4, Figura 3.3 - 2.

3.4.4.2 LENTO

Esta leyenda se utiliza para advertir la proximidad de una situación que amerita reducir la velocidad, como ocurre en vías donde existen reductores de velocidad, accesos a colegios u otros riesgos.

Debe ubicarse siempre que se instalen las señales verticales PROXIMIDAD DE SEÑAL CEDA EL PASO (PO - 12) o PROXIMIDAD DE SEÑAL PARE (PO - 13), entre otras de advertencia de peligro.

Figura 3.4 - 10
Ejemplo Demarcación LENTO



Cotas en centímetros

3.4.4.3 SOLO

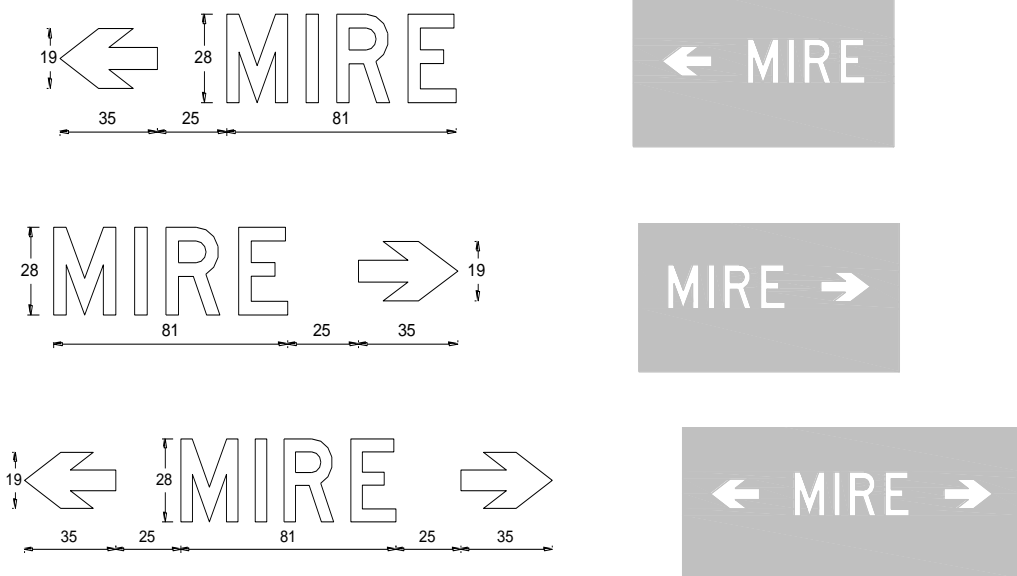
Esta leyenda se utiliza para reforzar la indicación de que la pista en que se emplaza está restringida a cierto tipo de vehículos o maniobras. Se debe complementar con demarcación que individualice la restricción, por ejemplo, "BUSES", flecha de viraje a la izquierda, entre otros. Ver Figura 3.4 - 2.

Debe ubicarse antes, en el sentido de circulación, que la leyenda o símbolo que la complementa.

3.4.4.4 MIRE

Esta demarcación, que está orientada a los peatones, se puede utilizar en pasos peatonales semaforizados, islas peatonales o canalizadoras, y otros lugares donde sea necesario reforzar la seguridad del cruce de peatones. Se complementa con una flecha que apunte hacia donde mirar antes de comenzar a cruzar.

Figura 3.4 - 11



Cotas en centímetros

3.4.5 Otros Símbolos

Estos corresponden a señales utilizadas para regular la circulación o advertir de riesgos en la vía. Son el general de color blanco, a menos que correspondan a réplicas de señales verticales, en cuyo caso pueden conservar los colores de éstas.

Los símbolos más utilizados se mencionan o muestran a continuación:

3.4.5.1 Ceda el Paso

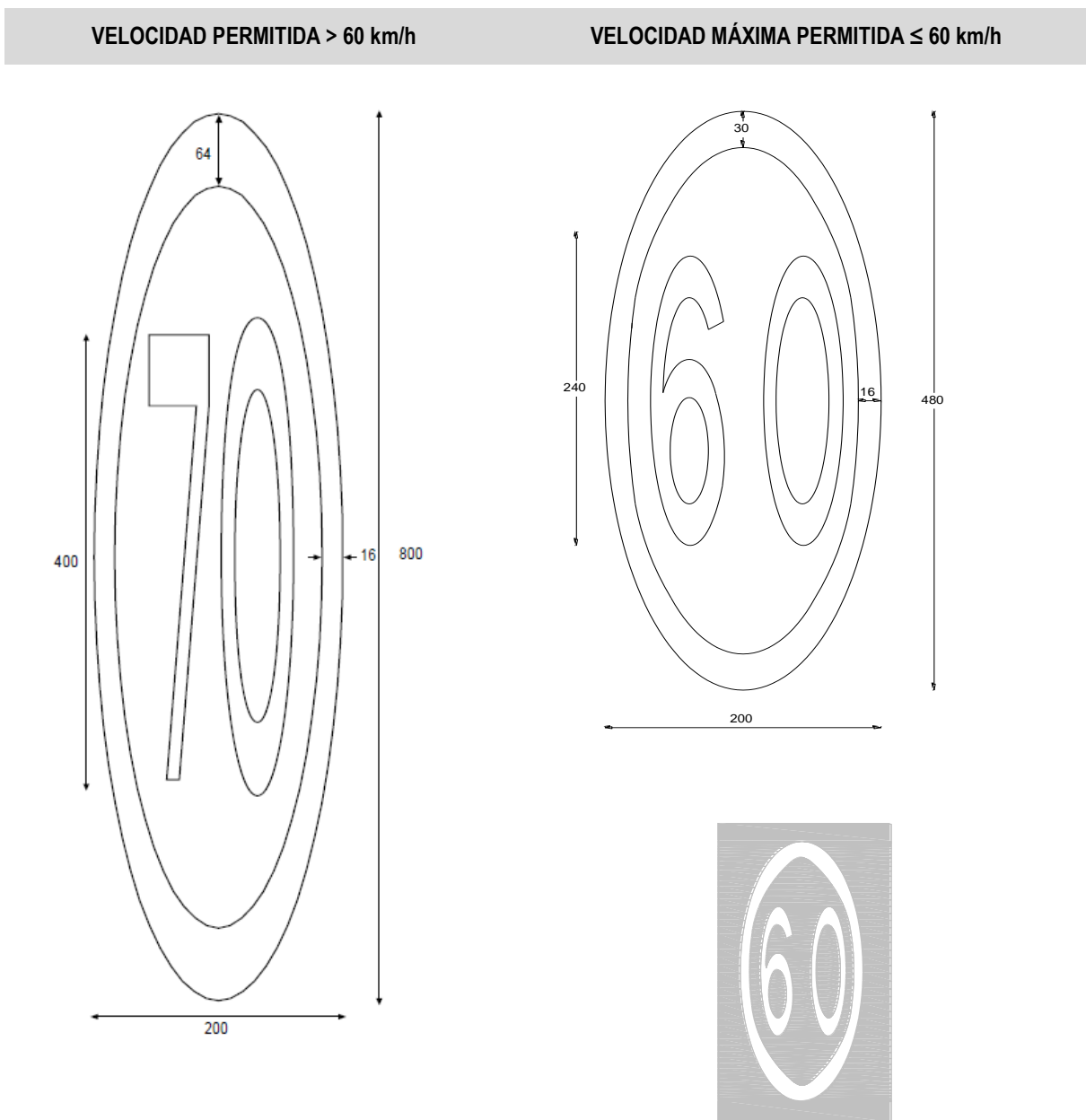
Este símbolo debe demarcarse siempre que se instale la señal vertical CEDA EL PASO (RPI - 1) y el pavimento lo permita. Sus dimensiones se muestran en 3.3.3, Figura 3.3 - 1.



3.4.5.2 Velocidad Máxima

Este símbolo indica la velocidad máxima permitida en la pista en que se ubica. Puede utilizarse para reforzar la señal vertical VELOCIDAD MÁXIMA (RR - 1) o en sitios tales como túneles o puentes. Su color es blanco y sus dimensiones se detallan en la Figura 3.4 - 12.

Figura 3.4 - 12



Cotas en centímetros

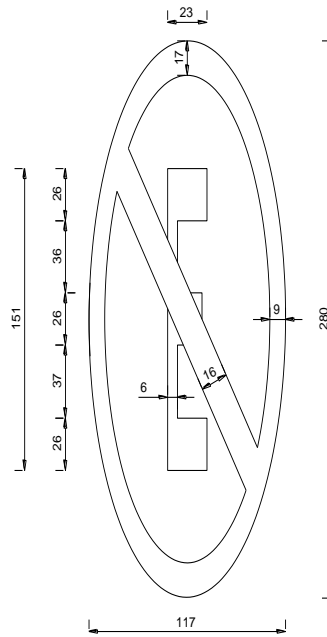
3.4.5.3 Prohibido Estacionar

Este símbolo indica la prohibición de estacionar en la pista en que se ubica. Su color es blanco y sus dimensiones se detallan en la Figura 3.4 - 13.

Cuando el tramo en que se aplica es superior a 15 m, se recomienda reiterarlo.



Figura 3.4 - 13

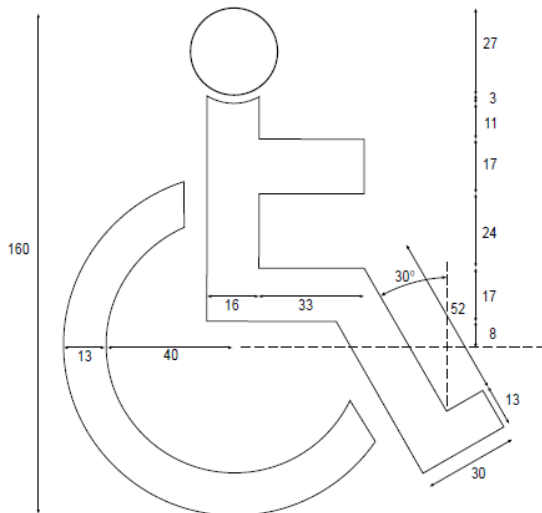


Cotas en centímetros

3.4.5.4 Estacionamiento Exclusivo para Personas con Discapacidad

Este símbolo indica que el lugar en que se emplaza puede ser utilizado como estacionamiento sólo por vehículos de personas con discapacidad. Su forma corresponde al símbolo que identifica a estas personas. Sus dimensiones se detallan en la Figura 3.4 - 14. Para una mayor visibilidad del símbolo, se recomienda que la superficie donde se ubique sea pintada de color azul.

Figura 3.4 - 14



Cotas en centímetros



3.4.5.5 CICLOVÍA

Este símbolo advierte que la calzada o pista donde se ubica está destinada sólo a la circulación de bicicletas. Se debe demarcar siempre que exista la posibilidad de ingreso a la ciclovía o ciclobanda de otro tipo de vehículos, como ocurre en intersecciones y conexiones a calzadas laterales.

Tiene la forma de una bicicleta. Sus dimensiones se detallan en la sección 6.2.4.6, Figura 6.2 - 15, del Capítulo 6.



3.4.5.6 CRUCE DE FERROCARRIL

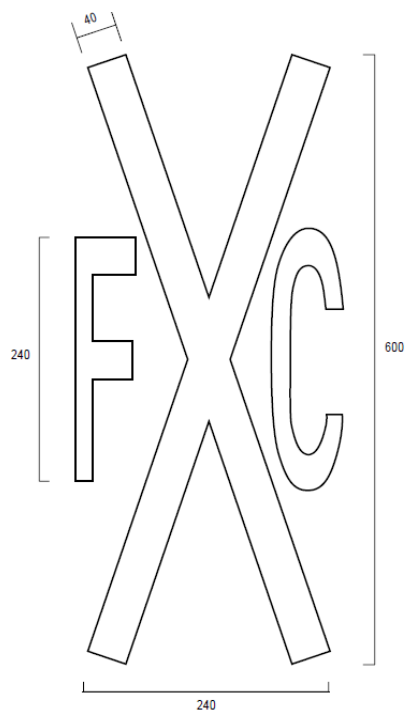
Este símbolo se utiliza para advertir a los conductores la proximidad de un cruce ferroviario a nivel, con o sin barreras. Está constituido por una X ubicada entre las letras F y C.

Su color es blanco y sus dimensiones se detallan en la Figura 3.4 - 15.

Debe demarcarse en todas las pistas que acceden a un cruce ferroviario, como mínimo 20 m antes de éste.



Figura 3.4 - 15



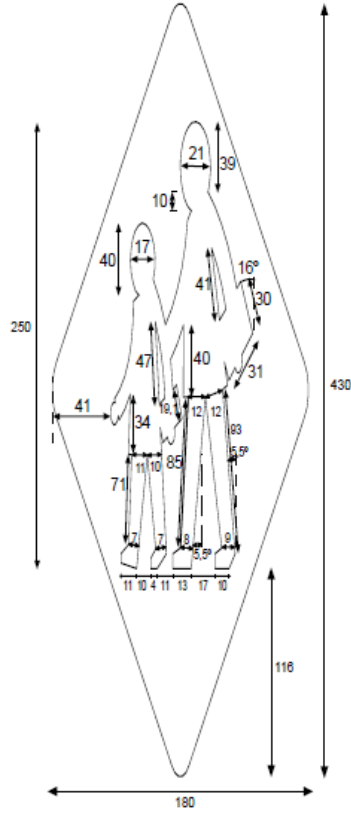
Cotas en centímetros

3.4.5.7 ZONA DE ESCUELA

Este símbolo advierte la probable presencia de escolares en la vía. Puede complementar la señal vertical ZONA DE ESCUELA (PO - 9). Figura 3.4 - 16.

Figura 3.4 - 16

VELOCIDAD MÁXIMA PERMITIDA ≤ 60 km/h

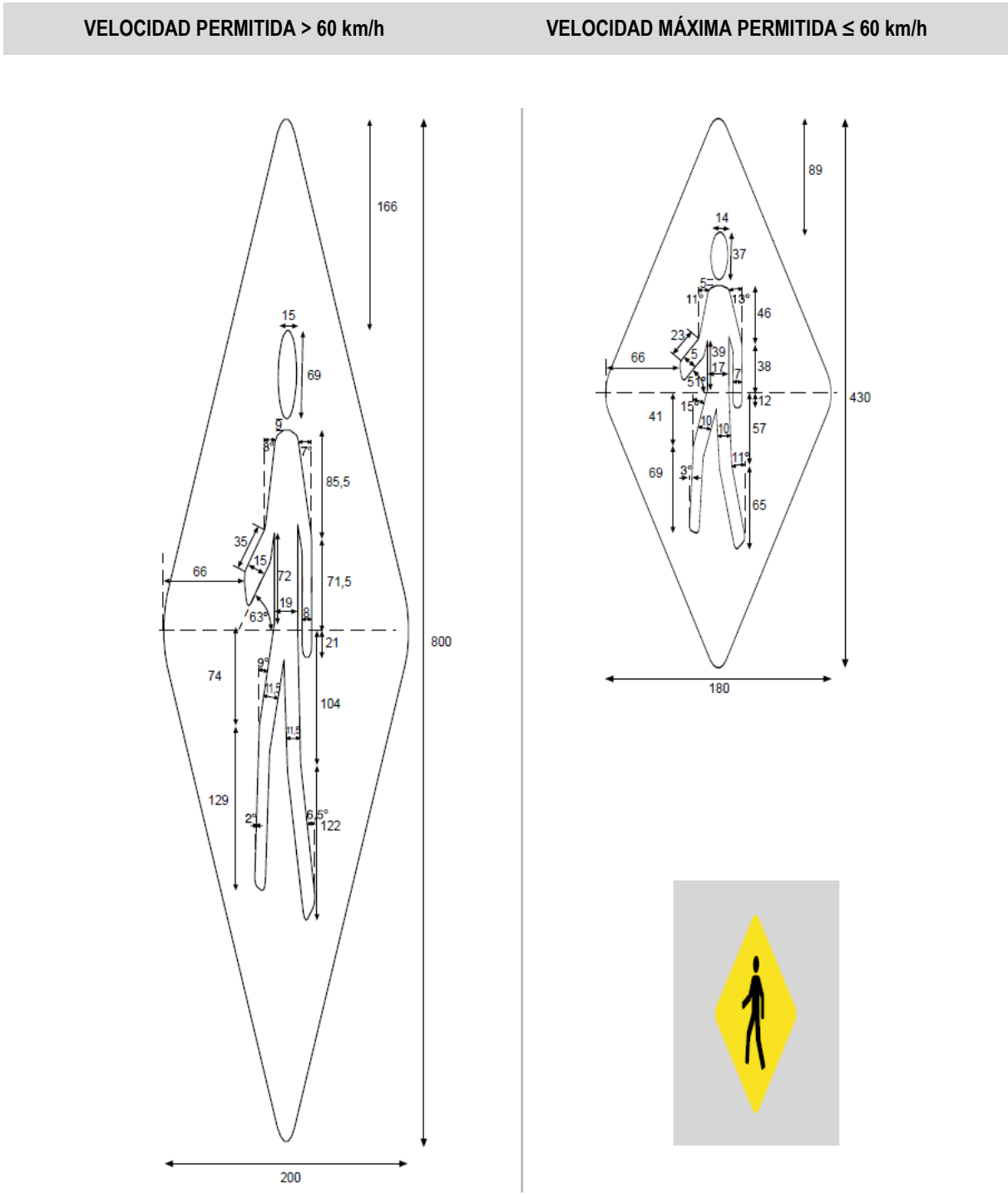


Cotas en centímetros

3.4.5.8 ZONA DE PEATONES

Este símbolo advierte la probable presencia de peatones en la vía, puede complementar la señal vertical ZONA DE PEATONES (PO - 7), descrita en el Capítulo 2. Sus dimensiones se detallan en la Figura 3.4 - 17.

Figura 3.4 - 17



Cotas en centímetros

3.4.5.9 PISTA PRIORITARIA VEHÍCULOS DE EMERGENCIA

Este símbolo se utiliza para informar a los conductores que las pistas así demarcadas deben ser abandonadas cuando se aproxima un vehículo de emergencia, ambulancia, carro de bomberos u otro, que hace uso de sus señales audibles y/o visuales, para que éste pueda hacer uso de ellas. Se recomienda su instalación en las pistas centrales de vías congestionadas. Figura 3.4 - 18

Tiene la forma de un rombo blanco, junto a la leyenda "PISTA VEH SOS".

Sus dimensiones se detallan en la Figura 3.4 - 19.

Figura 3.4 - 18

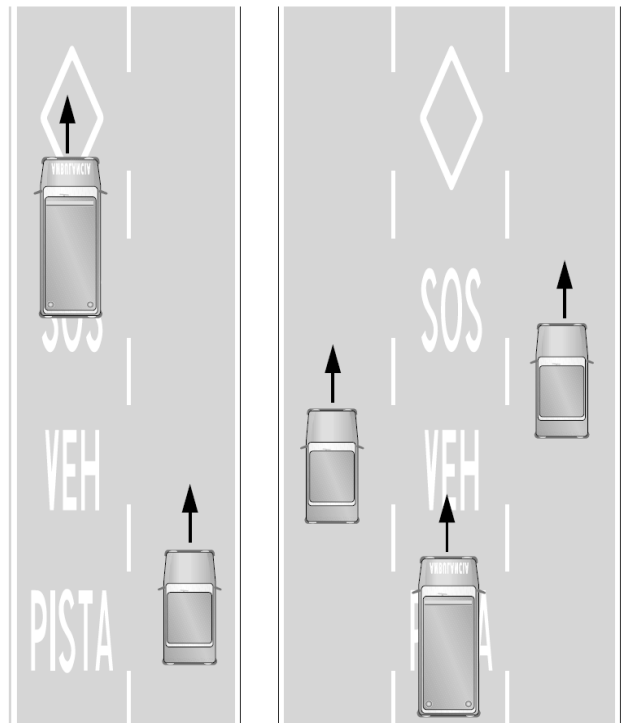
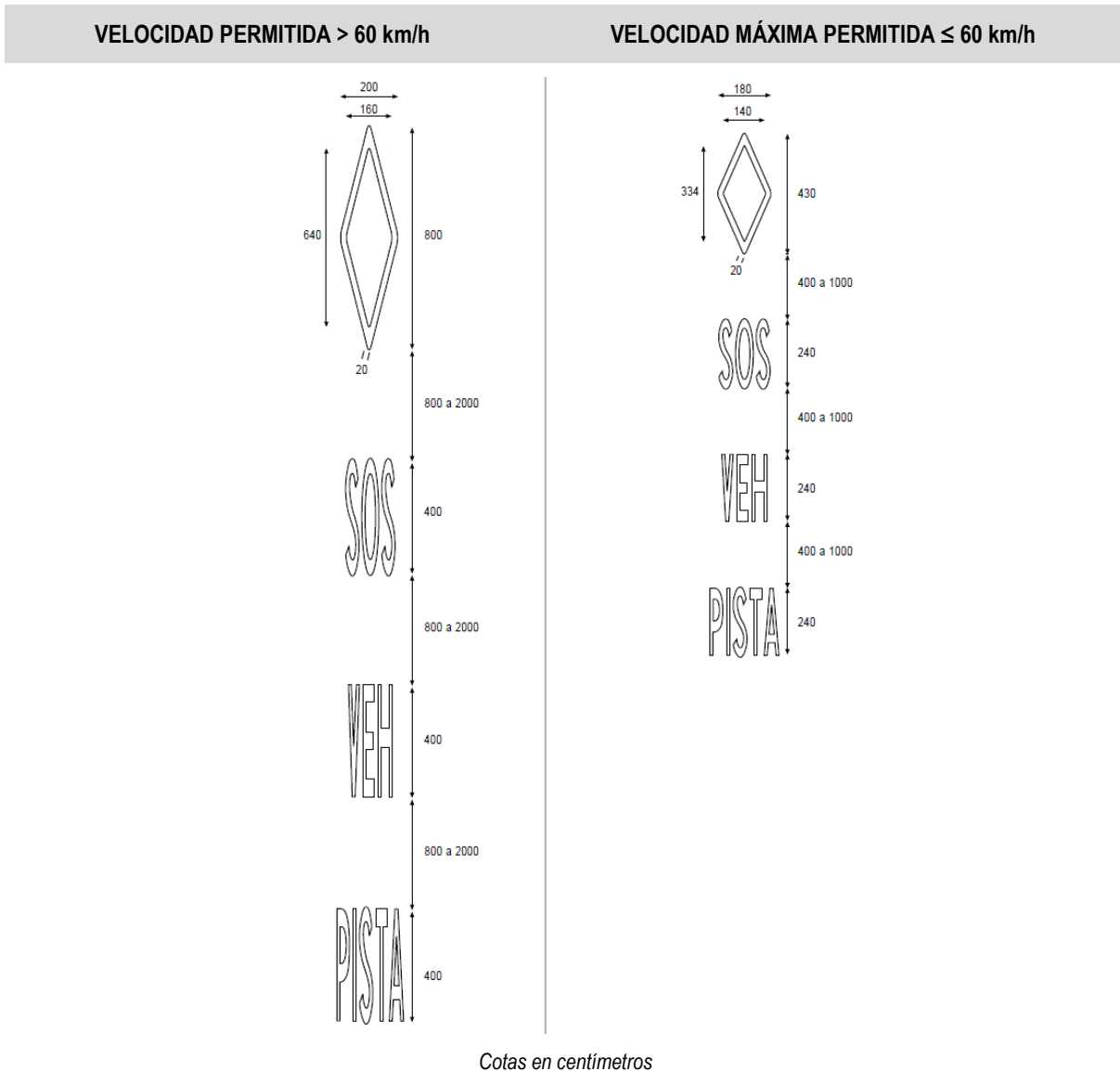


Figura 3.4 - 19



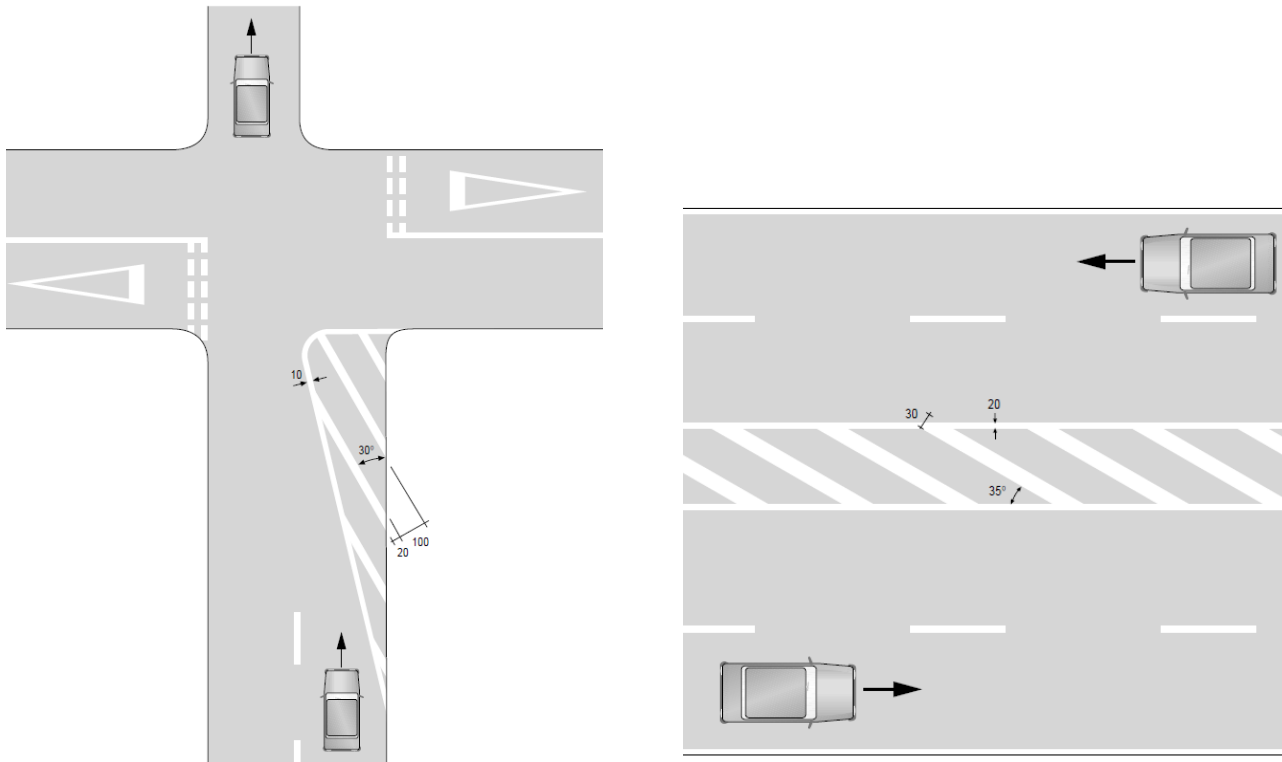
3.5 OTRAS DEMARCACIONES

Existen otras demarcaciones que no es posible clasificar dentro de las presentadas en las secciones anteriores, ya que ninguna de sus formas o líneas predomina por sobre las otras.

3.5.1 Achurados

Esta demarcación se utiliza cuando es necesario definir áreas neutrales en la calzada. Está compuesta por líneas continuas inclinadas de 10 a 20 cm de ancho. Algunas aplicaciones típicas se muestran en la Figura 3.5 - 1.

Figura 3.5 - 1
Ejemplos de Achurado



Cotas en centímetros

3.5.2 Demarcación de Tránsito Divergente y Convergente

Esta demarcación se utiliza para indicar que el tránsito diverge o converge, lo que generalmente ocurre en accesos o salidas en enlaces, canalizaciones e islas centrales. En el caso de bifurcaciones se genera un área neutral, sin tráfico, que previene la posibilidad de conflictos en la nariz del borde de éstas, guiando al usuario en un ángulo suave y conveniente. Cuando se trata de convergencias dicha área ayuda a los conductores a incorporarse en forma segura al tránsito. Ver Figura 3.5 - 2.

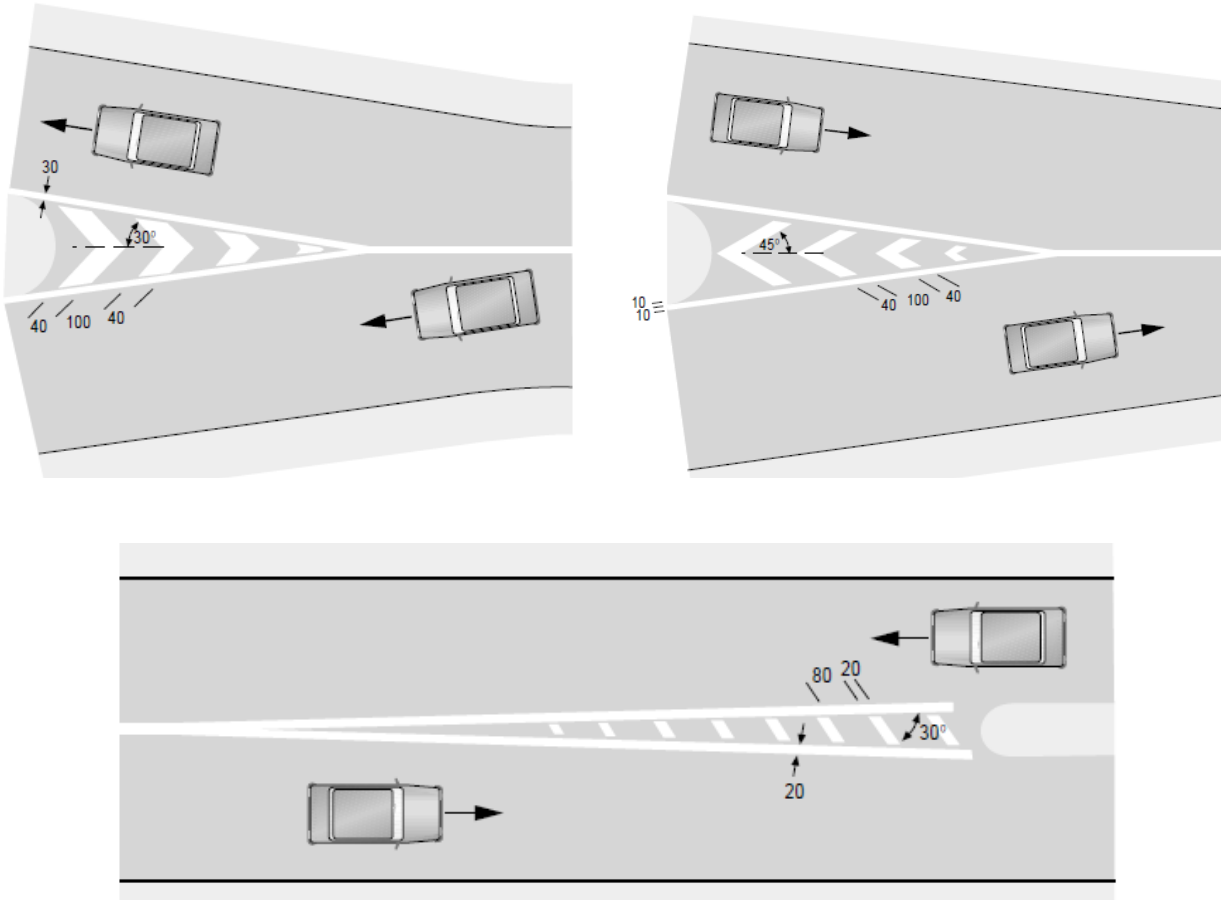
El área neutral está delimitada por líneas continuas, blancas, con un ancho de por lo menos 30 cm en autopistas y autovías, y de 20 cm en otro tipo de vías. Con el objeto de aumentar su visibilidad, su interior debe demarcarse con diagonales blancas, inclinadas en un ángulo sexagesimal de 30° a 45° con respecto al eje de la vía, en la misma dirección que debe seguir el conductor para continuar por la pista en que circula. El ancho de estas líneas puede variar entre 40 cm y 60 cm, y su separación debe corresponder al menos al doble del ancho seleccionado y no más de 4 veces ese ancho. Ver Figura 3.5 - 2.

En bifurcaciones generadas por pistas de desaceleración, la línea de borde de calzada debe demarcarse de forma que coincida con el vértice del área neutral, debiendo ser continua hasta aproximadamente la mitad del largo de dicha pista.

De existir una pista de aceleración paralela, la línea de borde de calzada debe demarcarse de forma que coincida con el vértice del área neutral. Ver Líneas de Borde de Calzada, Figura 3.2 - 10.

Cuando el área neutral se refuerce con demarcación elevada, deben utilizarse elementos de color amarillo, ubicados en la zona sin demarcar cada 2 diagonales en los extremos y punto medio de éstas.

Figura 3.5 - 2
Ejemplos Demarcación Tránsito Divergente y Convergente



Cotas en centímetros

3.5.3 Demarcación de Aproximación a Obstáculos

Esta demarcación se utiliza para guiar el tránsito de manera adecuada cuando éste se aproxima a una obstrucción fija dentro de la calzada, que es imposible eliminar. Con ella se genera un área neutral que aleja a los vehículos del obstáculo.

Un obstáculo puede estar ubicado de manera que:

- todo el tránsito tiene que pasar por su derecha, o
- el tránsito puede pasar a su izquierda o su derecha.

El área neutral está delimitada por líneas continuas inclinadas de color blanco, de 10 a 30 cm de ancho. Estas líneas se deben extender desde las líneas de eje o pista hacia el punto de obstrucción, pasando por su derecha o por ambos lados, a una distancia mínima de 50 cm, y regresando hacia el eje una vez pasado el obstáculo. Con el objeto de aumentar su visibilidad, su interior debe demarcarse con diagonales blancas, inclinadas en un ángulo sexagesimal de 30° con respecto al eje de la vía, en la misma dirección que debe seguir el conductor para evitar el obstáculo. El ancho de estas líneas puede variar entre 40 y 60 cm, y su separación debe corresponder al menos al doble del ancho seleccionado y no más de 4 veces ese ancho.

La distancia entre el inicio del área neutral y el obstáculo, o longitud de transición, queda determinada por las siguientes relaciones consignadas en 3.2.6.2:

- $D = A \cdot V/1,6$; en vías cuya velocidad máxima permitida sea mayor de 60 km/h.
- $D = A \cdot V^2/150$; en vías cuya velocidad máxima permitida sea igual o menor a 60 km/h.

donde:

D = longitud de transición en metros; nunca debe ser menor a 10 m.

A = desplazamiento de la línea de eje en metros.

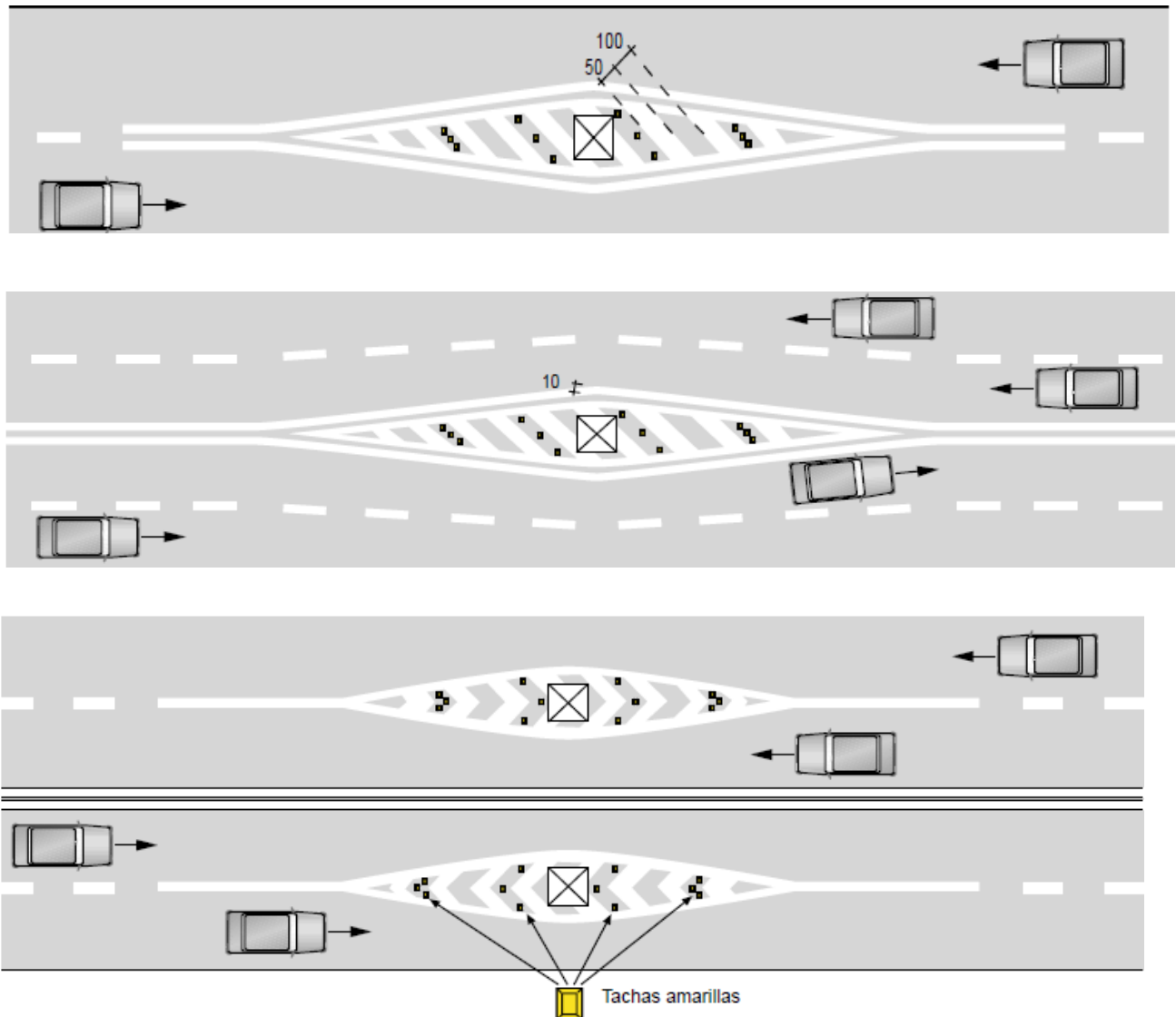
V = velocidad máxima permitida en km/h.

Antes y después del área neutral, las líneas de eje central o pista deben ser continuas, en una extensión igual o superior a la longitud de transición determinada por las relaciones anteriores.

En caso que el obstáculo se ubique entre dos pistas con el mismo sentido de tránsito, la línea de pista continua debe ser de 30 cm de ancho. Ver Figura 3.5 - 3.

Cuando el área neutral se refuerce con demarcación elevada deben utilizarse elementos de color amarillo, ubicados en la zona sin demarcar cada 2 diagonales interiores en los extremos y punto medio de éstas.

Figura 3.5 - 3
Ejemplos Demarcación Aproximación a Obstáculos



Cotas en centímetros

3.5.4 No Bloquear Cruce

Esta señal indica a los conductores la prohibición que establece la ley de quedar detenido dentro de un cruce por cualquier razón. Se instala en cruces que presentan altos niveles de congestión, con el propósito de que la detención del flujo por una vía, no obstaculice la circulación de vehículos por la otra.

Sólo debe aplicarse en intersecciones donde se generen bloqueos producto de la congestión aguas abajo de ellas, siempre y cuando no existan flujos importantes que viren a la izquierda desde la vía perpendicular, ya que en este caso la demarcación no es respetada y la señalización en general se desacredita.

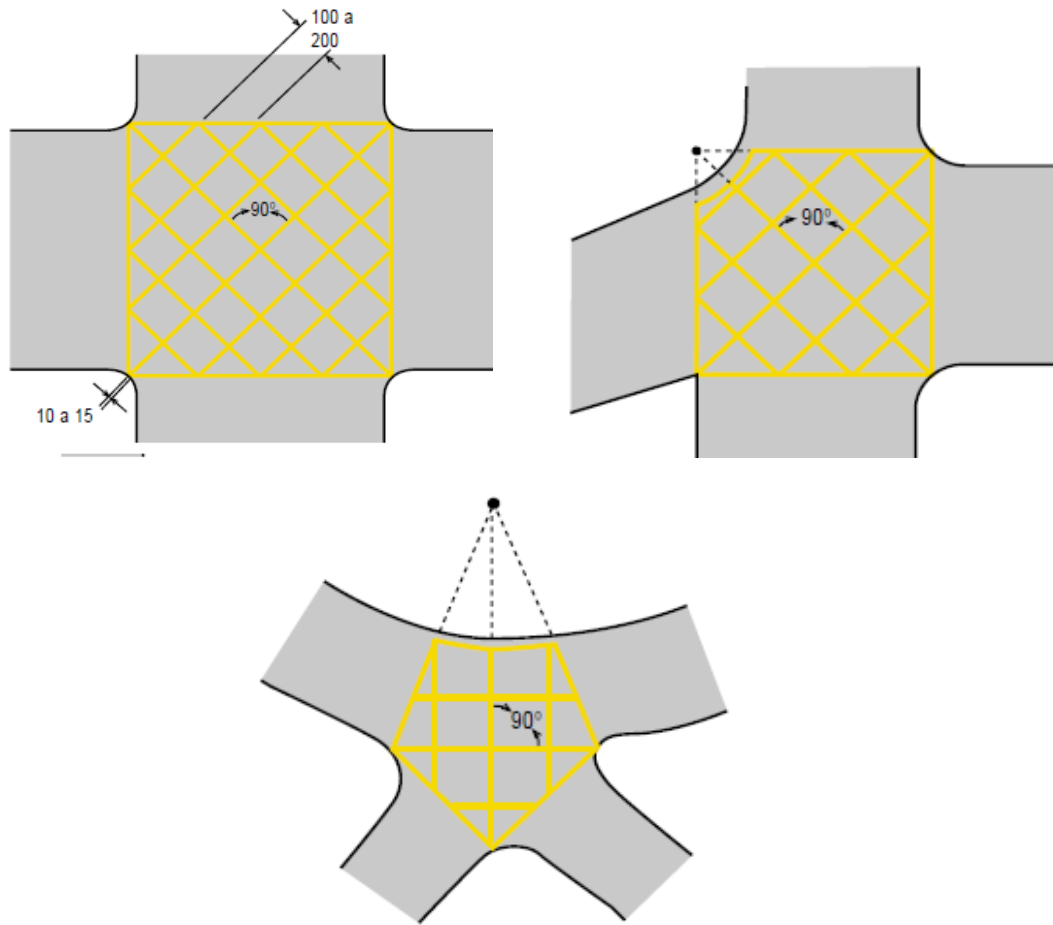
Esta demarcación se construye con líneas diagonales amarillas de 10 a 15 cm de ancho, las que se cruzan dentro de la intersección.

Para dibujarlas se recomienda lo siguiente:

- Dibujar en el centro de la zona a demarcar dos diagonales que al cruzarse formen un ángulo de aproximadamente 90° sexagesimales.
- Demarcar líneas paralelas a las diagonales iniciales a intervalos de 1 a 2 m.

En la Figura 3.5 - 4 se muestran algunas de las aplicaciones de esta demarcación.

Figura 3.5 - 4
Ejemplo No Bloquear Cruce



Cotas en centímetros

Excepcionalmente, el Secretario Regional Ministerial de Transportes y Telecomunicaciones competente podrá autorizar que en un cruce esta demarcación se provea sólo en la o las pistas que conforman un corredor de transporte público, cuando éstas no tengan un pavimento de color que las destaque por sobre el resto de la calzada.

3.5.5 Vía Segregada Buses

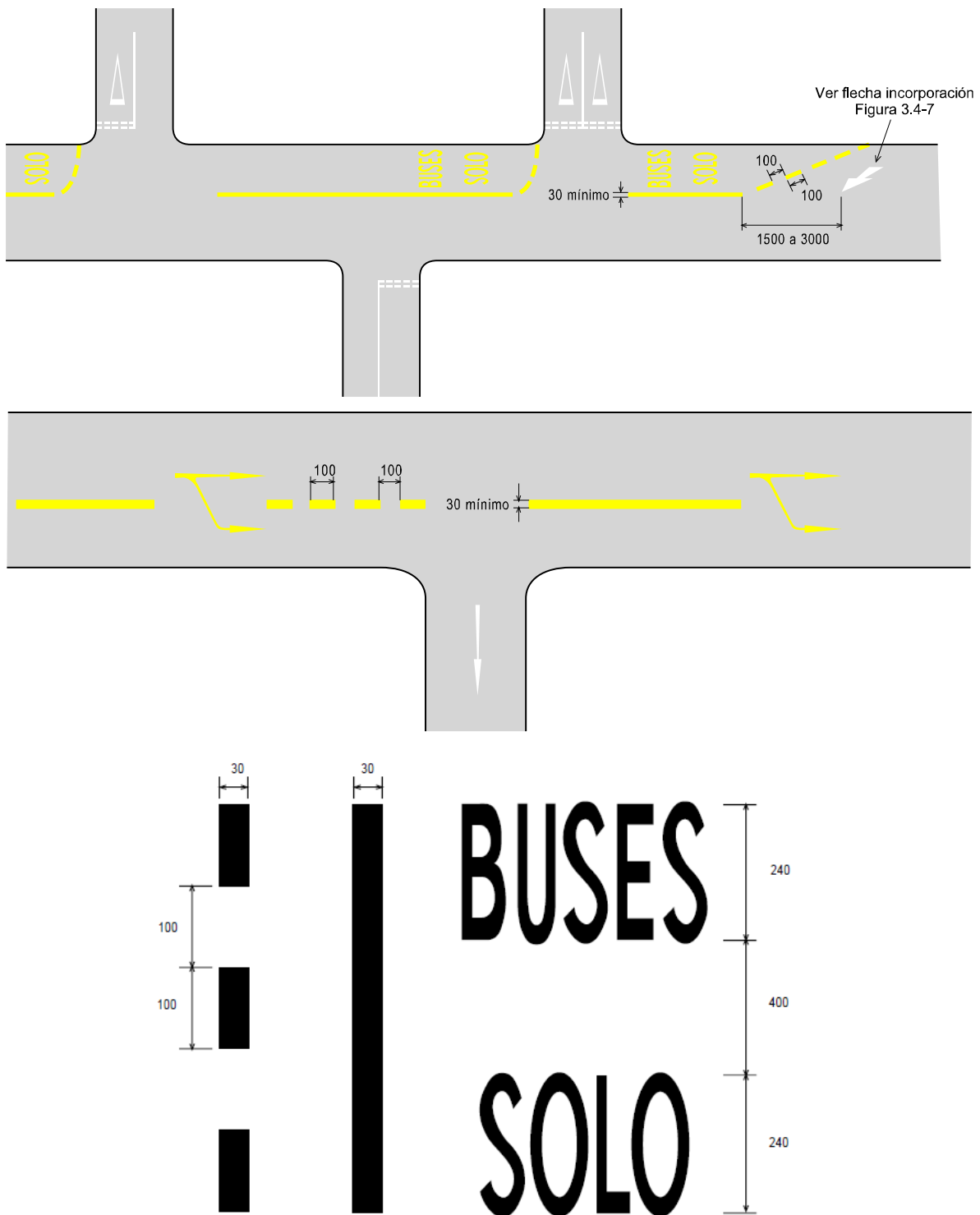
Esta demarcación se utiliza para indicar, delimitar y destacar una pista o vía exclusiva para buses. Su color es amarillo y está constituida por los elementos descritos a continuación:

- Una línea continua que delimita la vía sólo buses. Su ancho mínimo es de 30 cm y debe ser interrumpida en los cruces con otras vías.
- Línea segmentada inclinada que indica inicio de la vía exclusiva. Ésta une la línea de borde descrita en a) y la solera u otro extremo lateral de la vía, con una inclinación máxima de 1:10. Su ancho mínimo debe ser 30 cm, con un patrón de 2 m y una relación demarcación brecha 1 a 1.
- Leyenda "SOLO BUSES" en el inicio de cada pista y después de cada cruce con otra vía. Si dos cruces consecutivos se encuentran a más de 300 m esta leyenda debe repetirse cada 150 m.
- Flechas de advertencia de la proximidad de una vía exclusiva para buses. Éstas se deben ubicar a 15 y a 30 m del inicio de dicha vía.
- Líneas segmentadas para indicar zonas mixtas, donde otros tipos de vehículos pueden ingresar a la vía exclusiva con el fin de virar en el cruce más cercano. Su ancho mínimo debe ser 30 cm, con un patrón de 2 m y una relación demarcación brecha 1 a 1.
- Flechas de incorporación a zonas mixtas.
- Línea segmentada curva para indicar reinicio de la vía exclusiva después de un cruce donde se incorporan vehículos a la vía en que se encuentra la pista exclusiva. Su ancho mínimo debe ser 30 cm, con un patrón de 2 m y una relación demarcación brecha 1 a 1.

- h) Línea segmentada para separar las pistas dentro de una vía exclusiva, cuando sea el caso. Su ancho mínimo debe ser 20 cm, con un patrón de 5 u 8 m y una relación demarcación brecha de 2 a 3 ó 3 a 5. En todo caso el ancho de las pistas debe ser de 3,5 m máximo.
- i) Cuando se utilice demarcación elevada para reforzar las líneas continuas o segmentadas, ella debe ser amarilla y ubicarse cada 5 u 8 m en el caso de las primeras y en la mitad de los tramos sin demarcar tratándose de las segmentadas.

En la Figura 3.5 - 5 se muestra el esquema general de una PISTA SOLO BUSES, detallando los elementos descritos anteriormente.

Figura 3.5 - 5
Ejemplo Demarcación Vía Segregada Buses



Cotas en centímetros

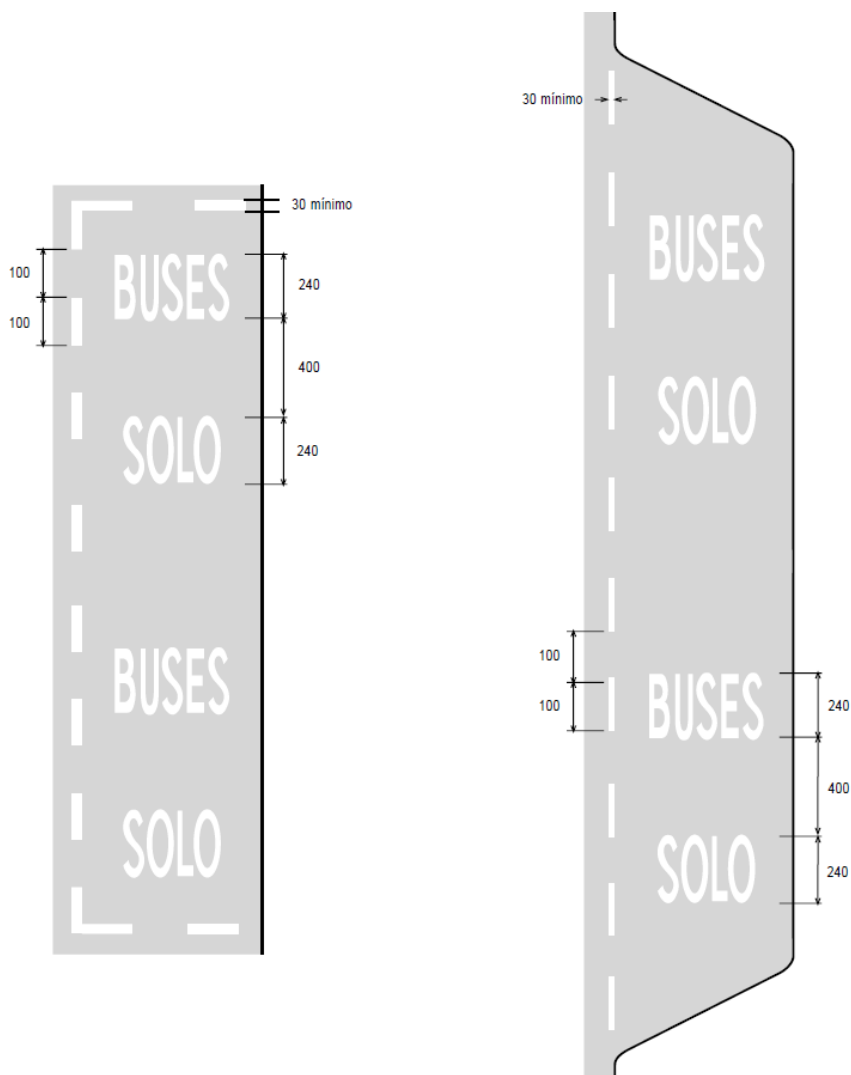
3.5.6 Parada Buses

Esta demarcación tiene por objeto delimitar el área donde buses de transporte público pueden detenerse para tomar y/o dejar pasajeros. Su color es blanco, salvo cuando se ubica dentro de una PISTA SOLO BUSES en cuyo caso es amarilla. Está constituida por líneas segmentadas y la leyenda "SOLO BUSES". Sus dimensiones se detallan en la Figura 3.5 - 6.

Si bien la PARADA DE BUSES puede ubicarse dentro de una pista, por razones de seguridad se recomienda emplazarla en un ensanchamiento especial de la calzada como se muestra en la Figura 3.5 - 6.

El largo de la parada depende de la demanda de buses por hora que deba satisfacer.

Figura 3.5 - 6
Ejemplo Demarcación Parada Buses



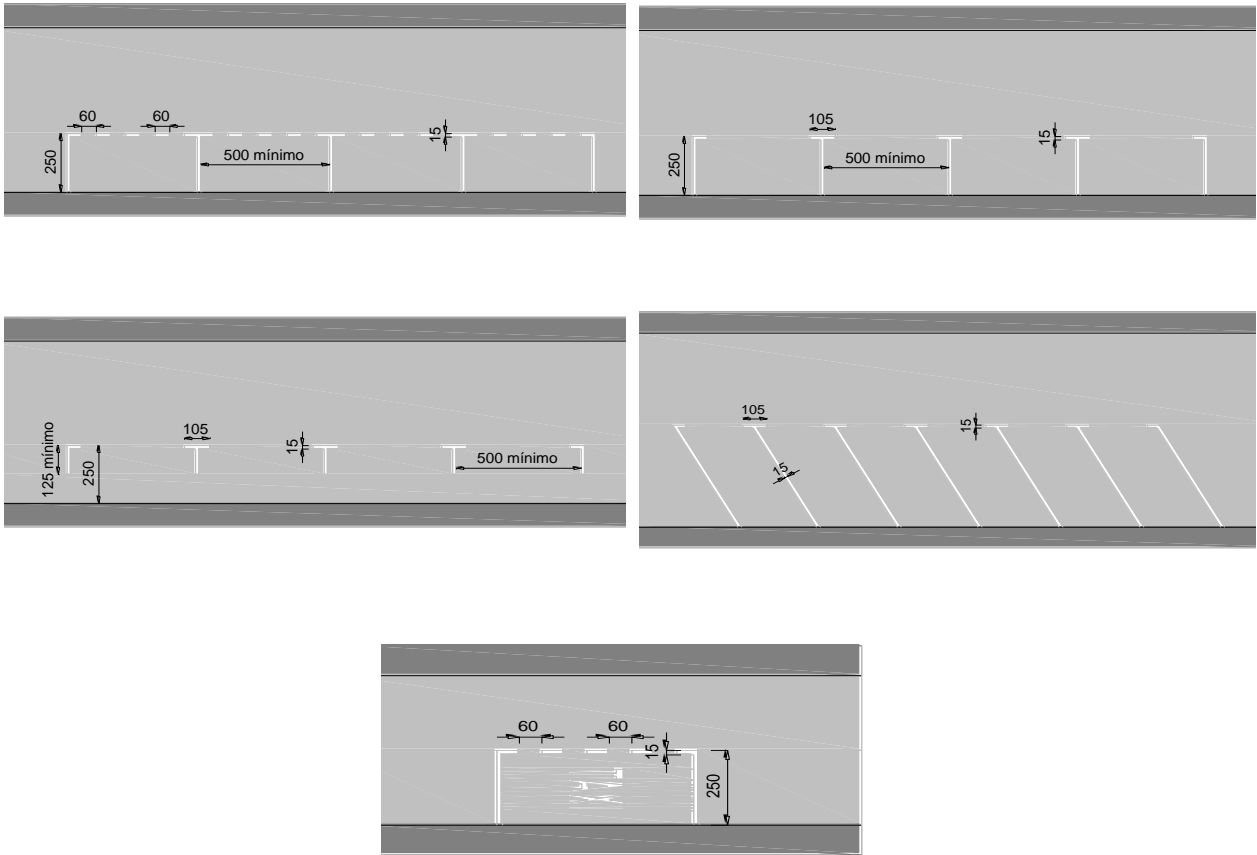
Cotas en centímetros

Cuando la parada sea para vehículos de locomoción colectiva en general, o solo para taxis colectivos, la leyenda "SOLO BUSES" podrá ser reemplazada por la que corresponda, debiendo el tamaño de letra ser reducido proporcionalmente a fin de que cada palabra pueda inscribirse en el ancho disponible.

3.5.7 Estacionamiento

Esta demarcación tiene por objeto delimitar un área destinada a estacionamientos. Su color es blanco. Ejemplos de ella se muestran en la Figura 3.5 - 7. Puede contener la leyenda TAXI cuando se trata de un estacionamiento exclusivo para estos servicios.

Figura 3.5 - 7
Ejemplos Demarcación de Estacionamientos



Cotas en centímetros

Cuando se provean estacionamientos para el uso exclusivo de personas con discapacidad, la cuneta o el borde de solera a lo largo de éstos, deberá pintarse de color azul.

3.5.8 Borde Alertador

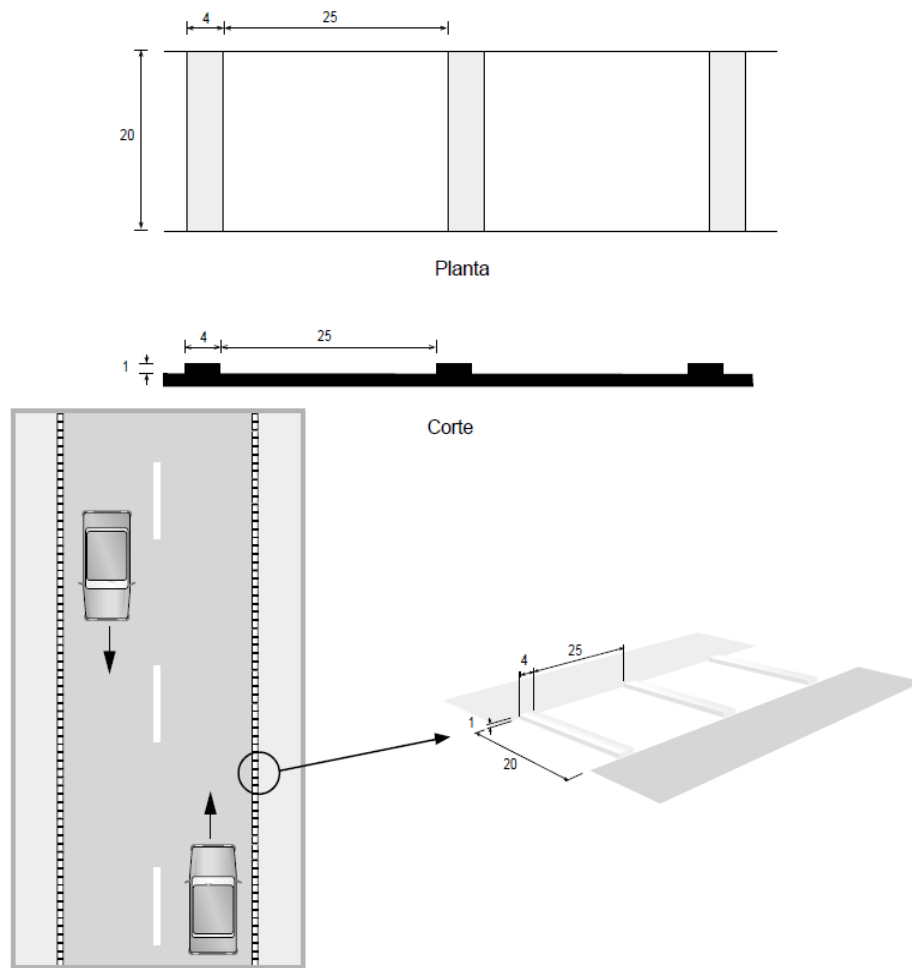
Esta demarcación se utiliza para advertir a los conductores que su vehículo está traspasando la línea de borde de calzada en vías con berma. Consiste en una línea dentada que produce un efecto sonoro y vibratorio dentro del vehículo, cuando éste la traspasa, advirtiendo así al conductor. Ver Figura 3.5 - 8.

Las superficies elevadas de esta demarcación mejoran su visibilidad bajo lluvia.

Los sectores elevados de la demarcación pueden variar entre 8 y 15 mm de altura, y entre 4 y 14 cm de largo, con una separación de 25 a 70 cm.

Se recomienda su implementación en bordes de calzada de autopistas y vías convencionales rurales, excepto en los tramos donde existan soleras. También es recomendable aplicarla en las líneas de eje central continuas de tramos rectos prolongados.

Figura 3.5 - 8
Ejemplo Borde Alertador



Cotas en centímetros

3.5.9 Demarcaciones Alertadoras

Las demarcaciones alertadoras son una serie de líneas demarcadas transversalmente en cada pista de la calzada y de acuerdo al sentido de circulación, o en todo el ancho de la calzada, si es necesario, con el propósito de generar en el conductor la percepción de ir a una velocidad mayor que la real, lo que le induce a reducirla.

Se recomienda su instalación:

- En la proximidad de intersecciones, en las cuales sea necesario advertir riesgos, y en los cuales no exista un debido respeto al cumplimiento de la velocidad legal y señalizada de la vía.
- En aquellas vías urbanas o rurales, en las cuales existen puntos singulares en ellas, como colegios, hospitales u otros centros de gran afluencia de público, en que es necesario advertir, y fomentar una reducción de velocidad.
- En las vías de acceso o ramales de una rotonda.
- Aproximación a curvas en las que se haya detectado peligrosidad real o potencial.
- En combinación con otras medidas, para indicar el inicio de una travesía o el comienzo de una serie de medidas para calmar el tránsito.

El espaciamiento entre las líneas es decreciente y la cantidad de éstas varía según las distintas velocidades de operación que se registran y las que se desea lograr, como se muestra en la Tabla 3.5 - 1, donde DV corresponde a la diferencia entre ambas velocidades.

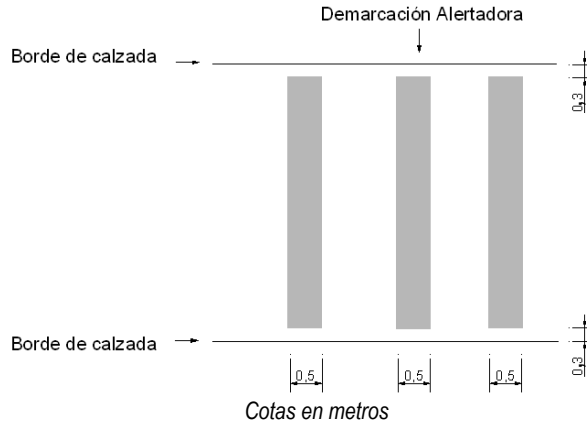
El ancho de las líneas es de 0,5 m y su color es blanco. Su distanciamiento al borde de la calzada deber ser mínimo 0,3 m según Figura 3.5 - 9.



Tabla 3.5 - 1

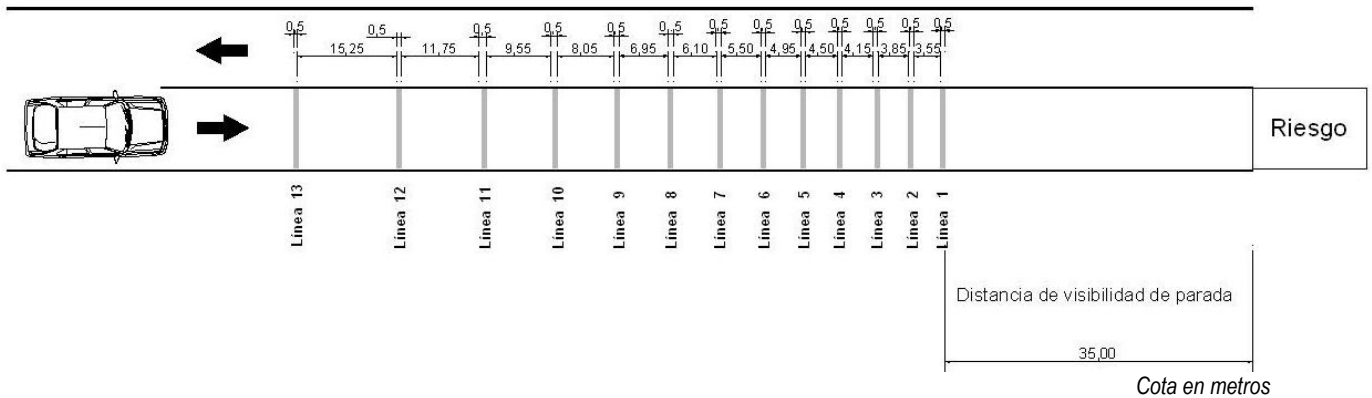
Número de Líneas	ESPACIAMIENTO ENTRE LÍNEAS						
	DV=20 km/h	DV=30 km/h	DV=40 km/h	DV=50 km/h	DV=60 km/h	DV=70 km/h	DV=80 km/h
1	0	0	0	0	0	0	0
2	3,55	3,15	3,1	3,1	3,05	3,05	2,95
3	3,85	3,3	3,2	3,15	3,1	3,1	3
4	4,15	3,45	3,3	3,25	3,2	3,15	3,05
5	4,5	3,65	3,45	3,35	3,3	3,2	3,1
6	4,95	3,85	3,6	3,45	3,4	3,25	3,15
7	5,5	4,05	3,75	3,55	3,5	3,3	3,2
8	6,10	4,3	3,9	3,65	3,6	3,35	3,25
9	6,95	4,55	4,05	3,75	3,7	3,45	3,3
10	8,05	4,85	4,25	3,9	3,8	3,55	3,35
11	9,55	5,25	4,45	4,05	3,9	3,65	3,4
12	11,75	5,65	4,65	4,2	4	3,75	3,45
13	15,25	6,1	4,9	4,35	4,1	3,85	3,55
14		6,7	5,15	4,5	4,2	3,95	3,65
15		7,4	5,45	4,7	4,3	4,05	3,75
16		8,25	5,8	4,9	4,45	4,15	3,85
17		9,3	6,2	5,1	4,6	4,25	3,95
18		10,7	6,6	5,35	4,75	4,35	4,05
19		12,55	7,15	5,6	4,9	4,5	4,15
20		15,25	7,7	5,9	5,1	4,65	4,25
21			8,4	6,25	5,3	4,8	4,35
22			9,25	6,6	5,5	4,95	4,45
23			10,25	7	5,75	5,1	4,55
24			11,5	7,4	6	5,25	4,65
25			13,1	7,95	6,25	5,4	4,75
26			15,25	8,5	6,55	5,6	4,9
27				9,2	6,9	5,8	5,05
28				10	7,25	6,05	5,2
29				10,9	7,65	6,3	5,35
30				12,05	8,1	6,55	5,5
31				13,5	8,6	6,8	5,65
32				15,25	9,15	7,1	5,85
33					9,8	7,45	6,05
34					10,6	7,8	6,25
35					11,45	8,2	6,5
36					12,5	8,65	6,75
37					13,7	9,15	7
38					15,25	9,7	7,25
39						10,3	7,55
40						11,05	7,9
41						11,85	8,25
42						12,8	8,65
43						13,9	9,1
44						15,25	9,6
45							10,1
46							10,7
47							11,4
48							12,15
49							13,05
50							14,05
51							15,25

Figura 3.5 - 9



Ejemplo: Supongamos que en un punto de la vía se encuentra un colegio y que la velocidad de operación de los vehículos en la vía es de 50 km/h y que se requiere una disminución de velocidad a 30 km/h. La diferencia de velocidad (DV) es 20 km/h. Según Tabla 3.5 - 1, se requerirá demarcar 13 líneas con los espaciamentos decrecientes que en la primera columna se muestran. Ver Figura N°3.5 - 10

Figura 3.5 - 10

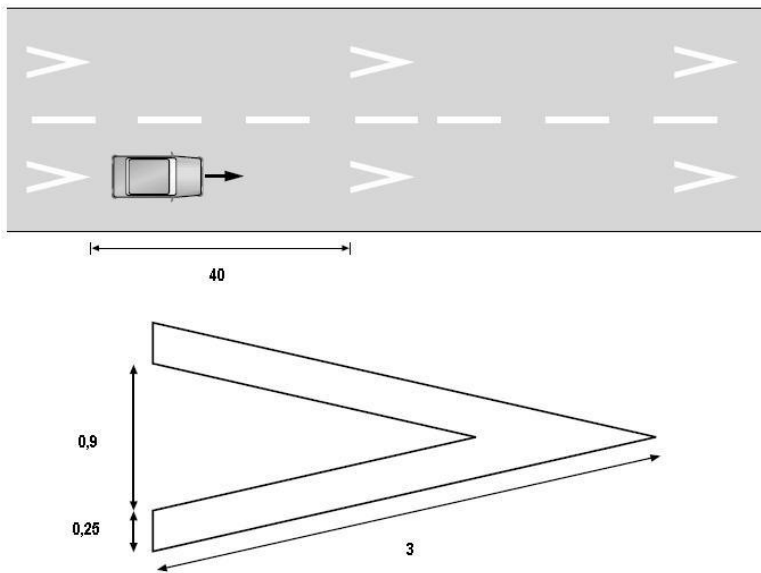


3.5.10 Distanciadores

Estas marcas se utilizan en autopistas y carreteras, para indicar al conductor la distancia al vehículo que lo antecede que le asegura contar con tiempo suficiente para reaccionar en caso que aquél se detenga o disminuya su velocidad en forma imprevista. Dicha distancia corresponde a la comprendida entre dos distanciadores consecutivos.

Su color es blanco, tienen la forma de una punta de flecha y se colocan en cada pista de circulación a una distancia entre sí de 40 m. Ver Figura 3.5 - 11.

Figura 3.5 - 11



Cotas en metros

3.5.11 Demarcación para Zonas de Niebla

Estas demarcaciones se utilizan en zonas de niebla frecuente para indicar a los conductores la velocidad máxima a la que debieran circular cuando la visibilidad se ve reducida por la niebla.

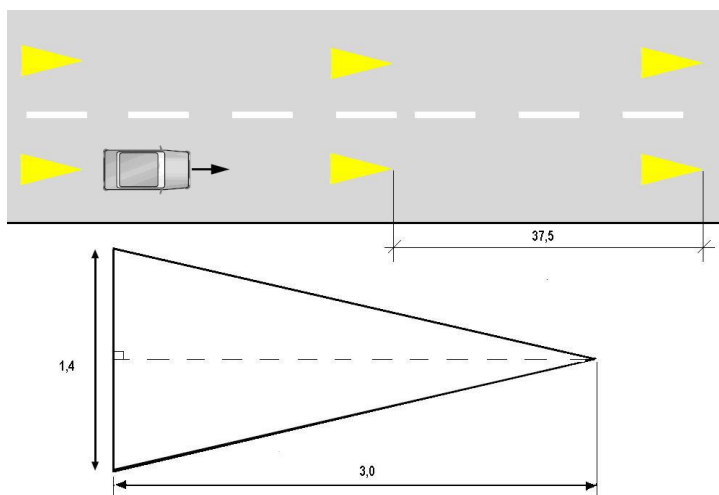
Cuando el conductor ve 2 triángulos su velocidad no debiera exceder de 60 km/h. Si sólo alcanza a ver un triángulo, la velocidad no debiera ser superior a 40 km/h.

Los distanciadores tienen la forma de un triángulo isósceles, de color amarillo, y se colocan en cada una de las pistas de circulación a una distancia entre sí de 37,5 m, como se muestra en la Figura 3.5 - 12. La cantidad de distanciadores dependerá de la extensión de la zona que suele verse afectada por la niebla.

La demarcación debe complementarse con una serie de señales verticales, mostradas en la Figura 3.5 - 13. La primera serie de éstas debe instalarse (señal I, II y III) antes de la zona de niebla, a unos 600 u 800 m del inicio de los distanciadores demarcados, separadas unos 150 m entre sí. La serie debe ser reiterada en el lugar donde comienzan los triángulos demarcados y, posteriormente, después de aproximadamente 1 a 1,5 km desde donde éstos comienzan. La ubicación de la tercera serie debe considerar la existencia de accesos a la ruta o camino. En el evento que dicha zona tenga una extensión superior a 3 km, la serie debiera ser nuevamente reiterada.

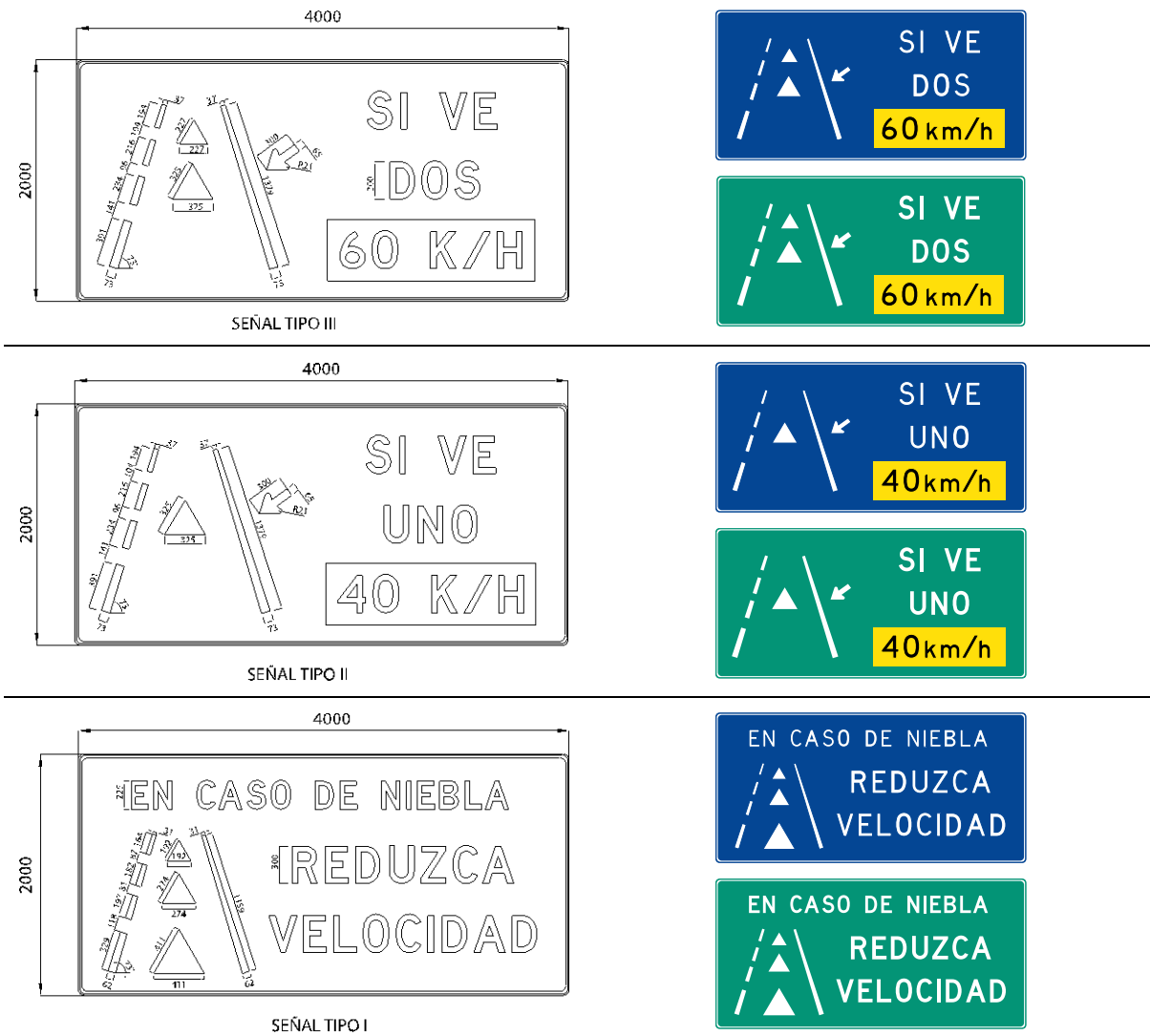
Al final del tramo con estas demarcaciones debe instalarse una señal VELOCIDAD MÁXIMA estableciendo el límite que en condiciones normales de circulación rige en el lugar.

Figura 3.5 - 12



Cotas en metros

Figura 3.5 - 13
Señales Informativas sobre Demarcación para Zonas de Niebla

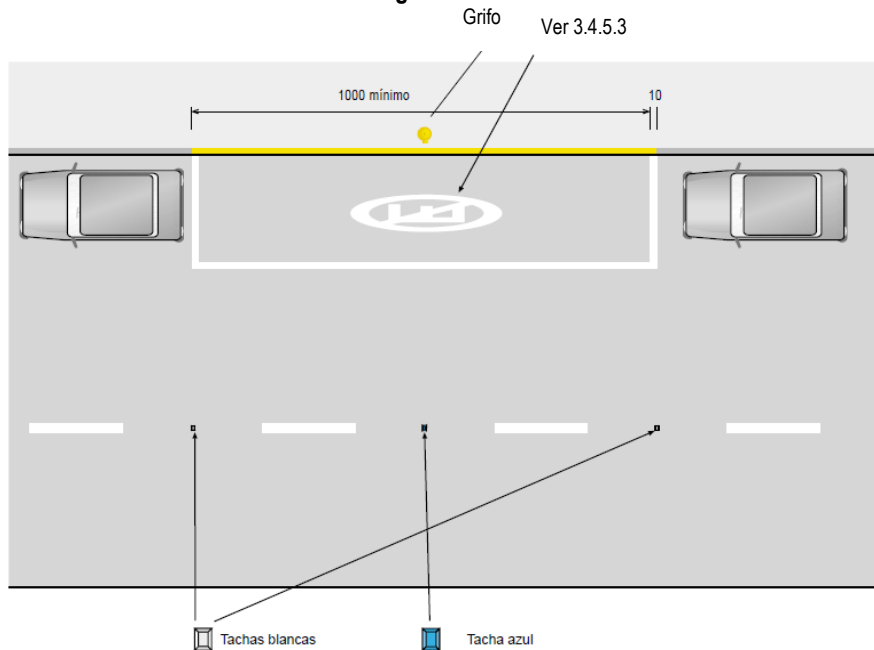


Cotas en milímetros

3.5.12 Indicadores de Grifo

Esta señal se utiliza para facilitar a Bomberos la ubicación de un grifo. Se trata de una demarcación elevada de color azul, instalada en el eje central de la vía frente al grifo. Ver Figura 3.5 - 14.

Figura 3.5 - 14



Cotas en centímetro

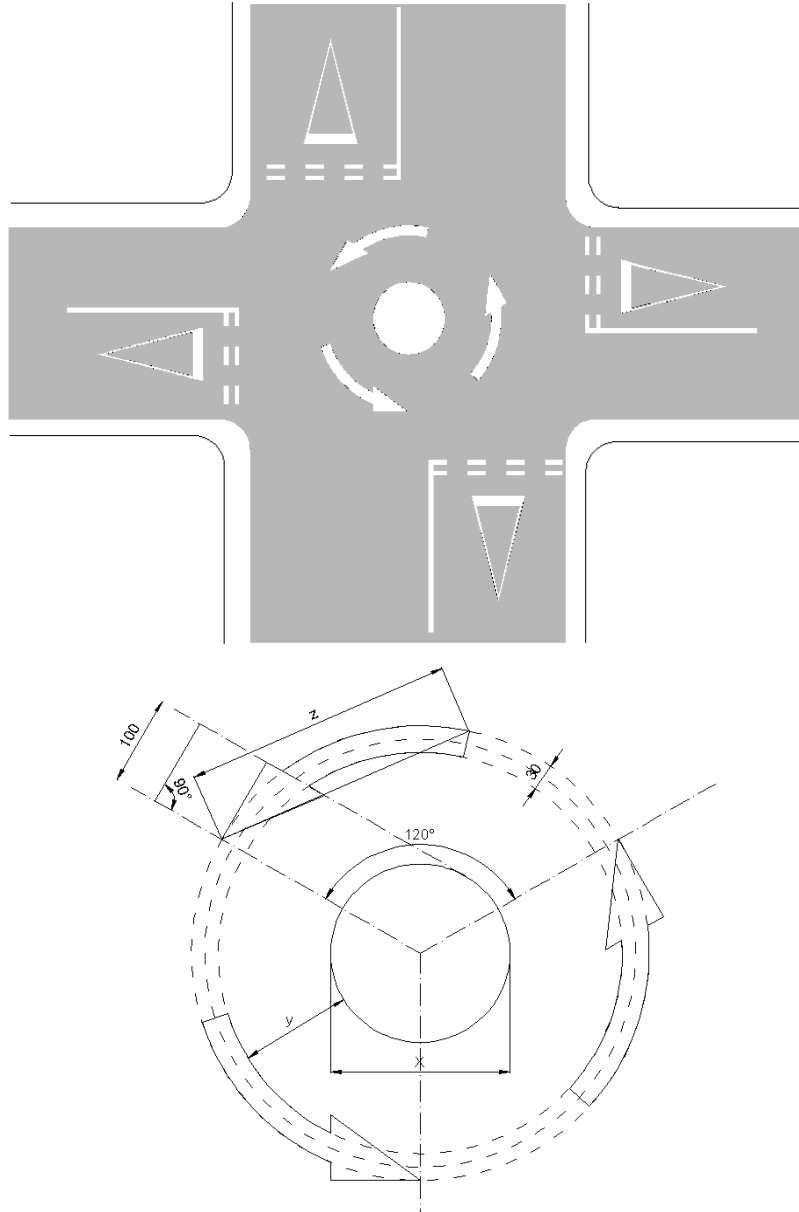
3.5.13 Demarcación de Minirrotondas

La demarcación de minirrotonda se utiliza para regular la circulación vehicular en una intersección de manera similar a cómo operan las rotondas.

La demarcación consiste en una isla central y flechas direccionales en el sentido de circulación. Tal como sucede con las rotondas, quienes acceden a la intersección carecen de prioridad, lo que debe estar demarcado y señalizado.

La isla central es de color blanco y su diámetro varía entre 1 y 4 m; las flechas también son de color blanco.

Figura 3.5 - 15



Cotas en centímetros

donde:

$$1,0 \text{ m} \leq X \leq 4,0 \text{ m}$$

$$1,25 \text{ m} \leq Y \leq 3,0 \text{ m}; \text{ en general, "Y" es aproximadamente igual a "X"}$$

$$z = 3,0 \text{ si } x \leq 2,5 \text{ m}$$

$$z = 4,5 \text{ si } 2,5 \text{ m} < x \leq 4,0 \text{ m}$$

CAPÍTULO 4

SEMÁFOROS

4	SEMÁFOROS	4—5
4.1	GENERALIDADES	4—5
4.1.1	Objetivos.....	4—5
4.1.2	Contexto del problema	4—5
4.2	JUSTIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN DE UN SEMÁFORO.....	4—7
4.2.1	Ventajas y desventajas de la semaforización de una intersección	4—7
4.2.2	Justificación en función de flujos vehiculares.....	4—11
4.2.3	Justificación en función de flujos peatonales	4—12
4.2.4	Justificación en función del nivel de accidentabilidad.....	4—13
4.2.5	Toma de datos y uso de datos estimados	4—13
4.2.6	Verificación del cumplimiento de los criterios de justificación.....	4—15
4.2.7	Análisis de casos especiales.....	4—15
4.2.8	Reporte del análisis de justificación de semáforo	4—17
4.3	CAPACIDAD DE INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	4—17
4.3.1	Modelo binario de descarga.....	4—18
4.3.2	Casos en que el flujo de saturación depende de la programación del semáforo.....	4—20
4.3.3	Efecto de la interferencia peatonal.....	4—26
4.4	ASPECTOS GENERALES DE LA PROGRAMACIÓN DE SEMÁFOROS	4—26
4.4.1	Variables de programación	4—26
4.4.2	Tipos de control.....	4—26
4.4.3	Contexto espacio-tiempo.....	4—27
4.4.4	Etapas de la programación	4—28
4.4.5	Programas computacionales recomendados	4—28
4.5	DISEÑO BÁSICO DE UN PLAN.....	4—29
4.5.1	Introducción	4—29
4.5.2	Movimientos.....	4—29
4.5.3	Fases	4—30
4.5.4	Entreverdes.....	4—35
4.5.5	Restricciones de la programación.....	4—37
4.6	INDICADORES DE RENDIMIENTO.....	4—38
4.6.1	Generalidades	4—38
4.6.2	Longitud de cola	4—38
4.6.3	Demoras.....	4—40
4.6.4	Detenciones	4—41
4.6.5	Indicador a nivel de movimiento	4—41
4.6.6	Indicador a nivel de intersección y de red.....	4—42
4.6.7	Capacidad de reserva	4—42
4.7	PLANES PREFIJADOS PARA SEMÁFOROS AISLADOS.....	4—42
4.7.1	Modelación y periodización.....	4—43
4.7.2	Simulación de la situación actual.....	4—43
4.7.3	Optimización de la programación	4—44
4.7.4	Reporte del proceso de optimización de programación de un semáforo aislado.....	4—50
4.7.5	Ejemplo de aplicación	4—50

4.8	PLANES PREFIJADOS PARA REDES DE SEMÁFOROS	4—55
4.8.1	Introducción	4—55
4.8.2	Modelación y conformación de redes de semáforos	4—55
4.8.3	Simulación de la situación actual.....	4—57
4.8.4	Optimización de la programación	4—57
4.8.5	Reporte del proceso de optimización de las programaciones de redes de semáforos.....	4—59
4.9	CONTROL DINÁMICO DE TRÁNSITO	4—60
4.9.1	Introducción	4—60
4.9.2	El sistema SCOOT.....	4—61
4.9.3	El sistema SCATS	4—62
4.9.4	Programación con sistemas de control dinámico.....	4—63
4.10	DISEÑO SEGURO PARA TODOS LOS USUARIOS	4—63
4.10.1	Diseño operativo de la intersección	4—64
4.10.2	Facilidades explícitas para peatones y ciclistas	4—64
4.10.3	Otras consideraciones.....	4—66
4.10.4	Ubicación de postes de semáforos	4—66
4.10.5	Configuración de postes y cabezales.....	4—76
4.11	IMPLEMENTACIÓN Y SINTONÍA FINA	4—77
4.11.1	Instalación de programaciones.....	4—78
4.11.2	Recopilación y análisis de información existente.....	4—78
4.11.3	Inspección general de terreno	4—79
4.11.4	Diagnóstico operacional y formulación de acciones.....	4—79
4.11.5	Ajustes a las programaciones en redes de semáforos	4—79
4.11.6	Ajustes de programaciones en intersecciones aisladas	4—81
4.11.7	Validación de ajustes de programaciones	4—81
4.11.8	Verificación de extensión y asimilación de períodos	4—81
4.11.9	Implementación de programaciones a nivel de controlador	4—82
4.11.10	Reporte de la implementación y sintonía fina de las programaciones.....	4—82
4.12	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS SEMAFÓRICOS	4—82

4 SEMÁFOROS

4.1 Generalidades

4.1.1 Objetivos

Este capítulo del Manual de Señalización de Tránsito trata sobre la regulación de tránsito en vías públicas mediante semáforos. El propósito fundamental de este documento técnico es lograr, a través del fiel cumplimiento de las normas que contiene, una completa uniformidad de la regulación de tránsito con semáforos en todo el territorio nacional. Para ello, además de entregar las especificaciones de los elementos semaforicos, se consignan los criterios técnicos que permiten conocer cuándo, dónde y cómo estos deben ser instalados y cómo deben funcionar.

El uso de semáforos en recintos privados de uso público puede considerarse lo indicado en este manual como una recomendación cuyo cumplimiento es deseable para mantener la consistencia y uniformidad con la regulación de las vías públicas.

Este documento contiene una serie de aspectos de carácter obligatorio para el proceso de análisis de justificación de instalación, definición de características funcionales y requisitos técnicos de los dispositivos semaforicos. Entrega también pautas para la disposición en terreno de esos dispositivos y los requisitos metodológicos para determinar la programación de semáforos aislados y aquellos que operan coordinados en una red. Por último, entrega requerimientos mínimos para las tareas de mantenimiento de los dispositivos y las programaciones.

En términos generales la semaforización de una intersección o cruce peatonal es la conclusión de un proceso de análisis de conflictos de tránsito y medidas alternativas a la semaforización, que permita concluir que la instalación de ese dispositivo es la solución más eficiente desde el punto de vista económico-social. Es fundamental la realización de un cuidadoso estudio de las causas de los conflictos y la aplicación de la experiencia del analista al momento de proponer opciones de solución y decidir si es conveniente la instalación.

A partir del análisis realizado debe generarse un informe de justificación de semáforo que debe ser presentado a la Unidad Operativa de Control de Tránsito (UOCT) para su análisis y aprobación cuando corresponda. No se puede instalar un semáforo en una vía pública sin contar con el correspondiente estudio de justificación aprobado.

La instalación de un semáforo, previamente justificado, se debe realizar de acuerdo con un proyecto de semaforización aprobado por la UOCT. La aprobación tendrá una vigencia de 1 año y debe considerar los requisitos y características indicadas en este manual y en Especificaciones Técnicas para la Instalación de Semáforos, Especificaciones Técnicas de Controladores de Tráfico, Especificaciones Técnicas de Módulos de Señales de Leds, Manual de Programación y Modelación de Semáforos y Manual de Mantenimiento de Semáforos y Actualización de Programaciones, todos ellos publicadas en www.uoct.cl. Si transcurrido ese plazo no se ha instalado el semáforo, se requerirá presentar nuevamente el proyecto para que sea visado por la UOCT. De la misma forma no se podrá instalar un semáforo provisorio, intervenir los elementos o las programaciones de un semáforo realizar tareas de mantenimiento, sin la autorización previa de la UOCT.

En cada uno de los casos mencionados previamente se deberá requerir la aprobación de la UOCT regional correspondiente al sitio analizado o bien de la UOCT de Santiago en caso de no existir dicha unidad regional o que se trate de una iniciativa localizada en la región Metropolitana.

4.1.2 Contexto del problema

La existencia de usuarios que circulan en distintas direcciones en las intersecciones o cruces peatonales genera conflictos entre ellos que deben ser regulados para mantener niveles aceptables de servicio y seguridad de tránsito.

En las intersecciones y cruces peatonales no semaforizados es posible identificar corrientes prioritarias y secundarias, donde las primeras tienen derecho preferente de paso sobre las segundas. De esta manera los usuarios de la corriente secundaria deben esperar que se produzca un intervalo de tiempo, o brecha, de extensión suficiente en la corriente prioritaria para poder cruzarla. Este valor se denomina brecha crítica y su magnitud depende de las características del usuario y de la longitud que debe cruzar. Por ejemplo, en el caso de los peatones, a medida que aumenta la edad de la persona la brecha crítica se incrementa, lo mismo ocurre si la vía que debe cruzar es más ancha.

El intervalo entre vehículos en la corriente prioritaria está sujeto a fluctuaciones aleatorias y sistemáticas y, por lo mismo, el proceso de cruce también tiene esas características. Las fluctuaciones aleatorias son las más

relevantes cuando el flujo prioritario es bajo en comparación con la capacidad de la vía, mientras que las sistemáticas son las relevantes para flujos cercanos a la capacidad.

La extensión promedio de los intervalos o brechas en una corriente está dada por el inverso del flujo, por ejemplo, una pista con un flujo de 360 veh/h tiene una brecha promedio de 10 segundos entre vehículos.

La espera de una brecha adecuada en la corriente prioritaria genera demoras a los usuarios de la vía secundaria. Si esa demora es excesiva los usuarios tienden a cruzar aunque las brechas no sean adecuadas, aceptando brechas menores a las que tienen al inicio del proceso de espera. Esto puede generar accidentes de tránsito que tienen un alto costo social y que por lo tanto deben evitarse tanto como sea posible.

A partir de lo anterior se pueden identificar distintas opciones para mejorar el funcionamiento de un cruce no semaforizado. Alternativas en este sentido son, por ejemplo, disminuir la velocidad en la vía prioritaria, acortar la distancia de cruce mediante angostamientos de la calzada o habilitar una isla peatonal que separe el cruce de peatones en dos etapas, cada una enfrentando a un flujo vehicular prioritario con distinto sentido en lugar de hacerlo simultáneamente con ambos sentidos. También es posible ajustar la programación de semáforos cercanos para inducir brechas adecuadas para los usuarios del acceso secundario.

Si no hay alternativas eficaces para mejorar la operación de un cruce de prioridad entonces la instalación de un semáforo puede ser una opción adecuada. Además de las mejoras en la seguridad de tránsito que generan, los semáforos, con un adecuado diseño físico-operativo de la intersección, son útiles para realizar distintas acciones de gestión de tránsito. Entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

- reforzar la jerarquía vial de una calle, definida en el respectivo instrumento de planificación territorial;
- entregar prioridad al transporte público, mediante el uso de pistas y cabezales especiales;
- generar facilidades de cruce para peatones y ciclistas;
- maximizar o limitar el flujo vehicular que sale de la intersección;
- administrar las colas vehiculares de manera que se reduzcan los efectos de bloqueos que ellas generan; y
- mejorar la capacidad de rotondas congestionadas.

No obstante la utilidad que puede tener la instalación de un semáforo, su funcionamiento producirá demoras a todos los usuarios del cruce producto de la alternancia del derecho preferente de paso de cada movimiento. En períodos de baja congestión y con flujos equilibrados por acceso la demora media vehicular en un cruce semaforizado puede aproximarse por un valor mayor a 30% y menor a 40% del tiempo de rojo. Por ejemplo, asumiendo un tiempo de ciclo de 60 segundos y repartos iguales entre dos fases la demora media tendrá un valor entre 9 y 11 segundos aproximadamente. Demoras de esa magnitud corresponden a valores bajos que se pueden incrementar significativamente si aumenta el nivel de congestión o simplemente si una de las fases recibe una menor proporción de tiempo de verde.

Por lo tanto, desde el punto de vista económico-social, el análisis de justificación de la semaforización sólo tiene sentido cuando la demora de los usuarios en la situación sin semáforo es superior a la demora mínima que producirá el semáforo. La pregunta es entonces qué magnitud de la demora por sobre el valor mínimo indicado previamente justifica económicamente la semaforización, teniendo en cuenta la inversión y el costo de mantenimiento del semáforo.

Los análisis indican que solamente en casos muy excepcionales se justificaría la instalación al realizar el balance entre el costo social de la variación de las demoras y el costo social de la semaforización. No obstante, y ésta es una de las claves del análisis, antes de alcanzar un estado de operación que justifique la instalación con el criterio económico-social señalado, algunos usuarios experimentarán demoras excesivas que podrían fomentar la ocurrencia de accidentes cuyos costos sociales son significativos.

Se establece de esta manera la necesidad de definir un estándar mínimo de servicio asociado a demoras, a partir del cual es conveniente la semaforización para así evitar la ocurrencia de accidentes, pero siempre que otras opciones de menor costo hayan resultado ineficaces.

Es fundamental también considerar aquellos casos en que existan demoras razonables pero niveles de accidentabilidad elevados. Ante esas situaciones, y comprobada la ineficacia de otros mejoramientos, la semaforización también es una opción adecuada dado que los semáforos reducen los accidentes más graves y costosos.

Los criterios para estudiar la conveniencia de instalar un semáforo que se presentan en este capítulo del Manual de Señalización de Tránsito se basan, por lo tanto, en el análisis de demoras y accidentabilidad.

4.2 Justificación de la instalación de un semáforo

4.2.1 Ventajas y desventajas de la semaforización de una intersección

4.2.1.1 Aspectos generales

La semaforización de una intersección o cruce peatonal es habitualmente vista como la única o más efectiva alternativa para enfrentar problemas de congestión o seguridad de tránsito y, por lo mismo, su uso ha sido indiscriminado, aplicándola a casos donde los conflictos podrían haberse resuelto con otro tipo de medidas de menor costo pero igualmente eficaces. Es importante entonces conocer las ventajas y desventajas que tienen las intersecciones de prioridad en comparación con las semaforizadas.

Las ventajas del uso de un semáforo en comparación con la regulación con señal de prioridad son las siguientes:

- aumento de la seguridad de tránsito producto de la disminución de accidentes entre vehículos con distinta dirección de circulación, que generalmente son los de mayor gravedad;
- disminución de conflictos entre usuarios de las vías prioritaria y secundaria al entregar derecho preferente de paso a todos ellos de forma alternada, incluyendo la entrega de facilidades especiales a peatones y ciclistas;
- disminución de demoras de los conductores y pasajeros de la vía secundaria a partir de ciertos niveles de flujo prioritario;
- disminución de demoras para peatones que enfrentan flujos vehiculares elevados;
- posibilidad de coordinar la operación del semáforo con otros cercanos para influir en la velocidad y progresión del tráfico vehicular; y
- menor uso de espacio vial en comparación con la regulación mediante rotonda.

Las desventajas de la semaforización en comparación con la regulación con señal de prioridad pueden resumirse en:

- incremento de colisiones de vehículos en la misma dirección de circulación;
- incremento de demoras y detenciones de los usuarios de la vía prioritaria, independiente de los niveles de flujo existentes en la vía secundaria o prioritaria;
- incremento, en la mayoría de los casos, de las demoras totales de conductores, pasajeros y peatones, este incremento es mayor en la medida en que la programación del semáforo no es la óptima y los niveles de demanda son bajos; y
- existencia de costos de mantenimiento periódico de los equipos semafóricos y sistemas adicionales y de actualización de programaciones, mientras la intersección permanezca semaforizada.

Lo anterior da pie a la necesidad de estudiar soluciones alternativas que siendo eficaces en resolver los conflictos tengan menos efectos negativos o sean de menor costo, como se describe a continuación.

4.2.1.2 Soluciones alternativas a la semaforización

El objetivo de esta sección es entregar pautas y criterios para que durante el estudio de los conflictos de tránsito y sus posibles soluciones se analicen las opciones disponibles y se comparen sus efectos con los de la semaforización. Este análisis es obligatorio como etapa inicial del estudio de justificación del semáforo requerido por la Unidad Operativa de Control de Tránsito (UOCT) para autorizar su instalación.

En general, los conflictos entre los usuarios de la vialidad se pueden regular mediante distintos dispositivos:

- regulación con señal de prioridad;
- regulación con semáforo; y
- regulación a través de eliminación de conflictos, por ejemplo, con pasos a distinto nivel.

Es admisible también la ausencia de regulación explícita, en cuyo caso aplican reglas generales de prioridad, como por ejemplo, la prioridad del vehículo que se aproxima por la derecha.

Junto con establecer alguna de las regulaciones mencionadas es necesario que se verifiquen una serie de condiciones para que la regulación sea efectiva. En ciertos casos, cuando se dispone la regulación con señal de prioridad, esas condiciones no se cumplen y por esa razón, entre otras, se observan situaciones conflictivas que motivan el estudio de una regulación con semáforo; por ejemplo, la instalación de un paso de cebra en una vía que tiene una velocidad de operación elevada. En la medida que se realicen mejoras que generen las condiciones operativas y de seguridad de tránsito adecuadas, la necesidad de semaforizar podría eliminarse o postergarse.

Cuando una intersección está regulada por una señal de prioridad o cuando se habilita un cruce peatonal es necesario que se cumplan las siguientes condiciones:

- a) Adecuada visibilidad: los conductores deben advertir la existencia de la señal de prioridad o el cruce peatonal a una distancia igual o superior a la distancia de parada correspondiente a la velocidad de aproximación, estado del pavimento y otras características que determinen dicha distancia. Los peatones deben tener una visibilidad adecuada en todas las direcciones por las que se aproximen los vehículos. La visibilidad adecuada debe verificarse durante el día y la noche.
- b) Efectivo control de la velocidad de los vehículos: si los vehículos se desplazan a velocidades demasiado altas para reaccionar a tiempo ante una señal de prioridad o cruce peatonal se incrementa significativamente la posibilidad de accidentes. La instalación de señales de velocidad máxima permitida es una medida que no es suficiente para evitar esa situación y es necesario entonces implementar otras medidas que aquieten el tránsito.
- c) Diseño que incluya facilidades para los usuarios más vulnerables: el diseño físico-operativo de la intersección o cruce peatonal debe incorporar características que tengan en cuenta las necesidades operativas y de seguridad de peatones, ciclistas y personas con movilidad reducida. El diseño, la señalización y otros dispositivos ad-hoc (rebajes de solera, vallas peatonales, sendas táctiles para personas con discapacidad visual) debe inducir a estos usuarios a circular por los lugares más seguros.
- d) Diseño acorde con los requerimientos de capacidad de cada movimiento vehicular y con mínimos conflictos entre ellos y con los peatones: en función de la magnitud del flujo vehicular y los movimientos existentes en el cruce se debe, por ejemplo, canalizar movimientos, generar pistas exclusivas de viraje, desplazar cruces peatonales, prohibir algunos movimientos (disponiendo una alternativa razonable de recorrido para vehículos y peatones) u otras medidas que permitan un uso más adecuado de la capacidad y disminuyan los conflictos entre usuarios.

A partir de las condiciones anteriores y como resultado del cuidadoso estudio de la problemática existente en la intersección de prioridad o cruce peatonal, se debe establecer si existen deficiencias operativas o de seguridad de tránsito que requieren ser superadas antes de realizar el análisis de semaforización.

Existen una serie de recomendaciones de medidas para analizar y tratar situaciones problemáticas, además de algunas disposiciones reglamentarias que deben cumplirse obligatoriamente.

En el ámbito de las recomendaciones se pueden mencionar los siguientes documentos:

- a) Manual de Vialidad Urbana Capítulo 3: Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Infraestructura Vial Urbana (Redevu). Ministerio de Vivienda y Urbanismo, División de Desarrollo Urbano.
- b) Tratamiento de Puntos Negros con Medidas Correctivas de Bajo Costo. Secretaría Ejecutiva de la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (Conaset).
- c) Manual de Diseño y Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana (Mespivu). Secretaría de Planificación de Transporte (Sectra).

En el caso de las disposiciones reglamentarias se pueden mencionar las siguientes:

- a) Manual de Señalización de Tránsito, Capítulo 2: Señales Verticales. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
- b) Manual de Señalización de Tránsito, Capítulo 3: Demarcaciones. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
- c) Manual de Señalización de Tránsito, Capítulo 6: Facilidades Explícitas para Peatones y Ciclistas. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
- d) Manual de Señalización de Tránsito, Capítulo 7: Elementos de apoyo permanente. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

e) Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC). Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

En todos los casos se deben utilizar las últimas versiones de cada documento o aquel que lo reemplace. Las recomendaciones y normas incluidas en estos documentos son una fuente de valiosa información para abordar los conflictos operativos y de seguridad de tránsito y, por lo tanto, siempre deben ser consultados al momento de proponer soluciones.

Es parte del estudio de justificación de semáforo el reporte del análisis de conflictos y los resultados obtenidos con la implementación de las soluciones alternativas, de manera que se demuestre que la semaforización es la solución que corresponde analizar frente a la insuficiencia de las alternativas probadas.

El análisis de conflictos de tránsito y su solución mediante señales de tránsito, pistas exclusivas, semáforos, etc., es parte del proceso de diseño operativo de las vías y cruces, y es un aspecto fundamental del desarrollo de un proyecto de inversión en transporte. Este tema se trata con mayor detalle en la sección 4.10 de este documento.

En el proceso de diseño operativo debe considerarse que la semaforización tiene un costo de inversión y mantenimiento considerables y que, por lo mismo, las soluciones alternativas pueden implicar inversiones relativamente elevadas y aun así ser más eficientes en el mediano plazo que la semaforización.

Algunos ejemplos de formas alternativas para regular algunos conflictos son las siguientes:

- Mediante el ajuste de la programación de los semáforos cercanos a la intersección o cruce peatonal de interés es posible inducir un patrón de llegada de los vehículos que produzca brechas más adecuadas para las maniobras de los usuarios que no tienen derecho preferente de paso en ese lugar. Opciones en este sentido son el uso de ciclo doble, tiempos de ciclo más cortos y ajustes en los desfases, siempre que no se generen efectos negativos significativos en la operación de la red de semáforos en la que estén insertos esos dispositivos. En la sección 4.2.7.1 se trata en detalle este caso.
- Movimientos vehiculares de viraje con una magnitud importante y que enfrentan movimientos prioritarios elevados pueden ser tratados con la implementación de pistas exclusivas de viraje con longitudes suficientes para las demandas existentes y reguladas con señal de prioridad.
- La provisión de una isla peatonal (o bien una mediana o bandejón) o el angostamiento de la calzada pueden ser medidas muy efectivas para disminuir la demora de los peatones o disminuir el número de atropellos.
- Una intersección de prioridad donde existe un alto porcentaje de virajes a la izquierda, muchos movimientos permitidos, accidentabilidad elevada o donde se quiere permitir los virajes en “U”, puede ser controlada de manera eficiente y segura a través de la implementación de una rotonda o mini-rotonda, adecuadamente diseñada desde el punto de vista geométrico y de su capacidad y, particularmente, teniendo en cuenta los efectos en la seguridad y el recorrido de los peatones.

Hasta ahora la experiencia en Chile en el uso de rotondas no ha sido buena porque salvo excepciones han sido mal diseñadas, generando en la práctica un grupo compacto de intersecciones en “T” en vez de una rotonda. La experiencia internacional muestra, por el contrario, un creciente interés en su uso porque los estudios indican que al reemplazar una intersección de prioridad por una rotonda, bien diseñada, disminuye en un 30% el total de accidentes y en un 80% los accidentes con lesionados y fallecidos; con igual o mejor capacidad vehicular¹.

Un aspecto relevante para estudiar la factibilidad del uso de rotondas como alternativa a la semaforización es el espacio requerido para habilitarlas. Las rotondas en general requieren mayor espacio que una intersección típica de prioridad o semaforizada, sin embargo esa diferencia disminuye considerablemente en el caso de las mini-rotondas o las rotondas con accesos de una pista. El cuadro siguiente muestra valores típicos del diámetro de distintos tipos de rotonda en función de la longitud de los vehículos que pueden circular por ellas, se indica además la velocidad de diseño máxima recomendada.

¹Existen guías de diseño que tratan sobre rotondas en aspectos de diseño, seguridad de tránsito, capacidad, etc., una de ellas es “Roundabouts: An Informational Guide, Second Edition” National Cooperative Highway Research, NCHRP Report 672, disponible en internet. Lo que se reporta en este punto se extrajo principalmente de ese documento.

Cuadro 4-1 Características de diferentes tipos de rotonda

Configuración-nº pistas en accesos	Diámetro típico (m)*	Longitud máxima de vehículos que pueden circular (m)	Velocidad de diseño máxima (km/h)
Mini rotonda-1 pista	14 a 27	9 (camión simple)	30
Rotonda-1 pista	27 a 55	12 (bus) a 22,4 (camión articulado)	40
Rotonda-2 pistas	46 a 67	17 a 22,4 (camiones articulados)	40 a 50
Rotonda-3 pistas	61 a 91	17 a 22,4 (camiones articulados)	40 a 50

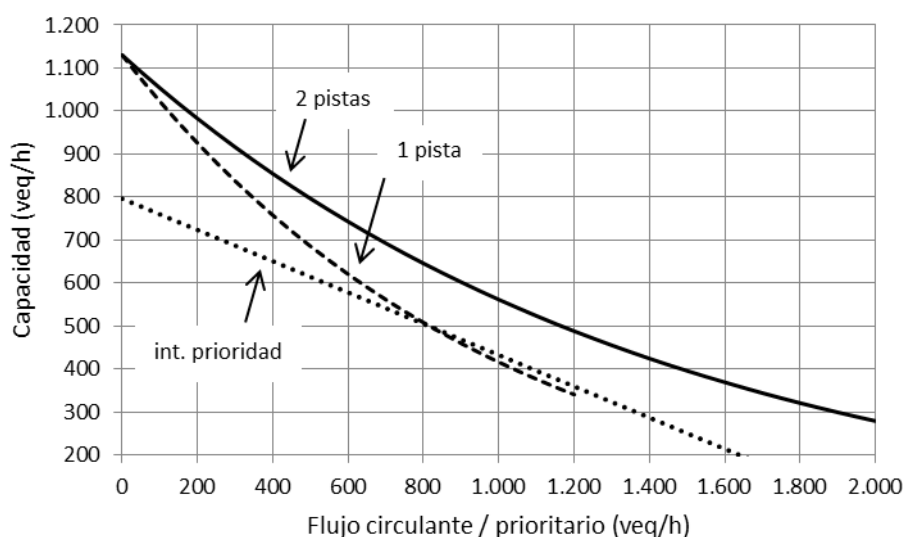
(*) considera hasta 4 accesos a la rotonda

Las velocidades de diseño indicadas en el Cuadro 4-1 son compatibles con aquellas definidas en la OGUC para vías clasificadas como troncal, colector, de servicio o local y, por lo tanto, desde ese punto de vista las rotondas son una alternativa factible para regular las intersecciones en la mayoría de las vías urbanas.

La capacidad vehicular es otro factor determinante en el análisis de las rotondas como alternativa a la semaforización. En una rotonda bien diseñada cada movimiento de ingreso a ella tiene más capacidad que el viraje a la derecha en una intersección de prioridad tradicional (ese es el movimiento con más capacidad). La Figura 4-1 muestra la capacidad de ingreso a la rotonda en función del flujo vehicular prioritario frente al respectivo acceso (flujo circulante) y su comparación con la capacidad del viraje a la derecha para el mismo flujo prioritario en una intersección de prioridad. Tanto la capacidad como el flujo prioritario se expresan en vehículos equivalentes por hora.

Cuando se quiere analizar la conversión de una intersección de prioridad en rotonda, el flujo circulante se obtiene a partir de flujos medidos por tipo de vehículo y movimiento que luego se suman convenientemente para determinar su magnitud frente a cada acceso de la futura rotonda.

Figura 4-1 Capacidad de los accesos de una rotonda y del viraje a la derecha en una intersección de prioridad (veq/h)



En la Figura 4-1 las líneas segmentada y sólida corresponden a la capacidad de cada movimiento (pista) de ingreso a la rotonda cuando ésta dispone de 1 o 2 pistas de circulación (giro), respectivamente.

La presencia de pasos peatonales en los accesos a una rotonda disminuye su capacidad hasta en 20% cuando el flujo circulante es bajo; por el contrario, si el flujo circulante se incrementa entonces esa reducción disminuye hasta llegar a cero pues en ese caso los peatones pueden cruzar mientras los vehículos esperan que se produzca una brecha adecuada en el flujo vehicular circulante. Lo mismo ocurre en una intersección de prioridad. La rotonda debe diseñarse de modo que el grado de saturación máximo de los distintos accesos sea menor a 85%.

Cuando se demuestre que las medidas alternativas a la semaforización no resuelven adecuadamente los conflictos operativos o de seguridad de tránsito existentes se puede iniciar el estudio de justificación mediante el cual se determinará si se cumplen las condiciones mínimas para establecer si la semaforización es una opción adecuada.

La adecuación tiene relación con los niveles de actividad (flujos) y accidentabilidad en el sitio analizado pues en determinadas circunstancias la semaforización podría generar una operación con un mayor consumo de recursos sociales en comparación con la regulación sin semáforo. En términos generales, la semaforización genera más beneficios mientras mayores sean los niveles de tránsito y/o accidentabilidad. En caso contrario es preferible una regulación sin semáforo pero adecuadamente diseñada.

4.2.2 Justificación en función de flujos vehiculares

De acuerdo con lo señalado previamente, es necesario establecer procedimientos para determinar a priori si la semaforización tiene sentido desde el punto de vista operativo y de seguridad de tránsito. El procedimiento incluido en este capítulo del Manual de Señalización de Tránsito se basa en un conjunto de criterios de justificación de semáforo que están referidos a las siguientes variables:

- a) flujos vehiculares y peatonales en las horas de mayor demanda;
- b) nivel de accidentabilidad;
- c) magnitud de las demoras de los usuarios; y
- d) otras consideraciones que aplican a casos especiales.

La instalación de un semáforo está justificada si cualquiera de los criterios definidos se cumple según los procedimientos de verificación que se indican más adelante.

No obstante lo anterior, el cumplimiento de uno o varios criterios de justificación no significa que sea obligatoria la instalación del semáforo. La instalación se concretará cuando, además, el análisis de opciones indique que no hay una mejor alternativa para manejar los conflictos de tránsito, que sea efectiva y de menor costo. En este sentido, siempre se debe aplicar la experiencia y criterio del especialista para tener en cuenta particularidades de cada situación que sean relevantes, las cuales deben reportarse como antecedentes adicionales en el estudio de justificación de semáforo.

El funcionamiento de un semáforo produce detenciones obligadas a todos los usuarios durante determinados lapsos de tiempo, pues cuando una intersección de prioridad se convierte en una semaforizada los usuarios de la vía prioritaria necesariamente verán empeorada su situación, mientras que los de la vía secundaria posiblemente la verán mejorada. Para lograr que a nivel global se alcance con el semáforo una situación operativa mejor que la de la situación sin semáforo, se requiere, generalmente, que la vía secundaria presente inicialmente niveles inadmisibles de congestión.

Por lo anterior, la justificación de semáforos en función de flujos vehiculares se basa en identificar umbrales que garanticen una operación lo más eficiente posible, en el sentido de que el consumo global de recursos no se incremente en demasía, pero sujeta a que todos los usuarios experimenten demoras razonables.

Se distinguen dos alternativas de justificación según el número de horas analizadas de un día representativo, como se explica a continuación.

4.2.2.1 Justificación con flujos de 8 horas

Se justifica la instalación de un semáforo cuando el número de vehículos por hora que llegan a la intersección a través de los accesos de las vías prioritaria y secundaria en cada una de las 8 horas con mayor tránsito, de un día representativo de una semana tipo (ver sección 4.2.5), igualen o superen los umbrales que se indican en el siguiente cuadro.

Cuadro 4-2 Umbrales para justificación con flujos de 8 horas

Número de pistas por calzada de ingreso a la intersección		Flujo vehicular mínimo (veh/h) que llega a la intersección	
Vía principal	Vía secundaria	Suma de ambos accesos en la vía principal	Acceso con mayor flujo en la vía secundaria
1	1	750	230
2 o más	1	760	190
2 o más	2 o más	850	280
1	2 o más	840	280

Al verificar las condiciones del cuadro anterior los flujos vehiculares de las vías principal y secundaria deben corresponder a las mismas 8 horas. En la vía secundaria el acceso con mayor flujo debe determinarse por separado para cada hora y, en consecuencia, el valor más alto puede ocurrir en distintos accesos durante las horas analizadas.

Este criterio de 8 horas es recomendable para casos donde la actividad vehicular es importante durante gran parte del día, y que generalmente corresponden a intersecciones en zonas donde se concentran los equipamientos de servicios y comercio de la ciudad o de un sector de ella.

Cuando este criterio se verifique se puede asumir que la instalación del semáforo, con una programación óptima, genera una situación en la que todos los usuarios experimentan demoras razonables.

En la sección 4.2.6 se indican pautas para aplicar este criterio y en la sección 4.2.7 se entregan recomendaciones para tratar situaciones especiales que pueden ocurrir.

4.2.2.2 Justificación con flujos de 4 horas

Se justifica la instalación de un semáforo cuando el número de vehículos por hora que llegan a la intersección a través de los accesos de las vías prioritaria y secundaria en cada una de las 4 horas con mayor tránsito, de un día representativo de una semana tipo (ver sección 4.2.5), igualen o superen los umbrales que se indican en el siguiente cuadro.

Cuadro 4-3 Umbrales para justificación con flujos de 4 horas

Número de pistas por calzada de ingreso a la intersección		Flujo vehicular mínimo (veh/h) que llega a la intersección	
Vía principal	Vía secundaria	Suma de ambos accesos en la vía principal	Acceso con mayor flujo en la vía secundaria
1	1	850	260
2 o más	1	920	230
2 o más	2 o más	1.010	340
1	2 o más	1.000	330

Al verificar las condiciones del cuadro anterior los flujos vehiculares de las vías principal y secundaria deben corresponder a las mismas 4 horas. En la vía secundaria el acceso con mayor flujo debe determinarse por separado para cada hora y, en consecuencia, el valor más alto puede ocurrir en distintos accesos durante las horas analizadas.

Este criterio es recomendable para casos donde la actividad vehicular es importante solamente durante un número reducido de horas del día, los que típicamente corresponden a intersecciones en sectores residenciales, industriales, de expansión urbana o zonas de paso para desplazamientos hacia y desde los principales centros de atracción o generación de viajes de la ciudad o de un sector de ella.

Cuando este criterio se verifique se puede asumir que la instalación del semáforo, con una programación óptima, genera una situación en la que todos los usuarios experimentarán demoras razonables.

Cuando la justificación ocurra sólo por este criterio, el semáforo que se instale debe ser actuado por los flujos vehiculares del acceso secundario y por los peatones que cruzan la vía principal.

En la sección 4.2.6 se indican pautas para aplicar este criterio y en la sección 4.2.7 se entregan recomendaciones para tratar situaciones especiales que pueden ocurrir.

Es necesario aplicar la experiencia del analista para tener en cuenta particularidades de cada situación, las cuales deben reportarse como antecedentes adicionales en el estudio de justificación de semáforo.

4.2.3 Justificación en función de flujos peatonales

Se justifica la instalación de un semáforo en una intersección o en un cruce peatonal en un tramo de vía cuando el indicador PV^2 , que mezcla el nivel de actividad peatonal (P) con el flujo vehicular (V) que enfrentan los peatones por unidad de tiempo, cumpla las condiciones establecidas en el siguiente cuadro, como promedio en las 4 horas de mayor actividad de un día representativo de la semana tipo (ver sección 4.2.5).

Cuadro 4-4 Umbrales para el indicador PV²

PV ²	P (peat/h)	V(veh/h)	Recomendación preliminar
Sobre 10 ⁸ y si no es posible la provisión de una zona de protección peatonal en la calzada	50 a 1.100	300 a 500	Paso de Cebra
	50 a 1.100	sobre 500	Semáforo peatonal
	sobre 1.100	sobre 300	Semáforo peatonal
Sobre 2x10 ⁸ y existe o es necesaria la provisión de una zona de protección peatonal en la calzada	50 a 1.100	400 a 750	Paso de Cebra con isla o refugio peatonal
	50 a 1.100	sobre 750	Doble semáforo peatonal con refugio peatonal (semáforo desfasado)
	sobre 1.100	sobre 400	Doble semáforo peatonal con refugio peatonal (semáforo desfasado)

En la sección 4.2.6 se indican pautas para aplicar este criterio y en la sección 4.2.7 se entregan recomendaciones para tratar situaciones especiales que pueden ocurrir.

Este criterio de justificación no puede aplicarse si la distancia del sitio analizado a la intersección semaforizada, cruce peatonal u otra facilidad peatonal más cercana es menor a 80 m.

Si se justifica la instalación de un semáforo en una intersección únicamente por este criterio entonces se debe analizar el lugar, los conflictos que se producen y los tiempos de espera resultantes para determinar si es necesario que el semáforo opere actuado o no. En el primer caso es necesario establecer la configuración más adecuada de espiras detectoras de vehículos y botoneras peatonales, de manera que se logren demoras aceptables y condiciones seguras de cruce para todos los usuarios. Por ejemplo, podrían instalarse espiras en la vía menor flujo vehicular y botoneras para el cruce de la vía con mayor flujo vehicular, que activen la respectiva fase del semáforo.

Si se justifica la instalación en un tramo de vía el semáforo necesariamente debe ser actuado e incluir la instalación, por defecto, de botoneras o algún otro elemento que active la fase peatonal.

4.2.4 Justificación en función del nivel de accidentabilidad

Se justifica la instalación de un semáforo cuando en la intersección o cruce peatonal analizado se haya producido al menos una de las siguientes condiciones:

- a) 2 o más personas fallecidas en los últimos 5 años; o
- b) 5 o más accidentes con lesionados, cualquiera sea su gravedad, como promedio anual durante los últimos 5 años.

En ambos casos deben considerarse solamente los accidentes de tránsito que puedan ser reducidos con la instalación de un semáforo² y que hayan ocurrido en condiciones de circulación normales. En la sección 4.2.5 se indican las fuentes de información de accidentes de tránsito que deben utilizarse para estudiar el cumplimiento de este criterio.

Cuando se verifique este criterio se puede asumir que la instalación del semáforo genera una disminución de los accidentes, típicamente los de mayor gravedad, cuyo valor social iguala o supera el costo social de inversión y mantenimiento del semáforo en un período de 10 años.

4.2.5 Toma de datos y uso de datos estimados

En función del criterio de justificación que se analice deben recogerse distintos antecedentes de flujos o accidentabilidad, ya sea de mediciones propias del estudio de justificación, información oficial existente, o bien tomados de estimaciones de estudios de transporte previamente realizados.

² Utilizando información reportada en la literatura especializada, se consideró que un semáforo reduce en un 31% el número de accidentes.

Para analizar el criterio de la sección 4.2.4 la información de accidentabilidad debe ser aquella registrada en la unidad de Carabineros de Chile correspondiente al sitio analizado; la que esté reportada en el sistema de registro de accidentes de tránsito que maneja dicha institución y al cual tiene acceso la Secretaría Ejecutiva de la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET); o bien otra fuente de información oficial a falta de las anteriores.

Los accidentes que deben utilizarse para el análisis de justificación son los que pueden reducirse con la instalación del semáforo. En general, esos accidentes corresponden a colisiones entre vehículos con distinta dirección y atropellos en cruces peatonales. No pueden incluirse accidentes donde estén involucradas personas en estado de ebriedad o bajo el efecto de drogas. En caso de dudas se debe acordar con la UOCT cuáles son los accidentes que pueden incluirse en el análisis.

Para el análisis de los criterios de las secciones 4.2.2 y 4.2.3 los datos de flujos se expresan siempre en vehículos o peatones (incluyendo ciclistas³) por hora, sin aplicar factores de equivalencia por tipo de vehículo ni movimiento u otra circunstancia.

Por otro lado, y dado que los flujos vehiculares y peatonales (o las demoras, para el tratamiento de los casos señalados en la sección 4.2.7) están sujetos a fluctuaciones aleatorias y sistemáticas, puede ocurrir que con mediciones de un cierto día se cumpla un criterio de justificación y eso no ocurra con mediciones de otro día. Por esta razón la toma de datos para los criterios de las secciones 4.2.2 y 4.2.3 debe seguir el siguiente procedimiento.

1. En función del criterio de justificación que se analice deben identificarse las variables a medir a partir de lo indicado en las secciones 4.2.2 y 4.2.3. Las mediciones deben realizarse en una semana tipo, según la definición del MESPIVU, durante 2 días laborales entre martes y jueves que no estén afectados por días feriados o eventos especiales. Se recomienda medir en días que no sean consecutivos o que sean de distintas semanas. Los valores de flujos (o demoras) que se obtengan deben ser promediados en intervalos de 15 minutos para generar un único conjunto de datos por cada movimiento. Esos valores deben ser agregados por acceso según lo indique el criterio analizado.

Para los criterios de la sección 4.2.2 las mediciones de flujos se deben realizar durante al menos 10 horas/día para el criterio de 8 horas o 6 horas/día para el criterio de 4 horas, y en función de los datos seleccionar las horas (4 lapsos consecutivos de 15 minutos) de mayor flujo vehicular. Para el criterio de la sección 4.2.3 las mediciones se deben realizar durante al menos 6 horas/día y luego seleccionar las horas de mayor actividad vehicular-peatonal como se explica en la sección 4.2.6.

Los días de medición no deben estar afectados por situaciones climáticas poco habituales en el sitio de estudio. Por ejemplo, durante el invierno una lluvia moderada es un evento poco habitual en la zona centro-norte del país, pero es común en la zona sur: en el primer caso no sería correcto realizar la medición, pero sí lo es en el segundo. De acuerdo con lo anterior, la forma de proceder frente a determinadas condiciones climáticas debe ser consultada y acordada previamente con la UOCT.

2. Con los antecedentes recopilados se procede a revisar el cumplimiento del(los) criterio(s) en estudio y determinar la necesidad de llevar a cabo mediciones adicionales frente a dudas sobre el cumplimiento de todos o alguno de ellos, tal como se indica a continuación:
 - a) Si el análisis de verificación de un criterio de justificación muestra que éste se cumple por un margen de más de 15% de los umbrales definidos entonces se dirá que se verifica con certeza y, por lo tanto, no se requieren mediciones adicionales.
 - b) Si el criterio se cumple o no se cumple por un margen en valor absoluto menor a 15% de los umbrales correspondientes entonces se debe concluir que existen dudas sobre su cumplimiento y es necesario realizar una nueva medición en otro día entre martes y jueves representativo de la semana tipo, que se promedia en intervalos de 15 minutos con los datos de los otros 2 días. Si con los valores promedio resultantes se cumple la condición señalada en a) entonces se concluye que el criterio se verifica, en caso contrario se deben analizar las condiciones del caso c) siguiente.
 - c) Cuando se realice la medición adicional señalada en b) y aún persistan las dudas sobre el cumplimiento del criterio analizado (15% de tolerancia), la UOCT decidirá fundadamente el resultado del cumplimiento del criterio teniendo a la vista los antecedentes del estudio de justificación y otros que sean relevantes. En este sentido una opción es el requerimiento de una cuarta medición.

³ Para fines de justificación de semáforos los ciclistas se consideran como peatones.

- d) En ciudades donde ocurren incrementos significativos del tráfico en determinadas épocas del año, las mediciones se deben realizar en días representativos de cada temporada definida de acuerdo con el MESPIVU. La verificación del cumplimiento en cada temporada se debe realizar como se indica en los puntos a), b) y c) previos. Entonces un criterio se cumple cuando se verifique en al menos una temporada. Tal como se indica en el punto c), será la UOCT quien decida ante dudas en el cumplimiento del criterio luego de realizar tres mediciones por temporada. No obstante lo anterior, si la justificación solamente se verifica en la temporada de verano, el semáforo debe ser de tipo actuado para minimizar su efecto en las demoras durante la temporada normal.
3. En lugar de flujos observados se pueden utilizar valores estimados como parte de un estudio de transporte que la UOCT valide como fuente de información suficientemente confiable para el análisis de justificación de semáforos. Las estimaciones deben corresponder a un horizonte temporal de 3 años como máximo en relación con la fecha de inicio del estudio de justificación. En este caso solamente se deben analizar el criterio de 4 horas (sección 4.2.2.2) o el de flujos peatonales (sección 4.2.3) y no incluir el tratamiento de las tolerancias señalado en el punto 2) previo. Se requiere además que los flujos estimados tengan una representatividad horaria igual o superior a la requerida por cada criterio analizado. Para esto se debe utilizar una periodización que esté validada por la UOCT. Dada la mayor incerteza de la información de flujos, en este caso siempre debe considerarse un semáforo que opere con un sistema de actuación de fases.

4.2.6 Verificación del cumplimiento de los criterios de justificación

Una vez recopilada la información necesaria se procede a verificar el cumplimiento de los criterios de justificación descritos previamente.

En el caso de los criterios de las secciones 4.2.2 y 4.2.3 la verificación se realiza comparando los valores observados (o estimados) de flujos vehiculares y peatonales de cada hora analizada con los umbrales indicados en los respectivos cuadros.

En cada estudio de justificación se puede analizar el cumplimiento de uno o varios de los criterios pues no son excluyentes. En particular, puede estudiarse simultáneamente el cumplimiento de los criterios de 8 y 4 horas o solamente el que sea más apropiado a los horarios en que la actividad vehicular es más intensa. Es parte del estudio de justificación establecer el procedimiento más adecuado.

Para verificar el cumplimiento del criterio de la sección 4.2.3 es necesario además el siguiente procesamiento de los datos de flujos vehiculares y peatonales:

- Calcular los valores del indicador PV^2 utilizando los valores horarios de las 6 horas medición y seleccionar los 4 valores más altos de ese indicador en cada día de medición.
- Con todos los datos de flujos máximos seleccionados se deben calcular flujos promedio tanto de vehículos como de peatones por hora. Con los valores promedio resultantes de flujo vehicular y peatonal se calcula un nuevo indicador PV^2 . Finalmente, los valores promedio resultantes de flujos y el correspondiente indicador PV^2 se comparan con los umbrales definidos en el Cuadro 4-4, estableciendo la opción de regulación que corresponde.

Para el criterio descrito en la sección 4.2.4 la verificación se realiza comparando la accidentabilidad observada durante al menos 5 años con los respectivos umbrales, teniendo en cuenta las restricciones señaladas sobre el tipo de accidentes que pueden ser incluidos en el análisis.

El análisis de los casos indicados en la sección 4.2.7 siguiente es obligatorio como parte del estudio de justificación de semáforo para así tener en cuenta un conjunto de situaciones excepcionales que pueden alterar el proceso o el resultado de la justificación.

Si ninguno de los criterios de justificación se verifica y no cabe la aplicación de alguna de las situaciones indicadas en la sección 4.2.7 entonces la solución de los conflictos de tránsito debe realizarse mediante otro tipo de medida de gestión o seguridad de tránsito, para lo cual se deben consultar los documentos indicados en la sección 4.2.1.2 u otros similares.

Si al menos uno de los criterios se cumple entonces estará justificada la instalación del semáforo.

4.2.7 Análisis de casos especiales

En determinadas circunstancias se puede justificar la instalación de semáforos por consideraciones distintas a las indicadas en las secciones 4.2.2 a 4.2.4 o, por el contrario, puede ocurrir que incluso cumpliéndose alguno de los criterios de justificación otros factores hagan que no resulte conveniente la instalación de esos dispositivos.

A continuación se describen los casos especiales en los cuales se pueden hacer excepciones a los criterios de justificación de semáforos definidos en este manual. Estos casos especiales, si corresponde, deben ser analizados como parte del correspondiente estudio de justificación de semáforo.

En caso de justificarse un semáforo de acuerdo con el análisis de estos casos especiales se debe acordar con la UOCT la necesidad de que ciertas fases operen actuadas por los peatones o vehículos.

4.2.7.1 Presencia de intersecciones semaforizadas cercanas

Cuando se verifique cualesquiera de los criterios señalados en las secciones 4.2.2 y 4.2.3 y existan intersecciones semaforizadas a menos de 400 metros aguas arriba del sitio analizado, es necesario estudiar con mayor detalle el funcionamiento de la intersección o cruce peatonal de interés para estudiar si el funcionamiento de los semáforos adyacentes permite a los conductores y peatones incorporarse o cruzar las corrientes prioritarias en condiciones seguras y sin experimentar demoras excesivas. Si esas condiciones se verifican entonces no se justificará la instalación del semáforo a pesar de que se cumpla alguno de los criterios de justificación descritos en las secciones 4.2.2 y 4.2.3.

Para realizar el análisis de estos casos se debe medir o estimar la demora media de los usuarios (vehículos y/o peatones) en cada acceso secundario o lugar de cruce de los peatones durante las 4 horas de mayor demanda, incluyendo aquellas en las que se hayan detectado los problemas operativos más severos.

Para realizar la medición o estimación de la demora media se deben seguir los procedimientos descritos en el Manual de "Mantenimiento de semáforos y actualización de programaciones" (www.uoct.cl). El analista debe observar también las condiciones de seguridad de tránsito en las que se realizan las maniobras de los usuarios durante esas mismas horas, ya que, por ejemplo, maniobras riesgosas tales como aceleraciones y detenciones bruscas son un indicador de la ausencia de brechas de extensión adecuada.

Si la demora media por vehículo o peatón calculada en intervalos de 15 minutos durante las horas analizadas es superior a 45 segundos durante a lo más 3 intervalos, no necesariamente consecutivos, y las maniobras de los conductores de la vía secundaria y los peatones se realizan en condiciones adecuadas de seguridad durante los intervalos más conflictivos, entonces no se justificará la instalación, a pesar de que se cumpla alguno de los criterios señalados en las secciones 4.2.2 y 4.2.3.

Si no se cumple alguna de las dos condiciones previas y no hay otras alternativas de solución entonces finalmente se validará el cumplimiento del respectivo criterio de justificación.

4.2.7.2 Existencia de problemas operativos en movimientos vehiculares

Puede justificarse la instalación de un semáforo a pesar de que no se verifiquen los criterios indicados en la sección 4.2.2 si en la intersección analizada algunos movimientos vehiculares de viraje que no tienen derecho preferente de paso, experimentan dificultades significativas para cruzar o incorporarse a una corriente prioritaria. Esos movimientos pueden corresponder a los que se realicen desde un acceso secundario o prioritario de la intersección.

Para analizar esos casos se requiere medir o estimar la demora media de los vehículos en cada movimiento de interés en las 4 horas de mayor demanda, incluyendo aquellas en las que se hayan detectado los problemas operativos más severos, siguiendo los procedimientos descritos en el Manual de "Mantenimiento de semáforos y actualización de programaciones" (www.uoct.cl).

El analista debe observar también las condiciones de seguridad de tránsito en las que se realizan las maniobras de los usuarios durante esas mismas horas, ya que, por ejemplo, maniobras riesgosas tales como aceleraciones y detenciones bruscas son un indicador de la ausencia de brechas de extensión adecuada.

La justificación con este criterio de excepción se da cuando se verifican simultáneamente las dos condiciones que se indican a continuación:

- a) los movimientos de viraje analizados cuentan con pistas exclusivas reguladas con señal de prioridad y, si corresponde, se han realizado los ajustes señalados en la sección 4.2.1.2 a la programación de los semáforos ubicados a menos de 400 m del sitio analizado; y
- b) la demora media por vehículo calculada en intervalos de 15 minutos durante las horas analizadas es superior a 45 segundos durante al menos 4 intervalos, no necesariamente consecutivos o, alternativamente, existen notorios indicios de la insuficiencia de la extensión de las brechas en la corriente prioritaria.

En los casos donde sea infactible la provisión de pistas exclusivas de viraje para los movimientos de interés, debido a los elevados costos que pueda requerir ese tipo de obras u otras causas, se puede obviar el cumplimiento de este requisito para la aplicación de la condición a) anterior.

4.2.7.3 Cruce peatonal no semaforizado con alta demanda

Cuando un cruce peatonal no semaforizado con alta demanda peatonal produce demoras excesivas al flujo vehicular, como ocurre por ejemplo en algunos cruces de paseos peatonales, se puede analizar la justificación de un semáforo para regular ese cruce aun si no se cumplen otros criterios de justificación de semáforo.

Para realizar el análisis de estos casos se debe medir o estimar la demora media de los vehículos en el cruce peatonal durante las 4 horas de mayor demanda, incluyendo aquellas en las que se hayan detectado los problemas operativos más severos, siguiendo los procedimientos descritos en el Manual de “Mantenimiento de semáforos y actualización de programaciones” (www.uoct.cl).

La justificación con este criterio de excepción se da cuando la demora media por vehículo calculada en intervalos de 15 minutos durante las horas analizadas es superior a 45 segundos durante al menos 4 intervalos, no necesariamente consecutivos.

4.2.7.4 Justificación con datos de días de fin de semana, lunes o viernes

En casos excepcionales y cuando los problemas operativos se concentren en días de fin de semana, o en días lunes o viernes, se puede analizar la justificación de un semáforo con datos de esos días, pero verificando solamente el cumplimiento de los criterios de 4 horas y/o de flujos peatonales descritos en las secciones 4.2.2.2 y 4.2.3, respectivamente. En estos casos excepcionales se deben cumplir también los procedimientos y requerimientos señalados en las secciones 4.2.5 y 4.2.6.

4.2.7.5 Justificación asociada a un cruce ferroviario a nivel

En ciertos casos la existencia de un cruce ferroviario a nivel puede requerir la instalación de semáforos en las intersecciones viales adyacentes a dicho cruce, de forma que se logre una operación coordinada entre esas intersecciones y el sistema de regulación del cruce ferroviario (barreras automáticas). La UOCT, en acuerdo con otras instituciones competentes en la materia, y bajo determinadas condiciones de tráfico vehicular y ferroviario⁴ puede proponer y justificar la instalación de esos semáforos y el equipamiento complementario que garanticen los niveles de seguridad necesarios.

4.2.7.6 Proyectos públicos de inversión

La UOCT puede proponer y justificar fundadamente la instalación de semáforos como parte de un proyecto de inversión pública que, por ejemplo, busque favorecer la circulación de buses, vehículos de emergencia o usuarios no motorizados, aunque no se cumpla alguno de los criterios señalados en este manual.

4.2.7.7 Justificación con umbrales reducidos

En casos excepcionales la UOCT puede autorizar la justificación de un semáforo si en la intersección analizada los flujos vehiculares observados son mayores o iguales a un 75% de los valores señalados en el Cuadro 4-2, en cuyo caso el semáforo que se instale debe operar con un esquema de actuación de fases de manera que se logren demoras aceptables y condiciones seguras de cruce para todos los usuarios. En esos casos la toma de datos debe cumplir los requerimientos indicados en la sección 4.2.5 pero sin considerar las tolerancias señaladas en ella.

4.2.8 Reporte del análisis de justificación de semáforo

El análisis de justificación de semáforo debe reportarse en un informe que se presentará a la UOCT para su revisión y aprobación cuando proceda. El informe debe elaborarse según los requisitos definidos en el Manual de “Programación y modelación de semáforos” (www.uoct.cl).

4.3 Capacidad de intersecciones semaforizadas

Para que un semáforo funcione correctamente debe estar justificado técnicamente y tener una programación adecuada.

⁴ A modo de referencia pueden utilizarse las recomendaciones del documento “Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways” (MUTCD). FHWA U.S. Department of Transportation de EE.UU., disponible en internet.

La programación de un semáforo depende de una serie de factores. Los más relevantes son las características de la demanda de usuarios y de la oferta de transporte en la intersección. La demanda se expresa a través de la cantidad y tipo de vehículos o peatones (ciclistas) por unidad de tiempo que llegan a ella. La oferta a su vez se representa mediante la capacidad de la intersección.

La capacidad de la intersección corresponde a la que existe en sus accesos y se representa por el número máximo de vehículos de una cierta corriente vehicular que puede atravesar una sección de vía por unidad de tiempo, en las condiciones prevaletientes de circulación.

En rigor, la estimación de capacidad debe realizarse para cada pista que accede a la intersección. Teniendo esto en cuenta, las condiciones de circulación que determinan la capacidad son las siguientes:

- tipo de vehículos que utilizan la pista;
- maniobras que realizan los vehículos;
- características de la vía: pendiente, ancho de pista;
- proporción de vehículos pesados en la pista;
- posición relativa de la pista en el acceso; y
- período del día.

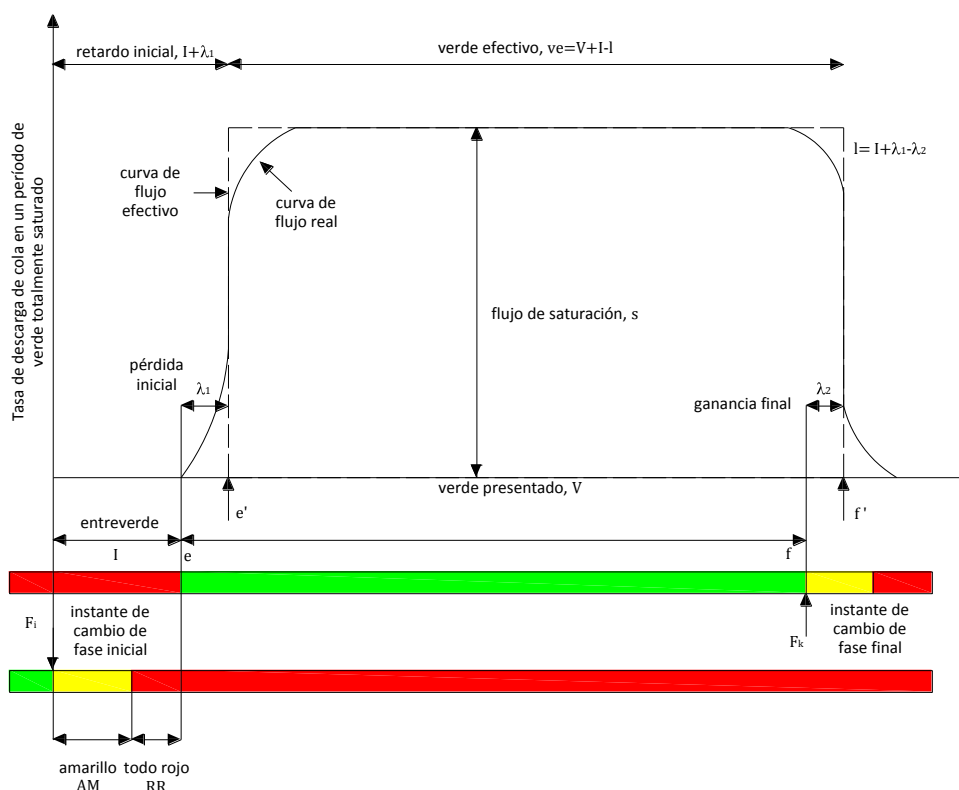
Como se explica a continuación, la capacidad de una intersección semaforizada se alcanza cuando los vehículos salen de una cola cuya longitud es suficiente como para que la descarga se realice durante todo el período de verde.

4.3.1 Modelo binario de descarga

En una intersección semaforizada el proceso de descarga de una cola en una pista es el fenómeno básico que debe ser analizado para estimar su capacidad.

Una vez iniciado el período de verde, y transcurrido un cierto lapso de tiempo, la salida de los vehículos se produce a una tasa máxima denominada flujo de saturación (s). Esta tasa se mantiene aproximadamente constante hasta el final del tiempo de verde. Durante el período de amarillo la descarga disminuye hasta anularse al final de ese período o poco después. La Figura 4-2 muestra la representación de este fenómeno.

Figura 4-2 Modelo binario de descarga



Las transiciones inicial ($\lambda_1 = e' - e$) y final ($\lambda_2 = f' - f$) corresponden, respectivamente, al proceso de puesta en movimiento de la cola tras la aparición de la luz verde y a la detención gradual de los vehículos una vez que aparece la luz amarilla.

La capacidad es, por lo tanto, el área bajo la curva que representa la descarga por unidad de tiempo durante un ciclo; bajo el supuesto que la longitud de cola es tal que permite una descarga durante todo el período de verde, lo cual se denomina período de verde totalmente saturado. Si la cola no es lo suficientemente larga la descarga ocurrirá durante una fracción del tiempo de verde, disminuyendo así el número de vehículos que atraviesa la sección de vía durante el ciclo.

Para obtener un modelo más simple de la descarga de vehículos es necesario hacer abstracción de las transiciones mencionadas. Para esto, y suponiendo que existe una cola suficientemente larga, se adopta un proceso binario con dos etapas:

- ve : verde efectivo, durante el cual la tasa de salida es s ; y
- re : rojo efectivo, en el cual la tasa de salida es 0.

Teniendo en cuenta lo anterior, el modelo binario se construye manteniendo la capacidad real del movimiento (máximo número de vehículos que se descargan durante un ciclo) y utilizando los parámetros λ_1 y λ_2 , que permiten relacionar el período de verde efectivo con el período de verde del semáforo.

Sea c el tiempo de ciclo, V el período de verde en el semáforo, λ_1 la pérdida en la partida y λ_2 la ganancia final. Entonces se tiene que,

$$ve = V + \lambda_2 - \lambda_1 \quad (4-1)$$

$$re = c - ve \quad (4-2)$$

La capacidad del movimiento queda dada entonces por

$$Q = \frac{s \cdot ve + 0 \cdot re}{c} = \frac{ve}{c} s = \mu s \quad (4-3)$$

donde $\mu = ve/c$ es la razón de verde efectivo.

En consecuencia, la capacidad depende del flujo de saturación (s), que es un parámetro propio del acceso o pista, y de la programación del semáforo a través de la razón de verde efectivo (μ). Como la programación está en función de las demandas de las diversas corrientes que llegan a la intersección, la capacidad de una pista para una determinada corriente vehicular depende indirectamente de todas las demás.

El flujo de saturación es función de características físico-ambientales de la pista y también del comportamiento de los conductores. Como esas características varían entre un lugar y otro o entre distintos momentos en un mismo lugar, el flujo de saturación varía también según esos factores. Para estudiar esta dependencia el enfoque utilizado consiste en establecer condiciones básicas o referenciales en los aspectos físico-ambientales y de comportamiento, y referir a ellas las condiciones observadas en cada caso, mediante, por ejemplo, factores de equivalencia. Este proceso se conoce como tratamiento de la heterogeneidad del tránsito. El flujo de saturación en esas condiciones de referencia se denomina flujo de saturación básico (s_b).

4.3.1.1 Tratamiento de la heterogeneidad del tránsito

Según el trabajo de Gibson et al. (1997)⁵ la heterogeneidad del tránsito proviene no sólo de la diversidad de tipos de vehículos, características geométricas de la pista y movimientos existentes, como usualmente se ha considerado, sino que se genera también por otros factores como la proporción de vehículos pesados en la pista, su ubicación relativa en el acceso (pistas izquierda, central o derecha) y el período del día. Como resultado de ese trabajo se desarrollaron nuevas fórmulas para estimar el flujo de saturación básico y los correspondientes factores de equivalencia.

La aplicación de este nuevo procedimiento incluye como variable adicional la proporción de vehículos pesados en la pista. Una consecuencia de esto es que la estimación del flujo de saturación requiere conocer los flujos vehiculares desagregados por pista. Como una medición por pista habitualmente implica un costo demasiado elevado, se ha desarrollado un método simplificado que se basa en asumir que los usuarios de vehículos particulares eligen pista entre las que tienen disponibles de manera que los grados de saturación de ellas se igualen. Este principio no es válido para los buses, taxis colectivos y taxis, que tienen manifiesta preferencia a circular por la pista derecha para captar pasajeros. Teniendo en cuenta que no ha sido posible

⁵Gibson, J., Bartel, G. y Coeymans, J.E. (1997) "Redefinición de los parámetros de capacidad de una intersección semaforizada bajo condiciones de tráfico mixto". Actas del VIII Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte. Santiago.

establecer una regla cuantitativa al respecto, es necesario obtener en terreno la distribución del flujo de esos vehículos entre pistas en cada caso.

4.3.1.2 Heterogeneidad por tipo de vehículo, tráfico mixto y ubicación de la pista

El supuesto de salidas a tasa constante en el modelo binario sólo es válido si los vehículos son homogéneos, esto no ocurre en la práctica pues la red vial urbana es utilizada por una gama de vehículos que difieren en sus características físicas y operacionales. Las categorías que se utilicen para distinguir los tipos de vehículos deben ser consistentes con el procedimiento de estimación del flujo de saturación que se adopte, particularmente con la desagregación de los factores de equivalencia que se tenga.

4.3.1.2.1 Unidades de referencia

Toda variable de flujo, definida espacial y temporalmente y por categoría, debe expresarse en unidades físicas/unidad de tiempo. La unidad física a emplear presenta limitaciones desde el punto de vista de la agrupación de los valores observados. Si simplemente se suman los flujos vehiculares por hora de diversas categorías, que, por ejemplo, realizan el mismo movimiento, se obtiene una cantidad expresada en vehículos/hora. La unidad "vehículo" es heterogénea pues depende de la composición del tráfico. Por ello se definen unidades de referencia a las que son convertidos todos los flujos aplicándoles factores de equivalencia. Tres unidades son importantes:

- VEQ: vehículo equivalente, que representa a un automóvil particular típico;
- ADE: automóvil directo equivalente, que es un VEQ que sigue directo en una intersección, en una pista en la que sólo hay autos directos; y
- ADM: automóvil directo equivalente en pistas con tráfico mixto, que corresponde a un ADE afectado por la presencia de vehículos pesados tales como buses o camiones.

El ADM fue introducido por Gibson *et al.* (1997) luego de comprobar que el intervalo de descarga del ADE varía con la proporción de vehículos pesados en la pista. Obviamente, también fue necesario ajustar la definición de ADE para considerar solamente el caso de pistas con automóviles que siguen directo. El ADM es entonces una nueva unidad de vehículos, con su propio factor de equivalencia.

4.3.1.2.2 Conversión de unidades

La conversión de variables de flujos heterogéneos a unidades homogéneas se lleva a cabo mediante factores de equivalencia. Estos factores dependen del fenómeno para el cual se establece la equivalencia. Sin embargo, en el tráfico urbano las intersecciones suelen tener un rol decisivo y generalmente se aplican sólo factores de equivalencia referidos a la capacidad de ellas. Estos factores pueden incorporar tres aspectos: categorías de vehículos, cantidad de vehículos pesados en la pista y movimientos, los cuales se tratan normalmente por separado y como valores multiplicativos. El objetivo es que las variables de interés queden expresadas en las mismas unidades.

Sea s_b (ADE/h) el flujo de saturación para una corriente compuesta sólo por ADES, y que denominaremos flujo de saturación básico, q_i (veh/h) el flujo del movimiento i y s (veh/h) el flujo de saturación para la corriente real. Entonces, se tiene

$$s = f_a f_p \frac{s_b}{\frac{\sum_i f_i q_i}{\sum_i q_i}} \quad (4-4)$$

donde f_i (ADE/veh) es el factor de equivalencia de la clase i correspondiente a un cierto tipo de vehículo y movimiento, y f_a y f_p son los factores de corrección por ancho y pendiente de la pista, respectivamente.

En Manual de "Programación y modelación de semáforos" (www.uoct.cl) se presentan los valores recomendados del flujo de saturación básico y los factores de equivalencia.

4.3.2 Casos en que el flujo de saturación depende de la programación del semáforo

Hay casos en que el flujo de saturación depende de la programación del semáforo, en los cuales no es posible corregir su valor a través de factores como los indicados previamente. Ejemplos de esta situación son los virajes con oposición y las pistas cortas. La estimación del flujo de saturación en estos casos es más compleja. El programa computacional SIDRA modela adecuadamente estas situaciones modificando el flujo de saturación según corresponda. El programa TRANSYT, en general, no tiene esa capacidad pues el flujo de saturación es un dato de entrada definido exógenamente.

Debido a lo anterior, al estudiar redes de semáforos con TRANSYT 8S se requiere un procedimiento especial para estimar el flujo de saturación en esos casos especiales. Una alternativa es el uso de SIDRA para proveer datos ajustados de capacidad a TRANSYT, otra opción es el uso de relaciones simplificadas que permiten

considerar el efecto de la programación en la capacidad. El Manual de “Programación y modelación de semáforos” (www.uoct.cl) contiene una serie de recomendaciones adicionales para tratar estos casos, incluyendo el uso de una planilla de cálculo para estimar el flujo de saturación con el método de Gibson *et al.*

4.3.2.1 Virajes con oposición

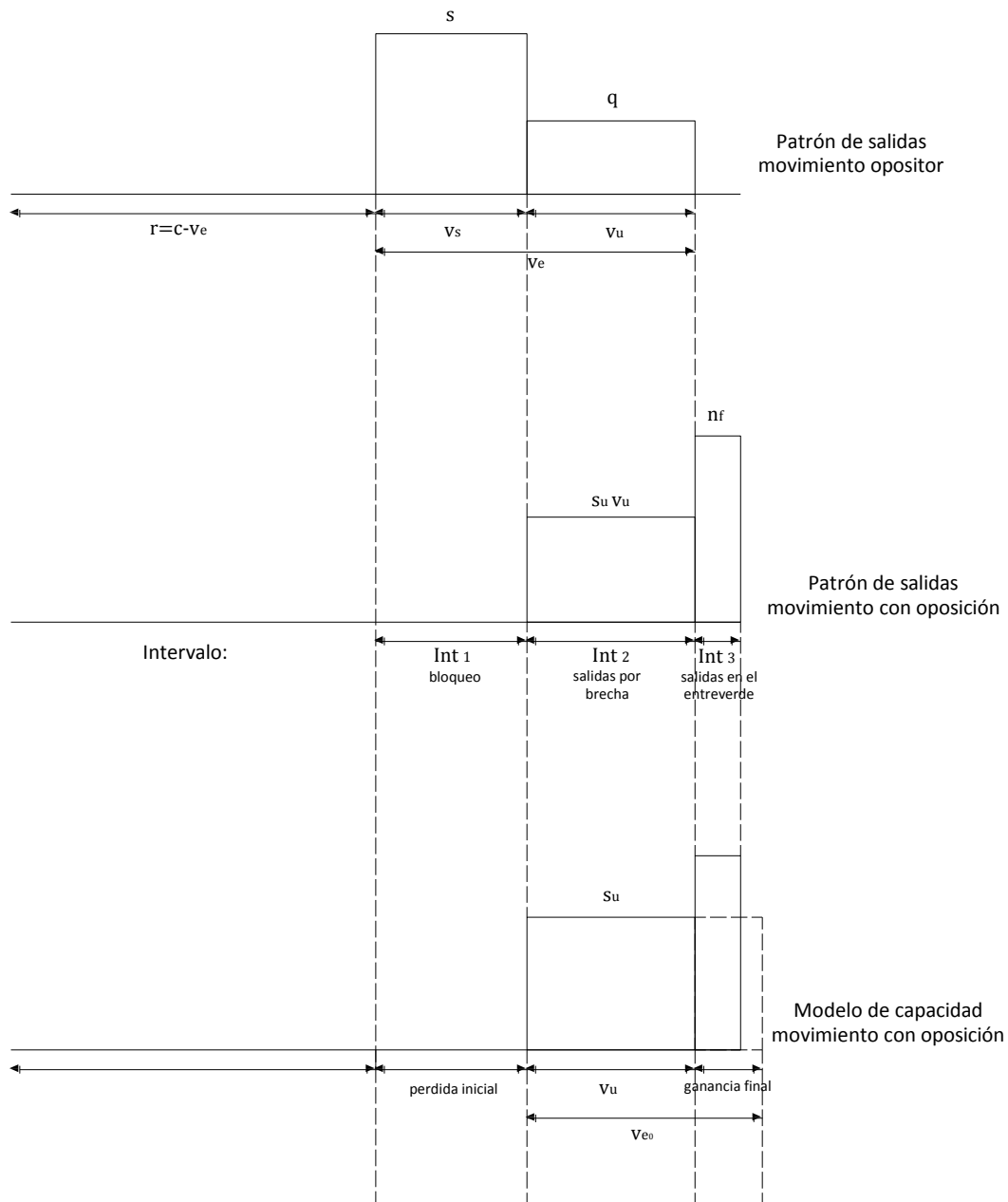
Uno de los casos en que el flujo de saturación depende de la programación del semáforo es cuando un movimiento enfrenta la oposición de otro, que es prioritario durante todo o parte del período de verde. Esto ocurre por ejemplo en virajes a la izquierda que enfrentan a movimientos vehiculares o virajes a la derecha que enfrentan a peatones.

Para analizar estos casos es necesario distinguir tres etapas asociadas al movimiento con oposición:

- Etapa de verde efectivo saturado, se produce al inicio del verde efectivo y en ella se descarga la cola del movimiento opositor formada en el período de rojo. Esa cola se descarga a intervalo mínimo y en consecuencia el movimiento con oposición no puede pasar ya que las brechas en la corriente prioritaria no tienen la extensión suficiente.
- Etapa de verde efectivo no saturado, en ella se produce cruce por aceptación de brechas, en el que la capacidad del movimiento es la correspondiente a un movimiento secundario (s_u) que cede el paso a una corriente prioritaria. Este período se extiende hasta el final del verde efectivo.
- Etapa final de descarga, es frecuente que se produzca una acumulación de vehículos, pasada la línea de detención, que cruzan al final del entreverde aprovechando la existencia de períodos de rojo-rojo y los retrasos en la partida de los vehículos que ganan derecho de paso. El número de vehículos que pasa en este período se designa por n_f y típicamente varía entre 0 y 2 vehículos por ciclo-pista.

En la siguiente figura se muestran las tres etapas descritas y la representación del modelo de capacidad del movimiento con oposición.

Figura 4-3 Modelo de descarga de virajes con oposición



Para determinar el flujo de saturación correspondiente al movimiento con oposición se plantea la siguiente relación, que busca determinar tiempo de verde efectivo ve_o que produce el mismo número total de descargas de las tres etapas antes descritas asumiendo un flujo de saturación s_u :

$$s_u ve_o = 0 + s_u v_u + n_f \quad (4-5)$$

o equivalentemente,

$$ve_o = v_u + n_f/s_u \quad (4-6)$$

con

$$v_u = \frac{v_g - yC}{1 - y} \quad (4-7)$$

y donde

s_u : es el flujo de saturación del movimiento con oposición cuando se descarga mediante un proceso de aceptación de brechas (veh/s)

v_u : es la parte del verde efectivo en que el movimiento con oposición se descarga mediante un proceso de aceptación de brechas (s)

- n_f : número de vehículos por ciclo que pueden descargarse al final del entreverde por pista y ciclo (veh)
- ve : verde efectivo del movimiento opositor (s)
- y : factor de carga del movimiento opositor
- c : tiempo de ciclo (s)

De acuerdo con este modelo, la capacidad del movimiento con oposición está dada por

$$Q_o = s_u ve_o / c \quad (4-8)$$

y el tiempo perdido por

$$l_o = V + I - ve_o \quad (4-9)$$

donde V e I son los tiempos de verde y entreverde en el semáforo para el movimiento con oposición.

Para determinar el valor de s_u se puede utilizar un modelo de aceptación de brechas o un modelo de capacidad lineal. En el primer caso, Akçelik (1993)⁶ propone utilizar el siguiente modelo:

$$s_u = \frac{\lambda \theta \exp(-(\tau - \Delta)\lambda)}{1 - \exp(-\beta\lambda)} \quad (4-10)$$

donde:

- τ : es la brecha crítica (s)
- β : intervalo mínimo de descarga de la cola del movimiento con oposición (s), corresponde al inverso de s_u cuando $q_p \rightarrow 0$
- Δ : intervalo mínimo de la corriente opositora, $\Delta = 1/s$ (s)

Las expresiones para los parámetros λ y θ son:

$$\lambda = \sum_{i=1}^N \frac{\phi_i q_i}{1 - \Delta q_i} \quad (4-11)$$

$$\theta = \prod_{i=1}^N (1 - \Delta q_i) \quad (4-12)$$

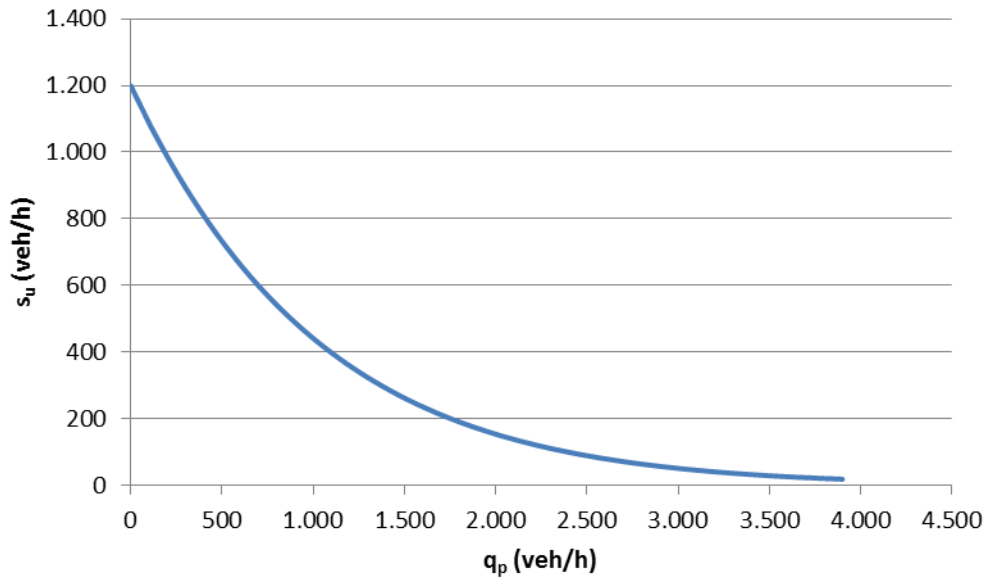
donde

- i : =1 ...N, es el número de pistas opositoras al movimiento secundario
- ϕ_i : factor de pelotón en la i -ésima pista opositora: proporción de vehículos que se desplaza en pelotón. Se puede aproximar por el grado de saturación
- q_i : flujo vehicular en la i -ésima pista opositora

Asumiendo la oposición de solamente una corriente opositora y $\tau = 5$ y $\beta = 3$, la siguiente figura muestra los valores resultantes de s_u .

⁶Akcelik, R. (1993) Traffic signals: capacity and timing analysis. Australian Road Research Board Ltd. Research Report ARR 123, fifth reprint

Figura 4-4 Flujo de saturación según modelo de aceptación de brechas



Cuando el período de verde del movimiento con oposición termina antes que el período de verde del movimiento opositor es necesario ajustar el valor de v_u según la siguiente relación:

$$\tilde{v}_u = \begin{cases} v_u - \gamma & \text{si } \gamma < v_u \\ 0 & \text{si } \gamma \geq v_u \end{cases} \quad (4-13)$$

donde \tilde{v}_u es el valor corregido e $\gamma = I_B + V_B$, B es la fase que sigue una vez que pierde derecho de paso el movimiento con oposición.

4.3.2.2 Pistas cortas

Otro caso en el que la capacidad depende de la programación del semáforo corresponde a pistas que poseen una longitud menor a la del arco vial al que pertenecen. Esas pistas se denominan pistas cortas y pueden originarse por condiciones de diseño (bolsillos de viraje) u operacionales (existencia de estacionamiento en la calzada o paradas de buses cercanas a la intersección). Algunos ejemplos son los que se muestran en las siguientes figuras.

Figura 4-5 Pista corta exclusiva para viraje

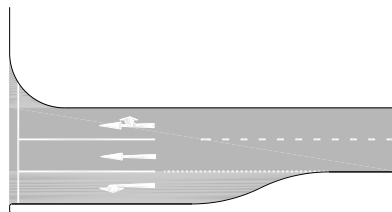
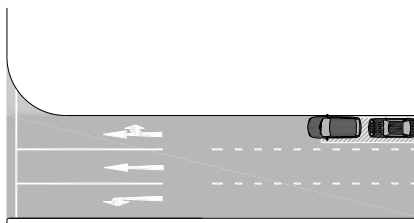


Figura 4-6 Pista corta originada por estacionamiento en la calzada



La característica principal de las pistas cortas es que contribuyen a la capacidad de la vía mientras se descarga la cola almacenada en ella durante el rojo. Terminada la descarga de esa cola la capacidad de la vía es solamente la de las pistas adyacentes.

Si la longitud de la pista corta es similar a la extensión máxima de la cola entonces la pista corta aporta a la capacidad durante todo el período de verde y, por lo tanto, para efectos de la modelación es una pista normal. En caso contrario existe efecto de pista corta y es necesario darle un tratamiento especial.

A partir de lo anterior se concluye que en este caso la capacidad es función de la programación del semáforo pues la extensión de la cola depende de la duración del tiempo de rojo. Pero como la programación varía según el valor de la capacidad se origina una circularidad que es necesario resolver. El programa SIDRA incorpora un algoritmo iterativo para tratar estas situaciones.

4.3.2.3 Bloqueos

En ciertos casos los fenómenos que ocurren en una pista producen interferencias entre vehículos que circulan por ella y que realizan distintos movimientos. Estas situaciones se conocen como bloqueos de efecto local y su consideración en la programación requiere la aplicación de técnicas especiales para determinar la capacidad.

Existen también bloqueos con efecto en grupos de intersecciones y que se originan cuando las colas tienen una longitud que se aproxima o excede la longitud de la vía entre intersecciones adyacentes. En esa situación los vehículos de la intersección aguas arriba pueden experimentar dificultades para salir de esa intersección durante el período de verde pues su paso podría estar bloqueado por la cola de vehículos provenientes de la intersección aguas arriba.

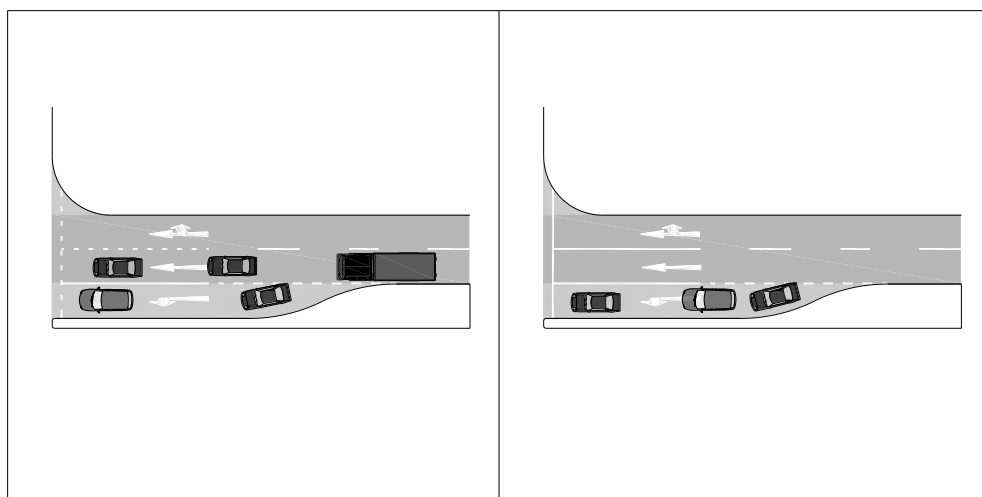
El bloqueo puede ocasionar una disminución importante del tiempo efectivo de verde, incrementando el grado de saturación y generando colas de mayor longitud en la intersección aguas arriba. De esta manera el bloqueo puede expandirse hacia otras intersecciones cercanas y provocar demoras elevadas a un número significativo de usuarios. Es por esta razón que el análisis de eventuales bloqueos es fundamental, particularmente en intersecciones con altos niveles de saturación insertas en una red. Y más aún cuando los programas de simulación de tránsito utilizados para programar semáforos no tratan adecuadamente esas situaciones.

4.3.2.3.1 Bloqueo con efecto local

Cuando existen bloqueos con efecto local es posible distinguir dos situaciones:

- Bloqueo entre corrientes en una misma pista: por ejemplo, entre un viraje a la izquierda con oposición y un movimiento directo.
- Bloqueo entre pistas que divergen desde un punto común: la pista corta o ramal bloquea a la pista adyacente o viceversa. Estos casos se ilustran en la siguiente figura.

Figura 4-7 Ejemplos de bloqueo de pistas



Frente a fenómenos de bloqueo como los anteriores se pueden tomar medidas como las siguientes para evitar su ocurrencia o disminuir sus efectos:

- Revisar y eventualmente corregir el diseño de fases.
- Revisar la asignación de pistas a los movimientos.
- Analizar si es posible dar una partida adelantada o detención retrasada del movimiento que bloquea.
- Revisar y eventualmente modificar la longitud de la pista corta.

4.3.2.3.2 Bloqueo con efecto en áreas

El bloqueo en áreas surge cuando la cola formada a partir de la línea de detención de una intersección obstaculiza la salida durante el tiempo de verde en intersecciones aguas arriba. Este es el mecanismo clave de propagación de la congestión y tiene potencialmente un efecto de red. Este problema surge si:

- La longitud de la cola aguas arriba excede un cierto valor crítico, más allá del cual el tramo despejado disponible no permite a los vehículos que salen de la línea de detención aguas arriba alcanzar la velocidad de crucero. En este caso se reducirá el flujo de saturación aguas arriba, en una magnitud que depende de cuánto se exceda el valor crítico.
- La extensión de la cola aguas abajo supera la capacidad de almacenamiento, caso en el cual el verde efectivo se verá disminuido.

De acuerdo con lo anterior, el problema comienza con una reducción del flujo de saturación y puede llegar a convertirse en reducción del verde efectivo que genere capacidad nula durante un lapso de tiempo.

El programa TRANSYT8S asume que las colas se generan de forma vertical en la línea de detención y en consecuencia no tiene capacidad para simular bloqueos asociados a la longitud de cola. Por esta razón los resultados que entrega en casos donde se producen bloqueos son erróneos. Entonces se deben aplicar en forma externa técnicas de coordinación en reversa de tal forma de ir "despejando" la red y, si fuese necesario, aplicar restricciones de acceso a áreas con capacidad insuficiente para impedir que se produzcan bloqueos generalizados. Esas restricciones pueden implementarse en intersecciones aguas arriba que cuenten con mayor capacidad de almacenamiento de colas (arcos largos) de manera de contener en esos lugares el flujo y descargarlo en forma consistente con la capacidad de la red aguas abajo.

4.3.3 Efecto de la interferencia peatonal

Otro efecto no incorporado en la estimación del flujo de saturación es la interferencia de los peatones en los virajes de los vehículos. Para efectos de modelación y programación una forma de incorporar esta situación es mediante un retardo inicial (λ_1) mayor, cuyo valor puede ser observado en terreno como parte del proceso de simulación de la Situación Actual. Esta corrección es aplicable cuando a juicio del modelador exista un significativo efecto del cruce de peatones en la capacidad del movimiento vehicular afectado.

4.4 Aspectos generales de la programación de semáforos

4.4.1 Variables de programación

La programación de un semáforo consiste en determinar la estructura, secuencia y duración de las indicaciones luminosas que se muestran a los distintos usuarios en la intersección.

La estructura de la programación se establece con la definición de los movimientos, entreverdes y diseño de fases. La secuencia se define a partir del orden en que se presentan las fases y la duración de cada una depende del nivel de demanda que tienen asociado. La duración de una fase es igual a la suma de los correspondientes tiempos de entreverde y verde.

El tiempo de entreverde es el período que va desde que termina el tiempo de verde para el movimiento que pierde el derecho de paso hasta el inicio del verde para el movimiento que gana derecho de paso. Está compuesto por un tiempo de amarillo y un período de rojo simultáneo o rojo-rojo que puede existir o no. El tiempo de verde o reparto de tiempo de verde corresponde a la duración que tiene la etapa de verde en una determinada fase y está acotado inferiormente por el tiempo de verde mínimo, que por lo general corresponde al lapso que requieren los peatones para cruzar la calzada correspondiente. Por su parte, el tiempo de ciclo representa la duración de una secuencia completa de fases y es igual a la suma de los tiempos de entreverde y verde de todas las fases del semáforo. En el caso de redes de semáforos se utiliza además el desfase, variable que fija el inicio de una fase en relación con el inicio de esa fase en otras intersecciones de la red.

Existen semáforos que operan con programaciones predeterminadas y otros que la ajustan en línea a lo largo del día según los niveles de demanda observados. La forma de definir la programación en estos dos casos es distinta, requiriéndose la especificación de diferentes variables en cada caso.

4.4.2 Tipos de control

El funcionamiento de un semáforo está determinado por las capacidades del equipo controlador correspondiente. Los controladores pueden agruparse en dos categorías: aquellos que funcionan con planes predeterminados y los que operan ajustándose a la condiciones de circulación, y que se denominan dinámicos.

Las características o capacidades del controlador determinan el funcionamiento del semáforo, por ejemplo, el número de planes de programación admisibles.

En el control con planes predeterminados es posible aplicar una metodología detallada para estimar la capacidad y optimizar la programación, pero que está basada en información de demanda histórica que no corresponde exactamente a la existente en cada momento. En ese caso existe, además, la posibilidad de activar ciertas fases solamente frente a la solicitud de los peatones o la presencia de vehículos en un determinado acceso. Cuando se utiliza control dinámico los métodos de optimización son simplificados y se aplican automáticamente, pero están basados en datos reales recogidos en línea con sensores especiales.

4.4.3 Contexto espacio-tiempo

4.4.3.1 Periodización de semáforos aislados

La programación de un semáforo debe ser consistente con los niveles de flujo existentes en la intersección, pues los tiempos de verde quedan determinados por el peso relativo de los flujos de cada movimiento: aquellos con mayor flujo deben recibir más tiempo de verde. En la medida que los flujos cambian en magnitud o estructura es necesario ajustar la programación para lograr una operación adecuada de la intersección.

La variación de los flujos tiene dos orígenes. Por una parte existen efectos de aleatoriedad provocados porque los flujos corresponden a desplazamientos de personas cuyo comportamiento no se repite exactamente cada vez. Por esta razón el flujo en un mismo lugar a la misma hora no es exactamente el mismo en días comparables. La segunda causa de la variabilidad de los flujos ocurre a lo largo del día y se produce porque gran parte de las actividades que realizan los usuarios tienen horarios predeterminados que se repiten sistemáticamente durante gran parte de los días del año. Estos horarios inducen patrones temporales a los desplazamientos similares entre días comparables y que pueden ser muy marcados. Estas variaciones se denominan sistemáticas y son las que dan origen a la necesidad de periodizar. Se asume entonces que las variaciones sistemáticas se producen al interior de un día laboral y de los días de fin de semana. De esta forma, lo que se debe hacer es dividir una semana en períodos con condiciones de flujo homogéneas. Puede haber casos en que haya cambios estacionales marcados entre semanas, por ejemplo en balnearios, donde es necesario diferenciar semanas tipo para cada temporada relevante.

Si el semáforo opera aislado de otras intersecciones semaforizadas y con programaciones predeterminadas entonces se debe establecer una periodización de la semana tipo que permita identificar los lapsos de tiempo o períodos en los cuales los efectos de utilizar la misma programación son bajos, a pesar de la variación sistemática de los flujos. De otra forma se requeriría disponer de un número inmanejable de programaciones, que se ajustaría a cada cambio de la demanda. Así entonces, al generar una periodización existen tantos planes de programación como períodos se definan. El proceso de modelación, toma de datos y optimización de las programaciones se debe realizar para cada uno de los períodos que se definan con el método que se explica en la sección 4.7.1.2.

Si el semáforo opera en control dinámico entonces la periodización es útil para definir ciertos parámetros que acotan la programación que defina automáticamente el sistema de acuerdo con los niveles de flujo existentes.

4.4.3.2 Conformación de redes de semáforos

Cuando existen intersecciones semaforizadas cercanas entre sí, su funcionamiento periódico produce regularidades en la circulación que se manifiestan en la formación de pelotones de vehículos, característica que puede ser aprovechada para disminuir significativamente las demoras y detenciones (en rigor, su componente uniforme, ver sección 4.6) mediante una programación adecuada de todas ellas. Sin embargo, para lograr ese beneficio, además de la proximidad de los semáforos, las intersecciones deben tener una periodización común y un tiempo de ciclo compatible (el mismo tiempo o la mitad de su valor).

Una red de semáforos coordinados es una región del espacio-tiempo con operación común. No obstante, es frecuente que se denomine "red" a una agrupación espacial y operacional de intersecciones semaforizadas, es decir, asumiendo que la definición de las redes es invariable entre períodos. Con esa simplificación se puede forzar a ciertas intersecciones a operar con un ciclo muy alejado de su valor óptimo, generándose costos sociales adicionales evitables mediante redes cuya definición varíe durante el día.

A partir de la definición rigurosa de una red de semáforos, Baeza *et al.* (1995)⁷ generaron un método para realizar la conformación de redes en el espacio-tiempo. El método considera un proceso de tres etapas secuenciales: a) subdivisión espacial, b) periodización, y c) programación, las que según los autores permiten

⁷ Baeza, I., Zucker, M., Villaseca, A., Albornoz, M., y Gibson, J. (1995) "Conformación de redes para la programación de semáforos". Actas del VII Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte. Santiago, Chile.

captar la interdependencia entre las variables espaciales, temporales y operacionales del problema global. Este método es el que se debe aplicar para la conformación de redes de semáforos y se describe en el Manual de “Programación y modelación de semáforos” (www.uoct.cl).

4.4.4 Etapas de la programación

La programación de los semáforos debe realizarse siguiendo un conjunto de pasos que tienen como objetivo final establecer la estructura, secuencia y duración de las indicaciones a los usuarios, más adecuadas a las condiciones de circulación.

En el caso de semáforos con planes predefinidos, las etapas que se deben seguir son las siguientes:

- a) Toma de datos.
- b) Determinación de estructura de la programación.
- c) Conformación de redes o periodización para intersecciones aisladas.
- d) Modelación.
- e) Simulación de la Situación Actual y calibración.
- f) Optimización de la programación.
- g) Implementación y sintonía fina.

En el caso de semáforos con control dinámico las etapas son las siguientes:

- a) Toma de datos.
- b) Determinación de estructura de la programación: verdes mínimos y máximos.
- c) Definición de otros parámetros según tipo de control utilizado.
- d) Implementación y ajuste de parámetros.

4.4.5 Programas computacionales recomendados

La obtención de la programación de un semáforo puede realizarse con métodos manuales solamente en casos sencillos en los cuales, por ejemplo, hay pocos virajes y una baja proporción de buses. En la mayor parte de los casos se presentan situaciones más complejas cuyo análisis requiere el uso de programas computacionales adecuados. En este manual se recomienda el uso de los siguientes programas computacionales, pero pueden utilizarse otros, siempre que cuenten con capacidades de análisis equivalentes y su uso haya sido autorizado por la UOCT.

- **SIDRA** o **SIDRA INTERSECTION** para analizar semáforos aislados. Este modelo estima capacidades, demoras, colas y detenciones; determina la programación óptima del semáforo o simula una programación dada. Trabaja a nivel de pista, acepta demanda variable, y utiliza sofisticados modelos de capacidad que incorporan fenómenos de bloqueo entre pistas y entre movimientos que comparten pista. Además hace un tratamiento explícito de las pistas cortas, admite verdes disjuntos e incluso combinación de movimientos con oposición y sin ella en distintas fases. Estima colas, demoras y detenciones por pista y con fórmulas estocásticas dependientes del tiempo, incorpora demora geométrica, admite análisis de secuencia de fases y reconoce la subutilización de ellas. Tiene una entrada de datos amigable y está altamente parametrizado, lo que permite incorporar parámetros ajustados a las condiciones locales. Los resultados que genera son muy detallados, lo cual facilita el análisis de la programación. Por último, incluye también la posibilidad de analizar el funcionamiento de rotondas, que en ciertos casos son una buena alternativa a la semaforización.
- **TRANSYT 8S** para redes de semáforos. Este modelo trabaja con histogramas cíclicos de flujo y con modelos de dispersión de tráfico, para así predecir el comportamiento de los flujos en redes semaforizadas. Estima demoras, colas y detenciones; determina la programación óptima de la red de semáforos o simula una programación dada. Trabaja en base a nodos y arcos que pueden compartir línea de detención; no incorpora fenómenos de bloqueo en áreas. El desarrollo de la versión 8S de TRANSYT fue patrocinado por la UOCT e incorpora un modelo de dispersión de pelotones corregido (Gibson y Wityk, 1988) y un algoritmo para selección de tiempo de ciclo en redes desarrollado por Gibson y Barrientos(1988). Se encuentra disponible sin costo en la UOCT.

- **Modelos de microsimulación de tránsito**, existen distintos modelos que simulan la circulación de los usuarios a nivel de cada usuario: conductor, peatón, ciclista, etc. Estos modelos, adecuadamente calibrados⁸, se pueden utilizar para el análisis de intersecciones complejas o redes densas y congestionadas donde se produzcan fenómenos que SIDRA o TRANSYT8S no pueden simular adecuadamente. Los modelos de microsimulación se aplicarán entonces como una herramienta complementaria para verificar y perfeccionar la programación definida con SIDRA o TRANSYT 8S.

4.5 Diseño básico de un Plan

4.5.1 Introducción

El diseño básico de la programación o diseño operativo corresponde a la definición de la estructura y secuencia de las fases de un semáforo. La estructura tiene relación con la definición de los movimientos y la duración de entreverdes y verdes mínimos. La secuencia corresponde al orden en que se despliegan las fases en el semáforo.

El diseño operativo debe buscar maximizar la seguridad de tránsito y lograr un funcionamiento eficiente desde el punto de vista de las demoras, detenciones u otros indicadores.

En el diseño y secuencia de fases es necesario aprovechar la flexibilidad que ofrecen los controladores electrónicos modernos, haciendo uso intensivo del traslapo de movimientos y retardos o adelantos en el inicio de cada fase. Los movimientos peatonales, aunque no se cuente con información de sus flujos, siempre deben ser incorporados en el diseño de fases y verdes mínimos. La importancia de la secuencia de fases radica en que se debe elegir aquella para la cual los entreverdes y, por lo tanto, los tiempos perdidos, sean mínimos.

Es evidente entonces que la identificación de los movimientos es un proceso clave en la programación de los semáforos, este aspecto se trata a continuación.

4.5.2 Movimientos

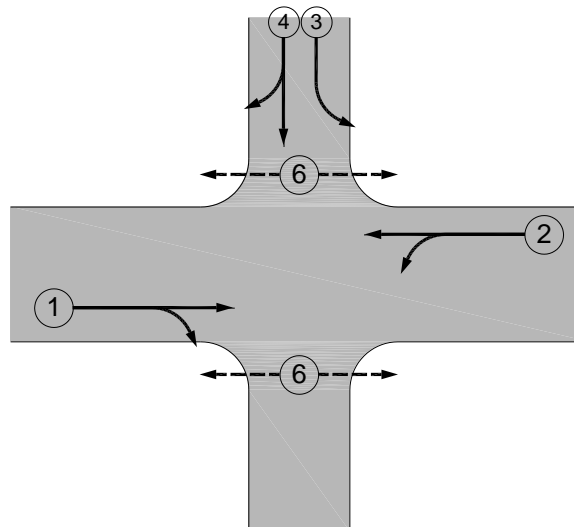
En el contexto de la programación de los semáforos un movimiento está asociado a una cola de vehículos con una dirección, uso de pistas y derecho de paso característicos. La dirección del movimiento se refiere al destino de los vehículos una vez que salen de la intersección. Aparte de la dirección, el uso de pistas es la base para identificar movimientos, de tal forma que:

- Toda corriente que utiliza pistas exclusivas se considera como un solo movimiento.
- En pistas sistemáticamente subutilizadas (contiguas a paradas de buses, por ejemplo) el flujo por ellas se considera un movimiento separado.
- Si diversas corrientes usan una o más pistas de forma compartida, ellas conforman un solo movimiento.
- Los flujos peatonales o de ciclistas siempre deben ser considerados como movimientos, pero sin distinguir el sentido de avance de las personas.

⁸ La calibración del modelo de microsimulación es un requisito ineludible para obtener resultados confiables. Como referencia en esta materia se puede utilizar el documento "Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software", FHWA-HRT-04-040, disponible en internet.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de identificación de movimientos.

Figura 4-8 Ejemplo de definición de movimientos



En el cálculo de los tiempos de un semáforo es importante otorgar a cada movimiento el tiempo suficiente como para que, en promedio, toda la demanda de ese movimiento pueda pasar en cada ciclo o equivalentemente que las colas excedentes sean mínimas.

En cada intersección hay ciertos movimientos que requieren mayor tiempo en las fases correspondientes. Estos movimientos se denominan críticos o representativos. Si cada movimiento crítico recibe suficiente tiempo de verde efectivo entonces todos los movimientos tienen suficiente capacidad y la intersección no estará saturada.

4.5.3 Fases

4.5.3.1 Aspectos generales

El derecho de paso o uso de la vía está determinado por el diseño de fases del semáforo. Una fase es un estado del semáforo en el cual uno o más movimientos reciben derecho de paso. Las fases se definen de manera tal que cuando hay cambio en el derecho de paso hay un cambio de fase (un movimiento se detiene y otro(s) inicia(n) la marcha). Una fase se identifica por dar derecho de paso, al menos a un movimiento, al principio de ella y el quitar derecho de paso, al menos a un movimiento, al final de ésta.

El objetivo del diseño de fases es dar paso a todos los movimientos a lo largo del ciclo, eliminando o minimizando los conflictos entre ellos y utilizando al máximo la capacidad de la intersección. Conceptualmente cada movimiento vehicular o peatonal puede estar asociado a una fase exclusiva del semáforo, pero esto no es eficiente ya que ciertos movimientos no tienen conflictos entre sí o pueden resolverse adecuadamente mediante una regla de prioridad (virajes con oposición).

La definición de las fases no es independiente del uso de pistas definido y, por lo tanto, primero debe revisarse si la disposición del uso de pistas es adecuada a la magnitud y tipos de movimientos existentes antes de comparar diseños de fases alternativos.

En este manual se hace uso del enfoque de control de grupos de movimientos debido a que permite soluciones más flexibles y eficientes que el enfoque basado en el control de fases. El objetivo es maximizar el número de movimientos traslapados incluso a costa de aumentar el número de fases, de esta manera se minimiza el tiempo total requerido por los movimientos críticos. En el enfoque de control de fases el objetivo es minimizar el número de fases para así disminuir el tiempo total perdido.

Como un movimiento puede tener derecho de paso en más de una fase o en una fase puede tener derecho de paso más de un movimiento, surgen dos tipos de movimientos:

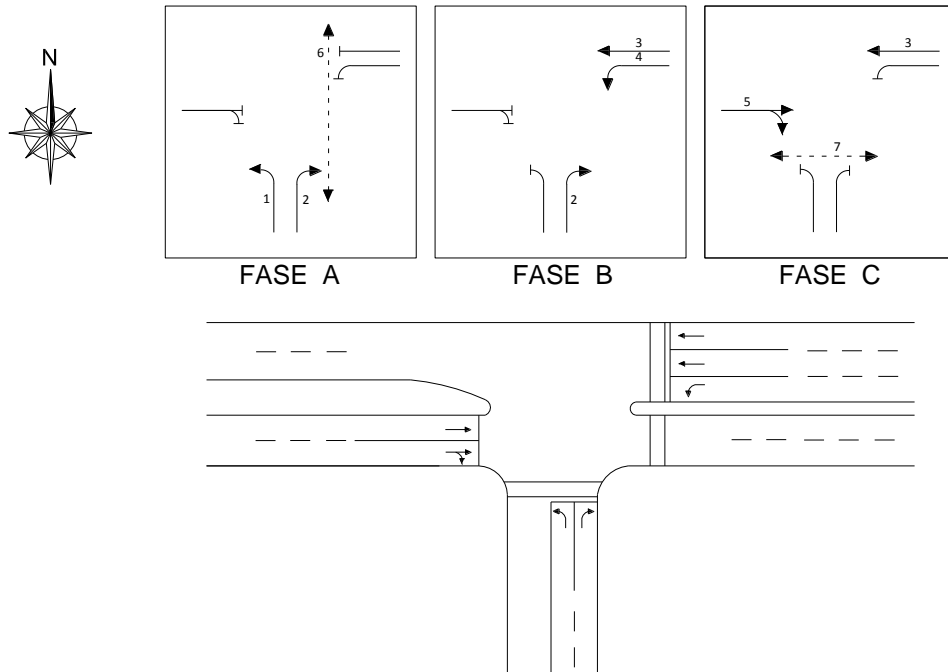
- **Movimiento crítico:** es el que, de todos los que tienen derecho de paso en una fase, requiere de más tiempo de verde, debido a la extensión de la cola formada durante el rojo.
- **Movimiento traslapado:** es un movimiento que dispone de verde en fases consecutivas. Luego, el tiempo de enterverde correspondiente a dichas fases no representa una pérdida para el movimiento traslapado.

Por convención el (los) acceso(s) que tienen orientación norte-sur se asocia(n) a la primera fase del semáforo (Fase A).

Un ejemplo de definición de fases se puede ver en la Figura 4-9, en la cual se muestra una intersección operando en tres fases, las que se identifican con las letras A, B y C. Se definen en ella cinco movimientos vehiculares, identificados con los números 1 a 5, y dos movimientos peatonales (que no distinguen sentido de circulación), identificados como 6 y 7 y que se muestran con línea punteada.

En el ejemplo, dos de las pistas provenientes del oriente han sido agrupadas en el movimiento 3 y las dos pistas provenientes del poniente en el movimiento 5.

Figura 4-9 Ejemplo de definición de fases



La configuración de fases del semáforo puede describirse a través de una matriz de movimientos y fases. En esa matriz para cada movimiento se identifica la fase en la que se inicia su derecho de paso y la fase en la que termina. Para el ejemplo anterior la matriz de movimientos y fases se presenta en el cuadro siguiente.

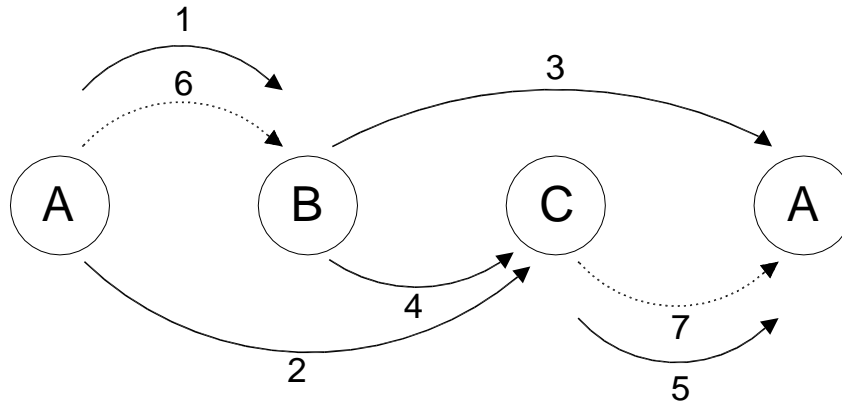
Cuadro 4-5 Matriz de movimientos y fases

Movimiento	Fase de inicio	Fase de término
1	A	B
2	A	C
3	B	A
4	B	C
5	C	A
6	A	B
7	C	A

Los movimientos 2 y 3 son traslapados pues tienen verde durante dos fases consecutivas: A-B y B-C, respectivamente.

El diseño de fases suele representarse también en un grafo como el que se muestra en la Figura 4-10, en donde las fases se representan por nodos (dispuestos de izquierda a derecha) y los movimientos por arcos que unen los nodos (fases) de inicio y término correspondientes. Los arcos con línea punteada representan movimientos peatonales.

Figura 4-10 Grafo para representar el diseño de fases



Este grafo es de utilidad para identificar los movimientos críticos, que son los que determinan el tiempo de ciclo y los repartos en el semáforo.

El diseño de un sistema de fases depende de la configuración geométrica de la intersección (el número de calzadas y uso de pistas) y la cantidad de virajes, en especial a la izquierda. Esto es fundamental pues implica que los diseños geométrico y operativo deben estudiarse simultáneamente.

El objetivo del diseño de fases es minimizar los accidentes (mediante la reducción de conflictos entre movimientos), y maximizar la eficiencia operativa de la intersección reduciendo demoras, colas y detenciones. De esta manera, el diseño de fases dependerá de:

- número de pistas disponibles para los movimientos en cada acceso y salida de la intersección;
- magnitud de los flujos vehiculares según movimiento;
- manejo de peatones en la intersección, incluyendo la necesidad de fases especiales para ellos;
- alineamiento horizontal y vertical, los cuales determinan el ángulo de la intersección y la distancia de visibilidad disponible, principalmente para los virajes a la izquierda;
- necesidad de mantener coordinación con intersecciones cercanas que imponga restricciones al diseño de las fases para lograr una adecuada progresión del tráfico; y
- consideraciones especiales para cierto tipo de vehículos, tales como buses, vehículos de emergencia, etc.

En función de estos aspectos y su experiencia, el especialista debe establecer el diseño de fases más adecuado en cada intersección.

4.5.3.2 Tratamiento de los virajes

Un aspecto importante del diseño de fases es el tratamiento de los virajes, ya sean con oposición (vehicular o peatonal) o libres.

Las fases que permiten virajes con oposición resuelven los problemas mediante reglas de prioridad, por ejemplo, el vehículo que vira a la izquierda debe ceder el paso al vehículo que proviene de la calzada opuesta. No obstante lo anterior, si el flujo que vira a la izquierda es significativo y las brechas o intervalos para cruzar no son suficientes, se requiere analizar la factibilidad de implementar una fase especial de viraje a la izquierda o bien prohibirlo y re-rutear dicho movimiento hacia otras intersecciones con capacidad disponible.

Permitir virajes con oposición en una fase es una solución eficiente si se utiliza cuando los requerimientos básicos de capacidad se satisfacen. Esto ocurre cuando hay suficientes brechas en el flujo opositor como para permitir los virajes y hay suficiente espacio para albergar a la cola de vehículos que desean virar mientras esperan para aprovechar estos intervalos. Al mismo tiempo se requiere que se cumplan algunos requisitos de seguridad básica, como que exista buena visibilidad, distancia de entrecruzamiento aceptable (generalmente no cruzar más de dos pistas), y velocidades razonables. Si estas condiciones no se cumplen es necesario permitir sólo virajes libres y controlar los virajes problemáticos mediante fases especiales, o como se mencionó previamente, prohibir esos virajes en la intersección analizada.

En algunos casos un movimiento de viraje puede hacer uso de dos fases, una en que el viraje no está obstaculizado y otra en que sí lo está. Esto puede lograrse en la práctica de dos maneras, sin embargo, sólo es factible en el caso que el diseño de la intersección y/o las capacidades de los accesos con movimientos de

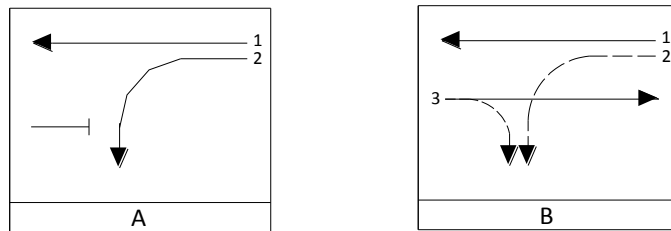
viraje presenten más de una pista (mínimo dos pistas compartidas o al menos una pista normal junto a una pista exclusiva de viraje a la izquierda).

- En el primer caso (viraje adelantado) se da derecho de paso a los vehículos que viran antes que al movimiento que los obstaculiza. Esta modalidad de viraje se aplica retardando el inicio de fase del movimiento opositor.
- La segunda opción (viraje retrasado) consiste en permitir el viraje junto con el movimiento opositor, de manera que el viraje se realice con oposición desde el inicio de fase, y al final de la fase se permite el viraje sin oposición deteniendo al movimiento opositor. En este caso la operación no es tan eficiente, pues si el volumen del viraje es alto se podrían generar colas en la pista de viraje que entorpezcan la circulación en la pista adyacente.

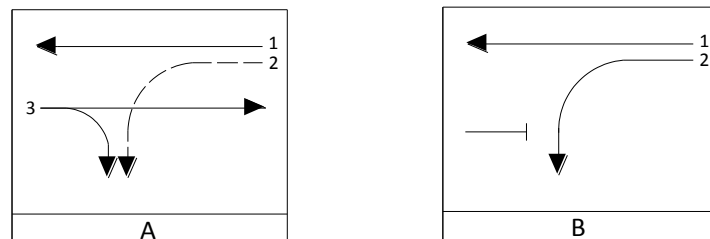
Ambos casos se presentan en la figura siguiente.

Figura 4-11 Tipos de viraje con oposición

Viraje adelantado



Viraje retrasado



Estas dos modalidades tienen ventajas y desventajas que deben ser analizadas con cuidado, ya que en lugar de generar beneficios pueden perjudicar la operación de la intersección. El volumen de los movimientos involucrados y la capacidad de los accesos son los principales aspectos a considerar.

En ningún caso este esquema de fases es aplicable en intersecciones con sólo una pista en el acceso desde donde se realiza el viraje. Si la intersección tiene poca capacidad y los volúmenes de flujo de los virajes son muy altos, lo más recomendable es separar las fases por acceso, sin embargo, ese esquema conlleva un aumento de las fases y un deterioro en el nivel de servicio de la intersección, ya que aumentan los tiempos perdidos y las demoras.

Por otra parte, existen ciertos aspectos que deben ser considerados a la hora de definir o modificar el esquema operativo de una intersección semaforizada, en particular, si el grado de saturación es superior o cercano al grado de saturación práctico. Al respecto, los casos que ameritan ser analizados son los que se describen a continuación.

4.5.3.2.1 Prohibición de virajes a la izquierda y necesidad de rutas alternativas

En general son los virajes a la izquierda con volúmenes de flujo importantes los que generan mayores conflictos en la definición del esquema de fases óptimo, ya que en gran parte de los casos requieren fases especiales. El aumento de fases en una intersección saturada genera trastornos en las condiciones de operación de la intersección y/o en la red en la cual se encuentra inserta. Por lo tanto, previo a la redefinición o aumento de fases se debe analizar la factibilidad de reorientar o reasignar el movimiento de viraje izquierda.

Para ello, es necesario estudiar la red vial y determinar si el re-ruteo resulta conveniente o no, mediante la evaluación de los escenarios de reasignación de flujos, idealmente utilizando los modelos de tránsito adecuados.

En ciertos casos el aumento de fases puede requerir modificaciones de hardware en los controladores para incorporar esas fases de viraje, además de cambios en los cabezales.

4.5.3.2.2 Virajes a la izquierda en corredores segregados

En la implementación de corredores segregados centrales para transporte público puede ser necesario eliminar fases de viraje a la izquierda existentes para mejorar las condiciones operativas del corredor. Al omitir los virajes izquierda se reduce el número de fases y, por consiguiente, se puede asignar mayor tiempo de verde al corredor o bien disminuir el tiempo de ciclo.

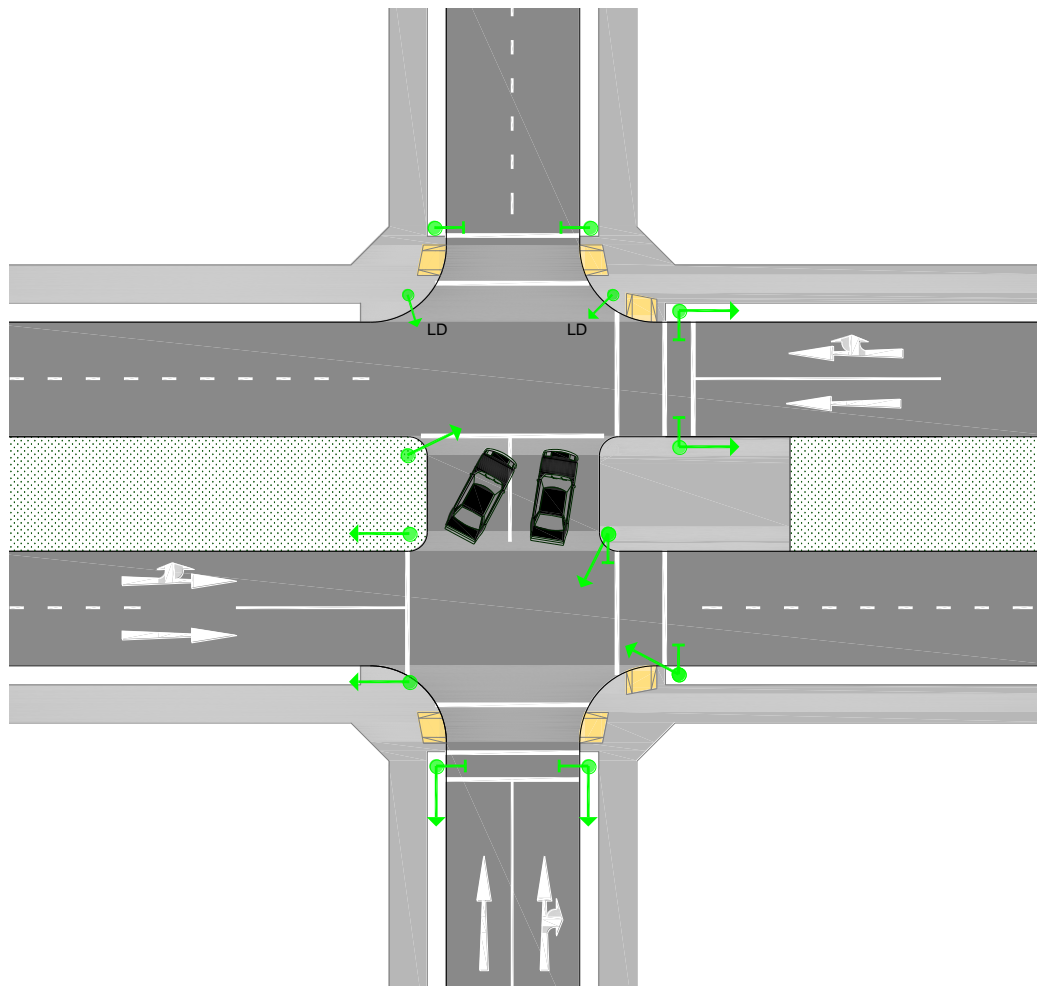
En el caso de que se permitan los virajes izquierda en un corredor segregado central, estos en general se permiten desde las vías de transporte privado. En consecuencia, las intersecciones semaforizadas de los corredores deben contemplar un número significativo de etapas⁹ vehiculares y peatonales por fase, además de incorporar lámparas que identifiquen claramente los movimientos que son permitidos en cada fase, distinguiendo los derechos de paso de los flujos de buses y del resto de los vehículos. Tanto el diseño operativo como el proyecto de ubicación de postes y tipo de lámparas de semáforo deben ser cuidadosamente analizados, de modo que se minimicen las situaciones de riesgo de entrecruzamientos de los flujos del corredor y los de transporte privado.

4.5.3.2.3 Virajes a la izquierda en intersección con arcos cortos

En el diseño operativo de una intersección con arcos cortos y uno o más virajes a la izquierda con volúmenes significativos es recomendable analizar la factibilidad de re-rutear dichos movimientos, ya que en caso contrario se generarán colas que podrían bloquear al flujo directo de las pistas adyacentes.

En caso que sea necesario permitir los virajes a la izquierda no es recomendable utilizar lámparas comunes para señalar la fase especial de viraje, pues podría generarse una situación confusa para los usuarios que esperan en la línea de detención de la vía transversal. Es por ello que para este tipo de situaciones se han utilizado lámparas direccionales. Estas lámparas se deben ubicar siempre en postes vehiculares simples secundarios. Por ejemplo, si existe un desfase en la misma vía y ésta posee una mediana angosta, la lámpara direccional permite la evacuación de la mediana, con menos confusión para los conductores que se encuentran en la misma vía pero más atrás, tal como se indica en la figura siguiente.

Figura 4-12 Ubicación de lámparas direccionales (LD)



⁹ En ese contexto una etapa es un grupo de movimientos controlados por una cierta indicación del semáforo. Generalmente se tendrán más etapas que fases en un semáforo. Al definir más etapas se tiene una mayor flexibilidad para entregar derecho de paso a los distintos usuarios.

Generalmente el cabezal de la lámpara direccional muestra luz verde unos segundos antes para permitir la evacuación de la mediana, asignándole una etapa independiente en la programación del controlador. Este esquema operativo genera confusión entre algunos usuarios que asumen que las lámparas direccionales están defectuosas al apreciar la luz que despliegan solamente desde ciertos ángulos de visión. Por lo anterior, el uso de este tipo de lámparas debe estudiarse cuidadosamente.

4.5.4 Entreverdes

El tiempo de entreverde es el período que va desde que termina el tiempo de verde para el movimiento que pierde el derecho de paso hasta el inicio del verde para el movimiento que gana derecho de paso. Está compuesto por un tiempo de amarillo y un período de rojo simultáneo o rojo-rojo que puede existir o no.

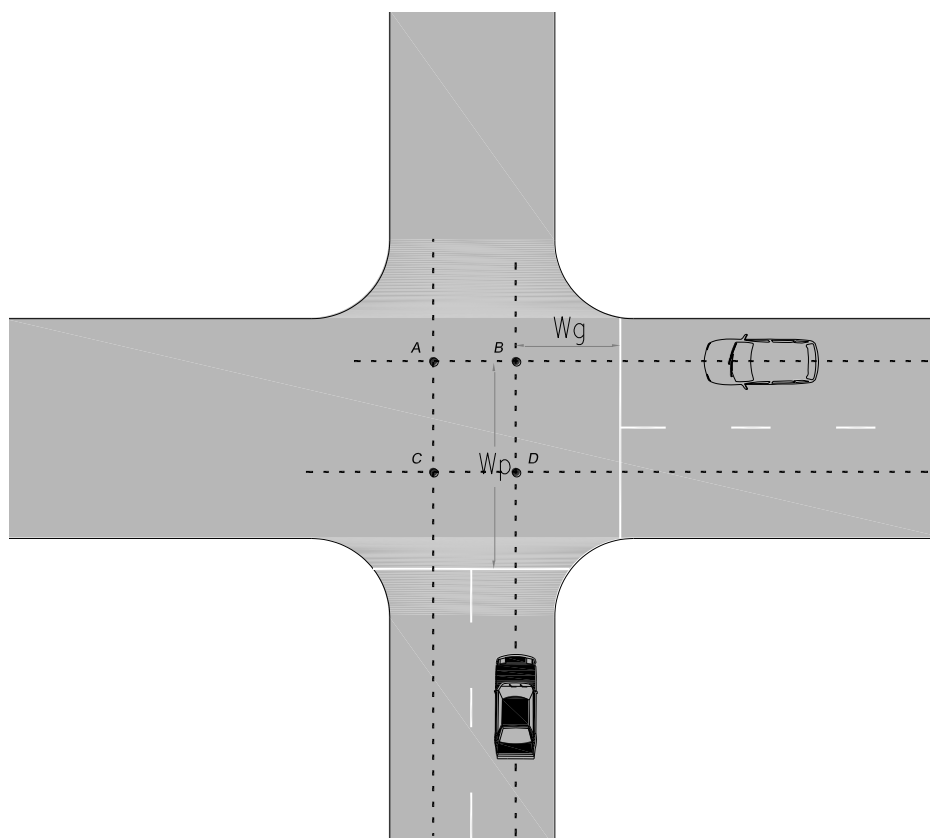
Los conductores que enfrenten la luz amarilla deben detenerse antes de entrar al cruce, pues les advierte que el color rojo aparecerá a continuación. Si la luz amarilla los sorprende tan próximos al cruce que ya no puedan detenerse con suficiente seguridad, deben continuar con precaución.

Según esta definición el objetivo del período de amarillo es evitar detenciones bruscas cuando se inicia el período de rojo y así minimizar colisiones por alcance. En estricto rigor el tiempo de amarillo depende de la velocidad de aproximación de los vehículos, el tiempo de reacción de los conductores y otras variables, pero el uso de períodos largos de amarillo induce a que los conductores, que conocen ese hecho, se confíen y lo consideren como si fuera tiempo de verde.

Debido a lo anterior, en los equipos semafóricos utilizados en Chile, y que cumplen las especificaciones técnicas de la UOCT, el período de amarillo dura siempre 3 segundos. En la medida que se requiera un tiempo mayor producto de una velocidad de aproximación más alta u otra razón puede utilizarse adicionalmente el período de rojo-rojo.

La existencia de un período de rojo-rojo depende de la necesidad de un tiempo adicional para que los vehículos que crucen la línea de detención al final del amarillo puedan desalojar con seguridad la intersección. Para determinar su duración se deben establecer las distancias de conflicto en su caso más desfavorable, como lo muestra la siguiente figura.

Figura 4-13 Definición de la distancia de conflicto



Se trata entonces de que el vehículo que pierde derecho de paso esté, al terminar el período de entreverde, más allá del punto de conflicto más crítico. En general siempre existen varios puntos de conflicto al considerar las trayectorias de los distintos movimientos permitidos en cada pista de la intersección. En la Figura 4-13 se muestran cuatro, denominados A, B, C y D. El punto más crítico (en el ejemplo, el punto B) es aquel en que se maximiza la diferencia entre el tiempo que le toma llegar a él a un vehículo del movimiento i que pierde derecho de paso y a uno que gana derecho de paso. Esa diferencia corresponde al tiempo de rojo-rojo para el movimiento i . Luego:

$$RR_i = T_{p,i} - T_{g,i} \quad (4-14)$$

con

$$T_{p,i} = \frac{w_{p,i} + L_{v,i}}{v_{p,i}}$$

$$T_{g,i} = \frac{w_{g,i}}{v_{g,i}}$$

donde

- RR_i : período de rojo-rojo para el movimiento i , redondeado al entero superior (s)
- $w_{p,i}$: distancia entre la línea de detención y el punto de conflicto más crítico para los vehículos del movimiento i que pierde derecho a paso (m)
- $v_{p,i}$: velocidad promedio de los vehículos del movimiento i que pierden derecho a paso (m/s)
- $w_{g,i}$: distancia entre la línea de detención y el punto de conflicto más crítico para los vehículos que ganan derecho a paso (m) una vez que lo pierde el movimiento i
- $v_{g,i}$: velocidad promedio de los vehículos que ganan derecho a paso (m/s) una vez que lo pierde el movimiento i . Se puede considerar como aproximación la mitad de la velocidad en el arco correspondiente
- $L_{v,i}$: longitud promedio de los vehículos en el movimiento i (s)

En la expresión anterior es necesario considerar que para fines de programación del semáforo, el valor del tiempo de rojo-rojo debe ser único para la intersección y, por lo mismo, se debe utilizar el valor de RR más alto entre todos los movimientos existentes. En intersecciones con 1 o 2 pistas por acceso el tiempo de rojo-rojo calculado y redondeado al entero superior puede resultar menor a 1 segundo ($RR < 0,5 \text{ s}$) caso en el que resulta $RR = 0$.

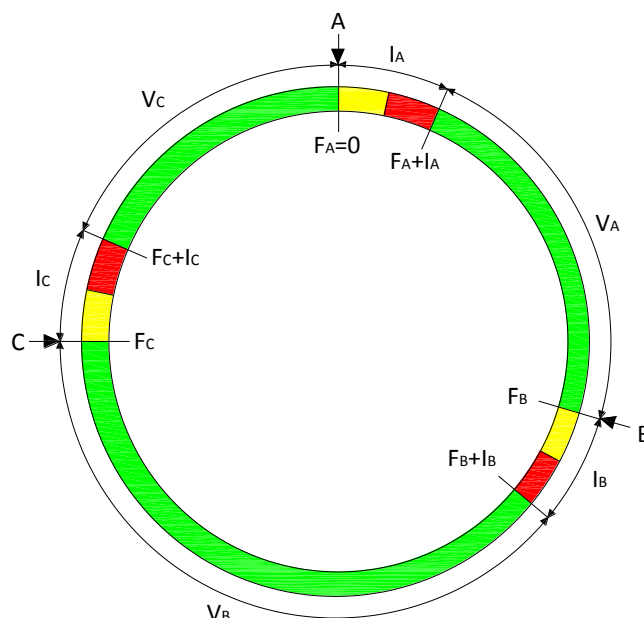
En consecuencia, el período de entreverde (I_i) para cualquier movimiento i es igual a:

$$I_i = AM_i + \max_i(RR_i) = 3 + \max_i(RR_i) \quad (4-15)$$

Los valores típicos del tiempo de entreverde varían entre 3 y 5 segundos, aunque puede ser necesario utilizar valores más altos en intersecciones de gran tamaño que no dispongan de mediana o bandejón con ancho suficiente para almacenar vehículos.

La siguiente figura muestra una representación cíclica de las fases y tiempos del semáforo para el ejemplo que aparece en la Figura 4-9.

Figura 4-14 Representación cíclica de tiempos del semáforo



Finalmente, de acuerdo con el modelo binario de descarga descrito en la sección 4.3.1, el tiempo perdido (l_i) o tiempo durante el cual el movimiento i no circula en la fase en la que tiene derecho de paso está dado por:

$$l_i = I_i + \lambda_{1i} - \lambda_{2i} \quad (4-16)$$

donde:

λ_{1i} = pérdida inicial para el movimiento i

λ_{2i} = ganancia final o ganancia de amarillo para el movimiento i

Los valores recomendados para estos dos parámetros se presentan en Manual de “Programación y modelación de semáforos” (www.uoct.cl).

4.5.5 Restricciones de la programación

La optimización de la programación de un semáforo debe considerar un conjunto de restricciones que tienen por objetivo generar condiciones mínimas de seguridad a los usuarios y limitar la magnitud de las demoras. Las condiciones de seguridad se establecen imponiendo valores mínimos de los tiempos de verde, de modo que los usuarios dispongan de un tiempo razonable para cruzar la intersección. El control de las demoras se realiza imponiendo niveles máximos admisibles de saturación y acotando superiormente el tiempo de ciclo. A continuación se detallan estas restricciones.

4.5.5.1 Verdes mínimos

El período de verde de un movimiento debe acotarse inferiormente para que exista un lapso mínimo razonable para el cruce de vehículos y/o peatones. Para los vehículos el tiempo mínimo de verde es 8 segundos y para los peatones la suma entre el tiempo promedio de cruce de la calzada y un margen de seguridad de 5 segundos. Los valores anteriores son válidos también cuando se tienen fases vehiculares o peatonales exclusivas, según corresponda.

Considerando que por lo general en una fase se tiene el paso simultáneo de vehículos y peatones en sentido paralelo a los vehículos, es necesario considerar para esos casos el máximo entre ambos tiempos de verde mínimo, es decir,

$$Vmin_i = \max \left\{ 8 ; 5 + \frac{w_i}{v_c} \right\} \quad (4-17)$$

donde

$Vmin_i$: verde mínimo del movimiento vehicular i (s) para una fase vehicular conjunta con una fase peatonal.

w_i : ancho de calzada que cruzan los peatones cuando el movimiento vehicular i tiene derecho de paso (m).

v_c : velocidad promedio de caminata de los peatones. Depende de las características de las personas, principalmente su edad y las eventuales limitaciones de movilidad que presenten. Si no se dispone de información adicional, los valores que deben utilizarse son los que se indican a continuación.

Cuadro 4-6 Velocidad promedio de caminata para el cálculo del verde mínimo

Tipo de peatones	Velocidad caminata (m/s)
Población en general: principalmente adultos y jóvenes	1,1
Adultos mayores, niños, personas con movilidad reducida	0,9

Si existe una isla peatonal, una mediana o un bandejón que permita a los peatones cruzar en dos etapas entonces w_i puede corresponder solamente a la calzada más ancha. Esto siempre que exista suficiente espacio para que los peatones se acumulen y esperen el momento en que puedan cruzar la segunda calzada en condiciones adecuadas de seguridad.

4.5.5.2 Grado de saturación práctico

La programación de un semáforo debe evitar que alguno de los movimientos resulte con un grado de saturación elevado pues en esa situación aumentos leves del flujo producen condiciones de sobresaturación que incrementan significativamente la demora y la longitud de cola de ese movimiento.

En función de lo anterior, se requiere utilizar una cota superior del grado de saturación, denominada grado de saturación práctico (x_p). Su valor normal es 0,9 pero puede variarse en el rango [0,85; 0,95] dependiendo de la magnitud del flujo y la capacidad de almacenaje del movimiento. Los valores superiores son aplicables solamente a movimientos de bajo flujo y que no presenten riesgos de bloquear a otros movimientos.

4.5.5.3 Tiempo de ciclo mínimo y máximo

El valor mínimo del tiempo de ciclo surge cuando todos los movimientos requieren el tiempo mínimo de verde definido en la sección 4.5.5.1. Teniendo en cuenta que en ese caso puede resultar un valor muy bajo, por convención se debe adoptar 40 segundos como valor mínimo del tiempo de ciclo. Por el contrario, el valor máximo que puede utilizarse es 120 segundos para así evitar demoras excesivas a los usuarios generadas por tiempos de rojo muy extensos.

Si aún con el ciclo máximo existen problemas de saturación ($x_i > x_{p_i}$), se pueden considerar las siguientes alternativas para resolver la situación de sobresaturación:

- cambiar el diseño de fases para asignar mayor tiempo de verde a los movimientos que están saturados;
- disminuir el flujo vehicular mediante prohibición de algunos virajes y su correspondiente resignación a otra ruta; o
- aumentar el flujo de saturación de los movimientos críticos mediante rediseños geométricos y/o aumentos del número de pistas disponibles para esos movimientos.

En casos excepcionales la UOCT puede autorizar el uso de tiempos de ciclo superiores a 120 segundos.

4.6 Indicadores de rendimiento

4.6.1 Generalidades

Para optimizar la programación de los semáforos se deben considerar los impactos que ella tiene en un conjunto de variables que dan cuenta del funcionamiento de las intersecciones, ya sean aisladas o en red. Se dirá que una programación es óptima si genera, por ejemplo, el menor consumo de tiempo de los usuarios, sujeta a un conjunto de condicionantes asociadas a la seguridad en la circulación de todos ellos.

Las variables a considerar en la optimización son las demoras, detenciones, longitudes de cola y capacidad de reserva. Para incorporar simultáneamente el impacto de la programación en un conjunto de estas variables se utiliza un indicador de rendimiento agregado, que corresponde a una suma ponderada de todas o algunas de ellas.

En intersecciones aisladas la estimación de las variables mencionadas puede realizarse mediante métodos analíticos pues se asume que las llegadas de vehículos se producen aleatoriamente pero con tasa media constante (sigue un proceso de Poisson). En intersecciones en las que el patrón de llegadas está influenciado por intersecciones semaforizadas cercanas se requiere además el uso de técnicas de simulación que tengan en cuenta la existencia de pelotones de vehículos que se desplazan por las vías.

A continuación se describen los métodos de estimación de las variables de interés y la determinación del indicador de rendimiento.

4.6.2 Longitud de cola

La longitud de cola tiene importancia desde el punto de vista del diseño físico y de la validación de los modelos. En el primer caso es útil para determinar, por ejemplo, la longitud necesaria de las pistas de viraje, y en el segundo caso, como un indicador de la capacidad del modelo de tránsito construido para reproducir las condiciones observadas de circulación.

Las colas de vehículos que se producen en una intersección semaforizada son de dos tipos:

- Cíclicas, generadas por alternancia de períodos de verde y rojo. Se denominan colas uniformes y evolucionan dentro de cada ciclo; y
- Tendenciales y aleatorias, que son dependientes del grado de saturación de la pista. Se denominan colas excedentes y evolucionan a lo largo del período de análisis.

La longitud de cola permite predecir la existencia o no de fenómenos de bloqueo, característicos de sectores urbanos congestionados. Bajo esta perspectiva interesa la extensión máxima de la cola.

Para una intersección aislada la longitud promedio (N_i) y la extensión máxima de la cola ($N_{m,i}$) en un ciclo para el movimiento i está dada por la suma de una componente uniforme y una excedente, como se muestra a continuación:

$$N_i = \underbrace{q_i r e_i}_{\text{uniforme}} + \underbrace{N_{o,i}}_{\text{excedente}} \quad (\text{veh}) \quad (4-18)$$

$$N_{m,i} = \frac{q_i r e_i}{1 - y_i} + N_{o,i} \quad (\text{veh}) \quad (4-19)$$

donde:

- q_i : flujo del movimiento i (veh/s)
- $r e_i$: rojo efectivo para movimiento i (s), $r e_i = c - v e_i$
- y_i : razón de flujo del movimiento i , $y_i = q_i / s_i$
- $N_{o,i}$: longitud de cola excedente para el movimiento i (veh), dada por

$$N_{o,i} = \begin{cases} \frac{Q_i T}{4} \left[(x_i - 1) + \sqrt{(x_i - 1)^2 + \frac{8k(x_i - x_0)}{Q_i T}} \right] & \text{si } x_i \geq x_0 \\ 0 & \text{si } x_i < x_0 \end{cases} \quad (4-20)$$

donde $Q_i = s_i v e_i$ es la capacidad del movimiento i , T la duración del período de análisis (una hora típicamente) y $x_i = q_i / Q_i$ el grado de saturación del movimiento. Los valores de los parámetros x_0 y k son dependientes del movimiento y se indican a continuación.

$$x_0 = 0,67 + \frac{s_i v e_i}{600} \quad (4-21)$$

$$k = 3/2$$

La expresión para $N_{o,i}$ (Fernández, R., "Elementos de la Teoría del Tráfico Vehicular", 2008) es válida si se supone la formación de una cola vertical en la línea de detención, pero la cola real (horizontal) formada por estos vehículos hace que otros se incorporen a ella antes de llegar a la línea de detención. Se puede demostrar que el número real de vehículos en una cola horizontal ($\tilde{N}_{o,i}$) está dado por:

$$\tilde{N}_{o,i} \approx 1,1 N_{o,i} \quad (4-22)$$

Teniendo en cuenta que $N_{m,i}$ representa un valor promedio (y por lo tanto superado el 50% de las veces) es conveniente dimensionar las pistas exclusivas de viraje a partir de un largo crítico de cola ($N_{c,i}$) del movimiento i , que se estime de modo que su valor se supere en una proporción baja de los ciclos. Esa longitud se estimará como el doble de la extensión máxima de cola, es decir,

$$N_{c,i} = 2N_{m,i} = 2 \left(\frac{q_i r e_i}{1 - y_i} + 1,1 N_{o,i} \right) \quad (4-23)$$

En consecuencia, la longitud de la pista requerida para almacenar la cola de vehículos ($\tilde{l}_{c,i}$) está dada por

$$\tilde{l}_{c,i} = \frac{j N_{c,i}}{n} \quad (4-24)$$

donde j es el espacio promedio ocupado por un vehículo en la cola y n es el número de pistas utilizadas para almacenar los vehículos de la cola estimada.

En intersecciones que presentan patrones de llegadas no aleatorios, influenciados por la presencia de intersecciones semaforizadas cercanas, la componente uniforme de la longitud de cola, demoras y detenciones debe ser estimada mediante una técnica de simulación, pues las expresiones anteriores asumen que la llegada de los vehículos se produce a tasa media constante dentro del ciclo.

En efecto, la cercanía entre intersecciones hace que la llegada de los vehículos se produzca en pelotones y, en consecuencia, la magnitud de la cola no es independiente de los instantes en que llega el pelotón de vehículos y el instante de inicio del tiempo de verde (o rojo). Para abordar ese fenómeno el programa TRANSYT realiza simulaciones de la operación de la red mediante histogramas cíclicos, en los que el flujo vehicular se asocia a unidades temporales de pocos segundos. Con estos histogramas se simula la progresión de los pelotones de vehículos que salen de las intersecciones y cómo se dispersan a lo largo de las vías producto de la diferencia de velocidades entre ellos. Así por ejemplo se puede establecer que determinados vehículos al llegar a una intersección deben detenerse producto de que el semáforo se encuentra en rojo, mientras que otros pueden continuar sin detenerse porque hay luz verde y no hay vehículos detenidos delante. Un enfoque similar pero más detallado es el que se utiliza en un microsimulador, pero en ese caso se estima la trayectoria de cada vehículo, cómo interactúa con los otros vehículos (o peatones) y cómo ese vehículo es afectado por la regulación de las intersecciones.

4.6.3 Demoras

La demora corresponde al tiempo de viaje adicional que la regulación de una intersección impone a los usuarios en comparación con la situación en que el usuario dispone de preferencia de paso por ella.

Es posible distinguir dos maneras de expresar la demora. La primera corresponde a la tasa media de demora (D) y la segunda a la demora media por vehículo (d). La tasa media de demora corresponde a la demora total en que incurren los usuarios por unidad de tiempo durante un cierto período; la demora media es el tiempo adicional que en promedio cada usuario (vehículo) experimenta en un período.

Para un movimiento i en una intersección aislada se tienen las siguientes expresiones para estas dos variables (Fernández, R., "Elementos de la Teoría del Tráfico Vehicular", 2008), en las que, al igual que para la longitud de cola, se distinguen las componentes uniforme y excedente:

$$D_i = \underbrace{\frac{q_i c (1 - \mu_i)^2}{2(1 - y_i)}}_{\text{uniforme}} + \underbrace{N_{o,i} x_i}_{\text{excedente}} \left(\frac{veh - UT}{UT} \right) \quad (4-25)$$

$$d_i = \frac{c(1 - \mu_i)^2}{2(1 - y_i)} + \frac{N_{o,i}}{Q_i} \left(\frac{veh - UT}{veh} \right) \quad (4-26)$$

donde UT es una unidad de tiempo, normalmente hora para D y segundos para d .

Por definición la componente uniforme se define para grados de saturación menores que 1 (de modo que solamente evolucione dentro del ciclo). Por lo tanto, si eso no ocurre se asigna el valor $x_i = 1$, o equivalentemente $y_i = \mu_i$ para el primer término de las expresiones anteriores. Por ejemplo, para la tasa media de demora resultaría $D_i = \frac{q_i c (1 - \mu_i)}{2} + N_{o,i} x_i$.

Para intersecciones que forman parte de una red la componente uniforme se estima mediante simulación. La componente excedente se estima con las expresiones incluidas en las ecuaciones (4-25) y (4-26).

En el análisis de movimientos peatonales puede ser necesario tener una estimación de la demora que experimentan esos usuarios para cruzar una intersección semaforizada. Para estimar ese valor es necesario tener en cuenta que el flujo de saturación peatonal de un cruce es del orden de 8.000 peat/h para un cruce de 2 m de ancho¹⁰ y, por lo mismo, el grado de saturación resultante es generalmente cercano a cero. De esta manera la demora peatonal puede estimarse mediante la ecuación (4-26), pero asumiendo que $x = 0$, luego

¹⁰ El flujo de saturación se estima como $s = wvd$ donde w es el ancho del cruce, v la velocidad promedio de los peatones y d la densidad promedio de la corriente vehicular. Con $w = 2 \text{ m}$, $v = 1,1 \text{ m/s}$ y $d = 1 \text{ peat/m}^2$ se obtiene $s = 7.920 \text{ peat/h}$

$$d_{peat} = \frac{c(1 - \mu_{peat})^2}{2} = \frac{r_{e,peat}}{2} (1 - \mu_{peat}) \quad (UT) \quad (4-27)$$

donde μ_{peat} y $r_{e,peat}$ son la razón de verde efectivo y el rojo efectivo del movimiento peatonal analizado, respectivamente. El término $r_{e,peat}/2$ corresponde a la demora promedio de los peatones que llegan durante el rojo peatonal efectivo, valor que se pondera por un término menor que 1 debido a que los peatones que llegan durante el verde efectivo peatonal tienen demora nula.

A falta de otra información se puede asumir que la pérdida en la partida y la ganancia final de los peatones son iguales ($\lambda_{1,peat} = \lambda_{2,peat}$) y en consecuencia $r_{e,peat} = c - v_{e,peat} = c - V_{peat}$, ver sección 4.3.1.

4.6.4 Detenciones

Las detenciones de los vehículos que genera el funcionamiento de un semáforo son un efecto relevante de tener en cuenta al optimizar la programación, pues cada detención y posterior puesta en marcha tiene asociado un consumo de combustible y una emisión de contaminantes significativos en comparación con la circulación a velocidad constante.

Tal como en los casos previos se pueden distinguir las componentes uniforme y excedente de la tasa media de detenciones (H) y del número medio detenciones por vehículo (h). Las respectivas expresiones se indican a continuación:

$$H_i = \underbrace{q_i \frac{1 - \mu_i}{1 - y_i}}_{\text{uniforme}} + \underbrace{\frac{N_{o,i}}{c}}_{\text{excedente}} \quad \left(\frac{\text{det}}{UT} \right) \quad (4-28)$$

$$h_i = \frac{1 - \mu_i}{1 - y_i} + \frac{N_{o,i}}{q_i c} \quad \left(\frac{\text{det}}{\text{veh}} \right) \quad (4-29)$$

Debido al uso del modelo binario de descarga una proporción de vehículos que solamente ajustó su velocidad al aproximarse a la línea de detención se contabiliza como si se hubiese detenido completamente. Esto induce una sobreestimación de las detenciones que puede ser corregida aplicando un factor de ponderación menor que 1. Se debe aplicar 0,9 como ponderador de H y h para que correspondan a detenciones completas.

Para intersecciones que forman parte de una red la componente uniforme se estima mediante simulación. La componente excedente se calcula con las expresiones incluidas en las ecuaciones (4-28) y (4-29).

4.6.5 Indicador a nivel de movimiento

A partir de las demoras y detenciones es posible construir un indicador agregado, ponderando cada variable por un parámetro con valor económico. De esta manera se construye una variable expresada en unidades monetarias (UM) por unidad de tiempo, típicamente horas.

Para fines de optimización de la programación en una intersección aislada, el indicador de rendimiento es una función del tiempo de ciclo y el tiempo de verde asociado a un movimiento j , $IR_j(c, V_j)$, como se muestra a continuación. Los precios sociales que señala el indicador son los definidos anualmente por el Ministerio de Desarrollo Social.

$$IR_j(c, V_j) = (w_{1j} + w_2 + w_3)D_j(c, V_j) + (k_1 + k_2 + k_3)H_j(c, V_j) \quad (UM/h) \quad (4-30)$$

donde:

$D_j(c, V_j)$: tasa media de demora (veh-h/h) para el tiempo de ciclo c y tiempo de verde V_j

$H_j(c, V_j)$: tasa media de detenciones (det/h) para el tiempo de ciclo c y tiempo de verde V_j

w_{1j} : tasa ocupación mov. j x valor del tiempo (UM/veh-h)

w_2 : consumo en ralenti x precio combustible (UM/veh-h)

w_3 : emisión en ralenti x "precio" de contaminantes (UM/veh-h)

k_1 : consumo por detención x precio combustible (UM/det)

k_2 : emisión por detención x "precio" contaminante (UM/det)

k_3 : accidentes por detención x "precio" accidente (UM/det)

Esta formulación del indicador es muy amplia en cuanto a los impactos en consumo de recursos. No siempre se dispone de valores fiables para parámetros como w_3 , k_2 y k_3 , caso en el cual no se incluyen en el indicador.

4.6.6 Indicador a nivel de intersección y de red

El indicador de rendimiento total para la intersección (IR_{tot}) es la suma de los indicadores por movimiento, es decir:

$$IR_{tot} = \sum_{j=1}^m IR_j(c, V_j) \quad (4-31)$$

donde m es el número de movimientos en la intersección. De esta manera, para encontrar la programación óptima de la intersección, definida por el tiempo de ciclo (c) y los tiempos de verde de todos los movimientos (V), el problema a resolver es el siguiente, sujeto a restricciones de tiempo de verde mínimo, entreverdes y ciclo mínimo y máximo:

$$\min_{c, V} IR_{tot} \quad (4-32)$$

En el caso de una red de semáforos se agrega la necesidad de establecer los desfases óptimos entre intersecciones (F_n) y considerar la suma de los indicadores de rendimiento de todos los movimientos (j) de cada intersección (n). En ese caso el problema a resolver es:

$$\min_{c, V, F} \sum_{n=1}^N \sum_{j=1}^m IR_{n,j}(c_n, V_{n,j}, F_{n,j}) \quad (4-33)$$

donde N es el número de intersecciones de la red, m el número de movimientos de la intersección n , c_n es el tiempo de ciclo de la intersección n , que es un valor único para todas las intersecciones de la red o la mitad de ese valor en intersecciones con ciclo doble; $V_{n,j}$ es el tiempo de verde en el semáforo de la intersección n asignado al movimiento j y $F_{n,j}$ es el desfase asociado a dicho movimiento en esa intersección.

4.6.7 Capacidad de reserva

La capacidad de reserva es una medida de la vida útil de la programación. Se define como el porcentaje en que puede aumentar el flujo de un movimiento sin que se supere el grado de saturación práctico definido para ese movimiento.

Teniendo en cuenta esa definición, la capacidad de reserva del movimiento j es:

$$CR_j = \left(\frac{xp_j}{x_j} - 1 \right) \times 100 \quad (4-34)$$

Donde x_j es el grado de saturación del movimiento y xp_j es el grado de saturación práctico. Este último se determina según se indica en la sección 4.5.5.2.

Por convención se asocia a la intersección el valor mínimo de la capacidad de reserva de los movimientos que en ella ocurren. En consecuencia se tiene que,

$$CR = \min_j \{CR_j\} \quad (4-35)$$

Si la capacidad de reserva es baja se puede analizar la posibilidad de incrementar el tiempo de ciclo, teniendo cuidado de no superar el valor máximo señalado en la sección 4.5.5.3.

El valor más adecuado de la capacidad de reserva depende de la frecuencia de actualización de las programaciones y del patrón de variación de los flujos. No obstante, se sugiere implementar programaciones con una vida útil no menor a dos años.

4.7 Planes prefijados para semáforos aislados

Se describe a continuación el proceso que se debe realizar para determinar la programación óptima de semáforos que funcionen sin coordinación de su programación con respecto a la de otros semáforos

cercanos, y que por simplicidad se denominan semáforos aislados. La programación se determina para cada uno de los períodos que corresponda.

Este proceso se debe aplicar una vez que un nuevo semáforo se encuentre operando en régimen con una programación de puesta en marcha o cuando se quiera optimizar la programación de semáforos existentes.

En lo que se explica a continuación se asumen conocidos los conceptos y métodos que se presentaron en la sección 4.5. Por lo mismo se describen aquí solamente aspectos que complementan lo señalado en esa sección o describen en términos generales el uso de herramientas computacionales para optimizar la programación.

4.7.1 Modelación y periodización

4.7.1.1 Modelación

La modelación es la representación abstracta de la intersección y no es una labor rutinaria ni de solución única. Es necesario que el analista conozca en profundidad las bases teóricas y las peculiaridades instrumentales de los programas computacionales que se utilicen para establecer la programación óptima, y aplique su criterio en cada caso. Ningún manual o recomendación puede sustituir ese conocimiento y el criterio. En este sentido la inclusión de la tarea de simulación de la situación actual y la disponibilidad de programas computacionales de probada eficacia son aspectos que facilitan el proceso al disponer de métodos de contraste. En la sección 4.4.5 se entrega una recomendación con respecto a los programas computacionales más apropiados.

Hay ciertos fenómenos de indiscutible gravitación en las condiciones de tráfico en las ciudades chilenas, sobre los que no existe suficiente experiencia. Son principalmente los asociados a conflictos funcionales: paradas de buses, carga-descarga y estacionamiento en la calzada, y a la circulación peatonal y su interferencia con la vehicular. Si problemas de este tipo son relevantes, el modelador debe poner cuidado en introducir sus efectos aunque sea indirectamente por medio de los valores de los parámetros pertinentes. El Manual de “Programación y modelación de semáforos” (www.uoct.cl) entrega recomendaciones en este sentido.

En el caso de intersecciones aisladas la modelación se refiere solamente a la intersección de interés y sus accesos. La modelación en este caso corresponderá a la representación de las pistas, sus características operativas y la eventual interacción entre ellas. La programación queda determinada, como se explicó en la sección 4.5, por las condiciones operativas de los movimientos críticos, que a su vez se identifican a partir de sus respectivos flujos y flujos de saturación.

Dependiendo del programa computacional que se utilice es necesario o no determinar a priori el flujo de saturación. En el Manual de “Programación y modelación de semáforos” (www.uoct.cl) se establece el procedimiento que se debe utilizar y un conjunto de recomendaciones para tratar situaciones especiales en las que se debe tener particular atención.

La modelación debe ser validada mediante un proceso de simulación de la Situación Actual y ajuste de la modelación que se requieran para reproducir las condiciones observadas en cada período, como se explica en la sección 4.7.2.

4.7.1.2 Periodización

Como se explicó en la sección 4.4.3.1, la programación del semáforo aislado se realiza para cada uno de los períodos que se determinen como parte del proceso de periodización. El proceso de periodización se debe realizar con la metodología desarrollada por Hadjes (1989) y que se encuentra implementada en el programa computacional PERQT, disponible gratuitamente en la UOCT. En el Manual de “Programación y modelación de semáforos” (www.uoct.cl) se entregan recomendaciones de buenas prácticas en el uso de ese programa, el análisis de sus resultados y las conclusiones del proceso.

La periodización se realiza para una semana tipo representativa única o para distintas semanas tipo representativas de diferentes temporadas: normal y verano, por ejemplo. También pueden existir planes asociados a eventos específicos planificados en los que la demanda sea particularmente distinta de las condiciones habituales de circulación. Por ejemplo, eventos deportivos, ocupación temporal de calzadas para ferias libres o actividades culturales, entre otras situaciones.

4.7.2 Simulación de la situación actual

La tarea de simulación de la situación actual es parte del proceso de programación del semáforo y tiene como objetivo validar los criterios de modelación y los parámetros utilizados para representar su operación. En la medida que se logre lo anterior se puede asegurar que la programación óptima obtenida con ese modelo responderá adecuadamente a las condiciones de circulación de cada período.

4.7.2.1 Desarrollo de la simulación

La simulación de una intersección consiste en correr el programa seleccionado, SIDRA por ejemplo, con los datos de entrada correspondientes al modelo de tránsito construido, para estimar ciertos indicadores operativos que se utilizan para verificar si dicho modelo reproduce razonablemente el funcionamiento de la intersección.

La simulación se debe realizar al menos para cada uno de los dos períodos punta con mayor congestión y aquellos donde se implemente medidas de gestión de tránsito, como reversibilidad de vías, si no coinciden con los primeros. Para esto se deben utilizar los flujos vehiculares y peatonales observados y las programaciones vigentes al momento de realizar las mediciones.

4.7.2.2 Criterios de validación de la simulación

La validación de la simulación se debe realizar mediante el contraste de las longitudes de colas vehiculares a nivel de pista de uso exclusivo o grupos de pistas con uso compartido en cada acceso de la intersección analizada. Para ello y como parte de la medición de flujos y otras variables operativas se debe realizar la medición de colas excedentes. Las mediciones de longitud de cola deben seguir las recomendaciones del MESPIVU.

La modelación está validada cuando las diferencias entre los valores de colas vehiculares excedentes observadas y estimadas difieran en menos de 20% en todas las pistas o grupos de pistas analizadas. La comparación debe realizarse en unidades de vehículos. En el análisis del cumplimiento de esta condición se requiere aplicar criterio ante situaciones donde no se cumpla por un margen estrecho, porque tanto la medición como la estimación están sujetas a incertezas y aleatoriedad.

4.7.2.3 Ajustes en la modelación

En la medida que existan discrepancias mayores al umbral especificado entre los valores observados y estimados de la longitud de cola excedente, deben incorporarse modificaciones a la modelación de la intersección para reducirlas a un nivel aceptable, proceso que se conoce como calibración del modelo. Los cambios pueden afectar tanto a la forma de representar ciertos elementos como al valor de algunos parámetros.

Es de la mayor importancia que tales cambios tengan buen fundamento y no sean simples ajustes para cumplir la condición. Un aspecto clave en este sentido es examinar al mismo tiempo la situación de la intersección en todos los períodos simulados. Así el analista puede entender mejor la causa de las discrepancias encontradas y verificar que los cambios que realice son consistentes en los diversos períodos.

4.7.3 Optimización de la programación

4.7.3.1 Generalidades

Una vez que se disponga de un modelo de tránsito validado según los criterios de la sección 4.7.2, se debe realizar el proceso de optimización de las programaciones de cada período.

La optimización debe restringirse a través de las siguientes condiciones:

- Los tiempos de verde están acotados inferiormente según lo descrito en la sección 4.5.5.1.
- Los tiempos de verde para los peatones se deben calcular como se indica en las secciones 4.5.5.1 y 4.7.5.6.
- El grado de saturación resultante para cada movimiento debe ser inferior al grado de saturación práctico definido en la sección 4.5.5.2.
- El tiempo de ciclo debe acotarse según lo indicado en la sección 4.5.5.3.

En función de estas restricciones y de las características del programa computacional que se utilice se determina la programación que minimice las demoras de los usuarios. Se pueden considerar otros objetivos en la medida que la UOCT los valide.

El procedimiento de cálculo de programaciones que se describe a continuación se basa en un conjunto de variables definidas para un movimiento i . Para evitar errores es recomendable expresar las variables asociadas a flujos en veh/s y las variables temporales en s . Las variables utilizadas se presentan a continuación.

Flujo vehicular:	q_i
Flujo de saturación:	s_i
Grado de saturación práctico:	xp_i
Verde efectivo:	$ve_i = V_i + \lambda_{2i} - \lambda_{1i}$
Verde en el semáforo:	V_i
Verde mínimo en el semáforo:	$Vmin_i$
Verde efectivo mínimo:	$ve_{min,i} = Vmin_i + \lambda_{2i} - \lambda_{1i}$
Tiempo de ciclo:	c
Razón de verde efectivo:	$\mu_i = ve_i/c$
Factor de carga:	$y_i = q_i/s_i$
Capacidad:	$Q_i = \mu_i s_i$
Grado de saturación:	$x_i = q_i/Q_i = y_i/\mu_i = q_i c / (s_i ve_i)$
Entreverde:	$I_i = AM_i + RR_i$
Tiempo perdido:	$l_i = I_i + \lambda_{1i} - \lambda_{2i}$

A partir de estas definiciones es fácil ver que para cada movimiento i se cumple en una fase:

$$ve_i + l_i = V_i + I_i \quad (4-36)$$

Esta relación es importante pues permite definir la programación mediante variables asociadas al semáforo (V, I) o a los movimientos (ve, l) .

4.7.3.2 Identificación de movimientos críticos

Al programar un semáforo aislado los valores por determinar son el tiempo de ciclo (c) y el tiempo de verde del semáforo (V) de cada fase. Como el objetivo es determinar una programación óptima, que minimice un indicador de rendimiento de la intersección en su conjunto, es necesario identificar los movimientos críticos pues son ellos los que determinan los requerimientos de tiempos de ciclo y de verde. Los movimientos críticos son los que requieren mayor tiempo para operar con grado con $x_i = xp_i$.

El tiempo asignado (t_i) a un movimiento es $V_i + I_i$, o equivalentemente:

$$t_i = ve_i + l_i \quad (4-37)$$

Pero como $ve_i = \mu_i c$ y asumiendo el reparto mínimo aceptable, $\mu_i = y_i/xp_i$, se tiene finalmente:

$$t_i = c \frac{y_i}{xp_i} + l_i \quad (4-38)$$

Este tiempo corresponde a aquel que genera $x_i = xp_i$ para cada movimiento en la intersección y debe cumplir además $t_i \geq Vmin_i + I_i$ o equivalentemente $ve_i \geq ve_{min,i} = Vmin_i + I_i - l_i$.

Si no hay movimientos traslapados el movimiento crítico de una fase es aquel para el cual t_i es máximo. Al existir traslapos, se debe encontrar una "ruta crítica" compuesta por la suma de los t_i mayores; los movimientos que la compongan son los críticos.

Como t_i depende de c , para determinar cuáles son los movimientos críticos se debe asumir un valor para esa variable, por ejemplo 100 s. Este supuesto generalmente no afecta la identificación de los movimientos críticos. Las restantes variables que determinan t_i se obtienen de información de terreno o se conocen a priori $(xp, I, \lambda_1, \lambda_2)$. En la sección 4.7.5 se presenta un ejemplo de identificación de movimientos críticos.

4.7.3.3 Determinación del tiempo de ciclo

Sin perjuicio de la forma en que los programas computacionales recomendados realizan esta tarea, se exponen a continuación los principios básicos que se aplican para determinar el tiempo de ciclo en una intersección aislada.

Sea M_c el conjunto de movimientos críticos identificados como se explicó anteriormente, se definen entonces las siguientes variables para la intersección:

$$\begin{aligned} \text{Factor de carga:} \quad & Y = \sum_{i \in M_c} y_i \\ \text{Razón de verde:} \quad & U = \sum_{i \in M_c} \mu_i = (c - L)/c = \sum_{i \in M_c} v e_i / c \\ \text{Tiempo perdido total:} \quad & L = \sum_{i \in M_c} l_i \\ \text{Tiempo de ciclo:} \quad & c = \sum_{i \in M_c} (v e_i + l_i) \text{ o } c = \sum_{i \in \text{fases}} (V_j + I_j) \\ \text{Grado de saturación:} \quad & X = \max_{i \in M_c} \{x_i\} \end{aligned}$$

Para calcular el tiempo de ciclo óptimo se debe utilizar como criterio general la minimización del costo generalizado de los usuarios, el cual está compuesto de demoras y consumo de combustible asociado a las detenciones. Es posible demostrar que el tiempo de ciclo óptimo, c_0 , que minimiza el costo generalizado está dado aproximadamente por la siguiente relación¹¹:

$$c_0 = \frac{(1,4 + k)L + 6}{1 - Y} \quad (4-39)$$

donde el valor del parámetro k se define de acuerdo con lo siguiente

$$k = \begin{cases} 0 & \text{para minimizar demoras} \\ 0,2 & \text{para minimizar costo de demoras y combustible} \\ 0,4 & \text{para minimizar consumo de combustible} \\ -0,3 & \text{para minimizar longitud colas en movimientos críticos} \end{cases}$$

La expresión anterior sólo considera los movimientos críticos (que definen L e Y), pero también los movimientos no-críticos generan consumo de recursos. Para ellos el ciclo óptimo es menor. Luego, es conveniente determinar el valor mínimo del tiempo de ciclo que asegure niveles adecuados de saturación a todos los movimientos y que se denomina tiempo de ciclo práctico (c_p). Para ese ciclo se cumple $x_i = X$ para $i \in M_c$ y $x_i < X$ para $i \notin M_c$.

Se puede demostrar que el ciclo práctico está dado por:

$$c_p = \frac{L}{1 - U} \quad (4-40)$$

La demora en la intersección es función del tiempo de ciclo, no obstante eso, si el tiempo de ciclo varía en el intervalo $[0,75c_0; 1,5c_0]$ la demora se incrementa en menos de un 20%. Por lo tanto, se recomienda elegir un valor entre c_0 y c_p , sujeto a las restricciones señaladas en la sección 4.5.5.

4.7.3.4 Determinación del reparto de tiempo de verde

Definido un tiempo de ciclo, la distribución de tiempos de verde se realiza generalmente aplicando el principio de equisaturación, que es consistente con la minimización de las demoras. Esto lleva a igualar los grados de saturación de los movimientos críticos, lo cual se expresa como:

$$x_i = X \quad \forall i \in M_c \quad (4-41)$$

Además, se puede demostrar que el grado de saturación de la intersección X se minimiza si a los movimientos críticos se les asigna verde efectivo ($v e_i$) en proporción a sus razones de verde efectivo (μ_i),

¹¹Akcelik, R. (1993) Traffic signals: capacity and timing analysis. Australian Road Research Board Ltd. Research Report ARR 123, fifth reprint

calculadas como $\mu_i = q_i / (s_i X) = y_i / X$. Teniendo en cuenta que el tiempo verde efectivo disponible para los movimientos críticos es $(c - L)$, al aplicar lo anterior se obtiene:

$$ve_i = (c - L) \frac{\mu_i}{U} = (c - L) \frac{y_i}{Y} \quad \forall i \in M_c \quad (4-42)$$

Cuando hay movimientos críticos que solamente requieren verde mínimo esta expresión no les aplica. Esos movimientos tienen $ve_i = ve_{min,i}$ valores que se consideran como tiempos perdidos que se suman a L . Además, los correspondientes valores de y_i y μ_i no se incluyen en el cálculo de Y y U , respectivamente.

Finalmente, los repartos en el semáforo para los movimientos críticos son los siguientes:

$$V_i = ve_i + L_i - I_i \quad \forall i \in M_c \quad (4-43)$$

Para los movimientos que no son críticos su reparto está determinado por el reparto de los movimientos críticos con los que comparten fase. El caso más simple se da cuando no existen movimientos traslapados, ya que en esa situación el tiempo de verde efectivo del movimiento no-traslapado (k) que recibe verde en la misma fase que el movimiento crítico (n), cuyos tiempos son ve_n y l_n , está dado por:

$$ve_k = ve_n + l_n - l_k \quad (4-44)$$

donde l_k es el tiempo perdido del movimiento k .

Cuando existe un traslapo y el movimiento traslapado es crítico entonces los tiempos de verde efectivo de los movimientos no traslapados pueden calcularse suponiendo que el tiempo asignado al movimiento crítico (n) forma un sub-ciclo con una duración $c^* = ve_n + l_n$. Entonces el tiempo total disponible para los movimientos no traslapados es $(c^* - L^*)$, donde L^* es la suma de los tiempos perdidos de esos movimientos no traslapados.

Asumiendo la aplicación del criterio de equisaturación, el tiempo de verde efectivo de un movimiento no traslapado (k) es en este caso:

$$ve_k = (c^* - L^*) \frac{\mu_k}{U^*} \quad (4-45)$$

o bien, si el movimiento requiere tiempo de verde mínimo:

$$ve_k = ve_{min,k} \quad (4-46)$$

donde U^* es la suma de las razones de verde de los movimientos no traslapados, $\mu_k = q_k / (s_k x p_k)$ y $ve_{min,k}$ es el tiempo de verde efectivo mínimo para el movimiento k .

Cuando los movimientos críticos no son traslapados (n), pero hay movimientos traslapados no críticos (k), se debe cumplir:

$$ve_k = \sum_{n \in C_{r,k}} (ve_n + l_n) - l_k \quad (4-47)$$

donde $M_{c,k}$ son los movimientos críticos no-traslapados que tienen derecho de paso durante las fases en que tiene derecho de paso el movimiento k .

La programación de un semáforo destinado a controlar el paso de los vehículos puede generar condiciones para que los peatones puedan cruzar la intersección con seguridad. Esto se refuerza mediante cabezales especiales para los peatones que presentarán las siguientes indicaciones¹²:

¹² El significado de cada indicación debe corresponder al señalado en la Ley de Tránsito vigente.

- rojo peatonal: indica que los peatones no pueden ingresar a la calzada ni cruzarla o que los ciclistas deben detenerse antes de la línea de detención;
- verde peatonal continuo: indica que los peatones o los ciclistas pueden cruzar la calzada o intersección, según sea el caso, por el paso correspondiente, esté o no demarcado;
- verde peatonal intermitente: significa que el período durante el cual los peatones o los ciclistas pueden atravesar la calzada está por concluir y se va a encender la luz roja, por lo que deben abstenerse de iniciar el cruce y, a su vez, permite a los que ya estén cruzando la calzada, terminar de atravesarla.

La duración de los dos períodos de verde peatonal debe ser al menos igual al verde mínimo vehicular de la fase en la que cruzan los peatones, ver sección 4.5.5.1. Esta duración debe extenderse si hay un alto flujo peatonal o si la duración de la fase vehicular asociada así lo permite.

La duración del verde intermitente del movimiento peatonal $i(INT_{p,i})$ es igual al 90% del tiempo de cruce de los peatones, asumiendo las velocidades de caminata (v_c) señaladas en el Cuadro 4-6 y la misma distancia de cruce (w_i) utilizada para el cálculo del verde mínimo vehicular correspondiente, es decir:

$$INT_{p,i} = 0,9 \left(\frac{w_i}{v_c} \right) \quad (4-48)$$

A partir de esta definición es posible especificar un tiempo de entreverde del movimiento peatonal $i(I_{p,i})$, análogo al caso vehicular pero más restrictivo desde el punto de vista de la seguridad del peatón. Su valor es igual a la suma del verde intermitente y el rojo-rojo de la fase vehicular correspondiente, es decir,

$$I_{p,i} = INT_{p,i} + RR_{veh(i)} \quad (4-49)$$

donde $RR_{veh(i)}$ es el tiempo de rojo-rojo del movimiento vehicular que tiene derecho de paso junto al movimiento peatonal i , pero que para fines de programación es un valor único para la intersección, y corresponde al valor máximo de todos los movimientos como se explicó en la sección 4.5.4.

En función de lo anterior, el tiempo de verde peatonal continuo ($V_{p,i}$) tiene una duración igual a:

$$V_{p,i} = V_{veh(i)} + I_{veh(i)} - I_{p,i} = V_{veh(i)} + AM_{veh(i)} - INT_{p,i} \quad (4-50)$$

donde $V_{veh(i)}$ y AM_i son el tiempo de verde y amarillo de la fase vehicular que tiene derecho de paso junto al movimiento peatonal i . Asumiendo el valor estándar de 3 segundos para el tiempo de amarillo (válido para semáforos que cumplen la norma UOCT), resulta finalmente:

$$V_{p,i} = V_{veh(i)} + 3 - INT_{p,i} \quad (4-51)$$

De acuerdo con lo anterior y utilizando la expresión del tiempo mínimo de verde vehicular, el tiempo de verde peatonal continuo, en una fase conjunta entre vehículos y peatones, debe cumplir la siguiente relación:

$$V_{p,i} \geq 8 + 0,1 \left(\frac{w_c}{v_c} \right) \quad (4-52)$$

El tiempo de rojo peatonal ($R_{p,i}$) corresponde entonces a

$$R_{p,i} = c - (V_{p,i} + I_{p,i}) \quad (4-53)$$

donde c es el tiempo de ciclo.

Estas relaciones son válidas también para el diseño de fases peatonales exclusivas, es decir, aquellas en que los únicos usuarios de la intersección con derecho de paso son los peatones. Es necesario tener en cuenta que en ese caso no existe una relación entre las indicaciones peatonales y vehiculares como la señalada en la ecuación (4-50), sino que el tiempo de verde continuo exclusivo ($V_{p,i}^{exc}$) e intermitente deben sumar al menos el tiempo de verde mínimo requerido para el cruce seguro de los peatones, tal como se definió en la sección 4.5.5.1, es decir,

$$V_{p,i}^{exc} + INT_{p,i} \geq Vmin_i = 5 + \frac{w_i}{v_c} \quad (4-54)$$

Con lo cual el tiempo de verde peatonal continuo de una fase peatonal exclusiva debe cumplir la relación

$$V_{p,i}^{exc} \geq 5 + 0,1 \left(\frac{W_c}{V_c} \right) \quad (4-55)$$

El valor final del tiempo de verde continuo depende del tiempo de ciclo y los tiempos de verde de las fases vehiculares.

4.7.3.5 Especificación de la programación

Para introducir los planes de programación en el controlador del semáforo es necesario formalizar las variables de programación en un esquema apto para ese propósito. Esto implica centrarse en cada una de las fases con que opera el semáforo, tal como se explica a continuación.

El tiempo de verde en el semáforo para una cierta fase puede calcularse como $V = ve + l - I$ donde $(ve + l)$ es el tiempo asignado a un movimiento que recibe verde solamente durante esa fase e I es el entreverde de la fase.

Cuando existen movimientos traslapados, la duración del tiempo de verde debe obtenerse a partir de la relación siguiente:

$$\sum_{i \in M_{j,k}} (ve_i + l_i) = \sum_{n=j}^{k-1} (V_n + I_n) \quad (4-56)$$

donde $M_{j,k}$ es el conjunto de movimientos que reciben verde consecutivamente entre las fases j y k .

Una vez que los tiempos de verde de todas las fases son conocidos, los instantes de cambio de fase se calculan mediante la siguiente relación:

$$F_i = F_{i-1} + (V_{i-1} + I_{i-1}) \quad (4-57)$$

donde

F_i : instante de cambio de la fase i (s)

F_{i-1} : instante de cambio de la fase anterior a la fase i (s)

Los valores de los cambios de fase deben ajustarse para que $0 < F_i \leq c$, dado el carácter cíclico del funcionamiento del semáforo.

A partir de los cambios de fase se pueden determinar directamente los tiempos de verde efectivo y los tiempos en el semáforo para cada movimiento/fase, pues se cumple que

$$ve = F_k - F_j - l \quad (4-58)$$

donde F_k y F_j son los instantes de término e inicio de la fase correspondiente y l es el tiempo perdido del movimiento. De manera similar, el tiempo de verde en el semáforo está dado por

$$V = F_k - F_j - I \quad (4-59)$$

donde I es el entreverde correspondiente al movimiento.

Para intersecciones aisladas puede definirse un inicio arbitrario para la Fase A, en cambio en redes de semáforos es de gran relevancia establecer el inicio de las fases de modo que se logre una operación coordinada, que busque minimizar la componente uniforme de las colas, demoras y detenciones, tal como se explica en la sección 4.8.

4.7.3.6 Tratamiento de períodos nocturnos

En períodos nocturnos, para los cuales habitualmente no se cuenta con información de flujos, es recomendable el uso del semáforo en modalidad intermitente (*flashing*) de modo que opere de manera similar

a una intersección de prioridad¹³ y se logre así un funcionamiento que genere menos demora a los usuarios. Es necesario verificar en terreno que ese funcionamiento sea adecuado y no produzca efectos secundarios, por ejemplo, en la accidentabilidad. Si se generan inconvenientes con la operación intermitente entonces el semáforo debe operar con el ciclo mínimo que corresponda.

4.7.4 Reporte del proceso de optimización de programación de un semáforo aislado

El proceso de obtención de la programación óptima de un semáforo aislado debe reportarse en un informe que se presentará a la UOCT para su revisión y aprobación cuando proceda. El informe debe elaborarse según los requisitos definidos en el Manual de "Programación y modelación de semáforos" (www.uoct.cl). Se deben considerar las etapas de modelación, periodización, simulación y calibración, y optimización de las programaciones según sea el caso.

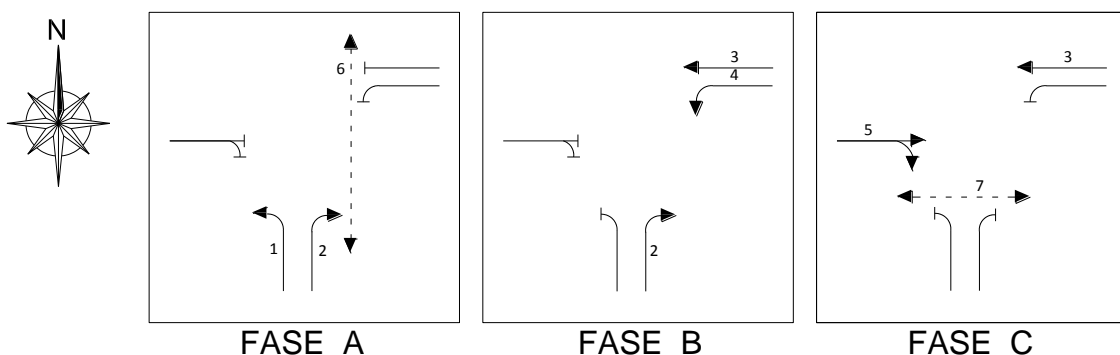
4.7.5 Ejemplo de aplicación

En el caso de una intersección que opera aislada el cálculo del tiempo de ciclo y reparto de tiempo de verde depende exclusivamente de los flujos que ocurren en esa intersección en cada período definido. Se asume en este caso que la llegada de los vehículos a la intersección no está afectada por la presencia de otras intersecciones semaforizadas, lo cual permite el uso de expresiones analíticas sencillas para la longitud de cola, demoras, detenciones y tiempo de ciclo óptimo.

4.7.5.1 Identificación de movimientos críticos

A continuación se desarrolla un ejemplo de identificación de movimientos críticos. Para esto se utiliza el mismo esquema de fases presentado en la sección 4.5.3.1, que se reproduce nuevamente a continuación, y se suponen valores para las variables relevantes: I , V_{min} , q , s , l , λ_1 , λ_2 , y x_p de cada movimiento. Se asume además que el tiempo de amarillo es igual a 3 segundos para todos los movimientos vehiculares.

Figura 4-15 Ejemplo de especificación de fases



¹³ Según el Artículo N°104 del DFL N°1 2007 (Ley de Tránsito) la luz roja intermitente indica "Ceda el Paso" y la luz amarilla advierte peligro.

Cuadro 4-7 Datos y variables para identificación de movimientos críticos

Movimiento	Fase inicio	Fase término	Entreverde (I)	Verde mínimo (V _{min})	Flujo (q)	Flujo saturación (s)	Tiempo perdido (l)	Verde efectivo mínimo (ve _{min})	Grado saturación práctico (xp)
1	A	B	5	6	170	1.490	3	8	0,92
2	A	C	5	8	580	1.240	8	5	0,90
3	B	A	6	8	650	3.480	6	8	0,90
4	B	C	6	6	240	1.510	5	7	0,92
5	C	A	5	8	920	3.260	4	9	0,85
6	A	B	5	17	peatonal		4 22	18	---
7	C	A	5	14	peatonal		4 19	15	---

La identificación de los movimientos críticos requiere la siguiente secuencia de pasos.

Paso 1: Elaboración de cuadro para búsqueda de movimientos críticos

Calcular para cada movimiento la razón de flujo ($y = q/s$), razón de verde efectivo mínima ($\mu = y/xp$), tiempo requerido inicial ($100\mu + l$), ver ecuación (4-38); y tiempo mínimo requerido ($t_m = V_{min} + l$).

Determinar el tiempo requerido, t , como el máximo entre t_m y ($100\mu + l$).

Si $t = t_m$ para algún movimiento entonces es necesario reemplazar provisoriamente el tiempo perdido (l) por t_m , ver movimientos 6 y 7 en Cuadro 4-7. Esto es necesario para la búsqueda de movimientos críticos. No considerar los valores de y y μ correspondientes a ese movimiento para el posterior cálculo de indicadores de la intersección si el movimiento resulta ser crítico. Para movimientos peatonales se deben ignorar los valores de y y μ y asignar siempre $t = t_m$, tal como se muestra en el cuadro siguiente.

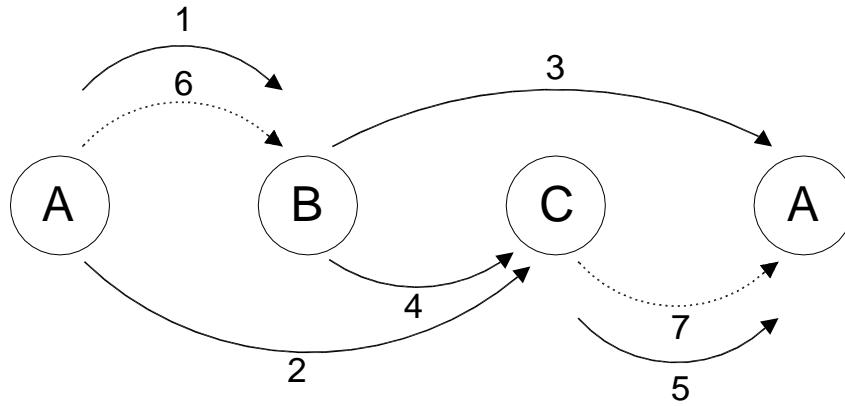
Cuadro 4-8 Cálculos para la identificación de movimientos críticos

Movimiento	$y = q/s$	$\mu = y/xp$	$100\mu + l$	$t_m = V_{min} + l$	t
1	0,11	0,12	15	11	15
2 *	0,47	0,52	60	13	60
3	0,19	0,21	27	14	27
4	0,16	0,17	22	12	22
5 *	0,28	0,33	37	13	37
6	---	---	---	22	22
7	---	---	---	19	19

Paso 2: Construcción del grafo de búsqueda de movimientos críticos

Dibujar el grafo que representa las fases del semáforo. En ese grafo los nodos representan a las fases, dispuestas en orden alfabético de derecha a izquierda y desde la fase A hasta nuevamente la A. Luego se conectan los nodos mediante arcos, que representan los movimientos, según la fase de inicio y término correspondiente. Por ejemplo, el movimiento 2 conecta A y C (traslapado) y el movimiento 1 conecta A y B (no traslapado). Si algún movimiento no alcanza a ser representado es necesario extender el diagrama agregando nodos B, C, etc. según se requiera. El diagrama resultante para el ejemplo se muestra en la siguiente figura.

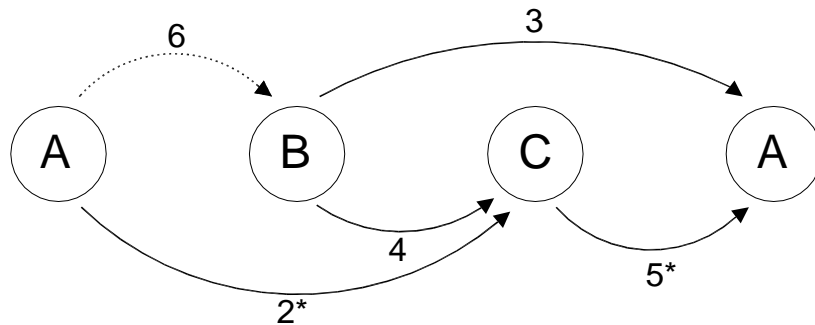
Figura 4-16 Grafo de fases



Paso 3: Análisis de movimientos no traslapados

Comparar los valores de t de los movimientos no traslapados en cada fase, escoger como representativos los que tengan valores más altos y descartar los otros. En el ejemplo se tiene $t_6 > t_1$ en la fase A y $t_5 > t_7$ en la fase C, por lo tanto, se deben descartar los movimientos 1 y 7. A partir de lo anterior generar un grafo o diagrama reducido, que para este ejemplo se muestra a continuación.

Figura 4-17 Grafo de fases reducido



Para un conjunto de fases sin movimientos traslapados los movimientos críticos son los que aparecen en el grafo reducido. En el ejemplo esto no ocurre y en consecuencia se requiere un paso adicional, que se describe a continuación.

Paso 4: Análisis de movimientos traslapados

Cuando existen movimientos traslapados es necesario comparar los valores de t para los movimientos traslapados que tienen derecho de paso durante las mismas fases, es decir, aquellos que tienen las mismas fases de inicio y término, y escoger los que tengan valores más altos.

Después deben identificarse en el grafo reducido las combinaciones de movimientos que completan un ciclo: en el ejemplo se tienen las combinaciones (3, 6), (4, 5, 6), (2, 5). A continuación se debe calcular el tiempo total requerido (T) para completar esas combinaciones y seleccionar la que tenga el valor más alto. Los movimientos que sean parte de esa combinación son los movimientos críticos. En el ejemplo se tiene:

- $T_{3,6} = t_3 + t_6 = 27 + 22 = 49 \text{ s}$
- $T_{4,5,6} = t_4 + t_5 + t_6 = 22 + 37 + 22 = 81 \text{ s}$
- $T_{2,5} = t_2 + t_5 = 60 + 37 = 97 \text{ s}$

En consecuencia los movimientos críticos son el 2 y el 5, y se representan con un asterisco en el grafo reducido.

A partir de variables asociadas a los movimientos críticos se pueden establecer el tiempo de ciclo óptimo y los repartos para todos los movimientos, tal como se explica en las siguientes secciones.

4.7.5.2 Cálculo del tiempo de ciclo

Utilizando los datos del ejemplo, se tiene $L = l_2 + l_5 = 8 + 4 = 12$ s, $Y = y_2 + y_5 = 0,47 + 0,28 = 0,75$ y $U = \mu_2 + \mu_5 = 0,52 + 0,33 = 0,85$. Asumiendo $k = 0,2$, el tiempo de ciclo óptimo resulta ser:

$$c_0 = \frac{1,6L + 6}{1 - Y} = \frac{1,6 \times 12 + 6}{1 - 0,75} = 101 \text{ s}$$

y el ciclo práctico:

$$c_p = \frac{L}{1 - U} = \frac{12}{1 - 0,85} = 80 \text{ s}$$

En este ejemplo se asume que el tiempo de ciclo seleccionado es 90 s. En una aplicación real el especialista debe establecer, en función de su experiencia y las condiciones operativas del lugar, el tiempo de ciclo más apropiado a partir de los ciclos óptimo y práctico.

4.7.5.3 Reparto de verde para movimientos críticos

Utilizando los datos del ejemplo ya presentado, se tiene:

$$ve_2 = (90 - 12) \frac{0,52}{0,85} = 47,7 \approx 48 \text{ s}$$

$$ve_5 = (90 - 12) \frac{0,33}{0,85} = 30,3 \approx 30 \text{ s}$$

4.7.5.4 Reparto de verde para movimientos no críticos

Para los movimientos que no son críticos su reparto está determinado por el reparto de los movimientos críticos con los que comparten fase. El caso más simple se da cuando no existen movimientos traslapados. Para el ejemplo analizado se tiene al movimiento 7 compartiendo fase con el movimiento crítico 5, por lo tanto,

$$ve_7 = ve_5 + 4 - 4 = 30 \text{ s}$$

Nótese que el tiempo perdido del movimiento 7 toma su valor real (4 s) y no el valor provisorio indicado

Cuando existe un traslapo y el movimiento traslapado es crítico entonces los tiempos de verde efectivo de los movimientos no traslapados pueden calcularse suponiendo que el tiempo asignado al movimiento crítico forma un sub-ciclo con una duración menor (c^*) que el ciclo de la intersección. Esto puede representarse mediante un grafo reducido en el que aparece el movimiento crítico y los movimientos que se traslapan a él.

Continuando con el ejemplo, el movimiento crítico 2 está traslapado con los movimientos 4 (fase B) y 6 (fase A), por lo tanto para ellos se tiene $c^* = ve_2 + l_2 = 56$ s. Pero el movimiento 6 tiene verde mínimo y por lo tanto $t_6 = t_{6,min} = 22$. En consecuencia, el tiempo perdido es $L^* = l_4 + t_{6,min} = 5 + 22 = 27$ s y $U^* = \mu_2$. Entonces, aplicando la ecuación (4-45) resulta:

$$ve_4 = (c^* - L^*) \frac{\mu_2}{U^*} = 56 - 27 = 29 \text{ s}$$

Para el movimiento 6, por definición de verde efectivo mínimo, se tiene

$$ve_6 = ve_{min,6} = t_{6,min} - l_6 = 22 - 4 = 18$$

Para el movimiento 1, que comparte fase con el movimiento 6, se cumple entonces:

$$ve_1 = ve_6 + l_6 - l_1 = 18 + 4 - 3 = 19 \text{ s}$$

Finalmente, para el movimiento 3 que está traslapado con los movimientos 4 y 5, resulta:

$$ve_3 = (ve_4 + l_4 + ve_5 + l_5) - l_3 = 29 + 5 + 30 + 4 - 6 = 62 \text{ s}$$

En el siguiente cuadro se resumen los valores resultantes de repartos para todos los movimientos del ejemplo analizado, se incluye también el grado de saturación para comprobar que $x \leq xp$. Se indican con asterisco los movimientos críticos.

Cuadro 4-9 Resumen de repartos y grados de saturación obtenidos

Movimiento	$y = q/s$	$\mu c + l$	t	ve	$x = \frac{c}{ve} y$
1	0,11	14	14	19	0,52
2*	0,47	55	55	48	0,88
3	0,19	25	25	62	0,28
4	0,16	20	20	29	0,50
5*	0,28	34	34	30	0,84
6	---	---	22	18	---
7	---	---	19	30	---

4.7.5.5 Determinación de cambios de fase en el semáforo

Aplicando estas relaciones indicadas en la sección 4.7.3.5 al ejemplo analizado se obtienen los inicios de fase que se muestran en el cuadro siguiente.

Cuadro 4-10 Resumen de inicios de fase (s)

Fase	Entreverde (I)	Verde presentado (V)	Inicio de fase (F)	Inicio de verde (F + I)	Término de fase (F + I + V)
A	5	17	0	5	22
B	6	28	22	28	56
C	5	29	56	61	90 (=0)

4.7.5.6 Determinación de indicaciones para peatones

Las indicaciones para los peatones no resultan de un análisis del nivel de flujo peatonal y su capacidad, pues ésta última es muy alta en cualquier cruce peatonal debido a la densidad que normalmente tienen las corrientes peatonales. El cálculo de las indicaciones peatonales se realiza entonces en función de los tiempos mínimos requeridos para que crucen la intersección con seguridad y de la relación que existe con las fases vehiculares que tienen derecho de paso junto con los peatones.

Como se mencionó en la sección 4.7.3.4, las indicaciones peatonales incluyen tiempos de rojo, verde continuo y verde intermitente. Asumiendo que las distancias de cruce para los movimientos peatonales 6 y 7 del ejemplo son 7 y 16 metros, respectivamente, se tiene entonces.

Movimiento peatonal 6:

- $INT_{p,6} = 0,9(7/1,1) = 6 \text{ s}$
- $I_{p,6} = INT_{p,6} + RR_{veh(6)} = INT_{p,6} + (I_{veh(6)} - AM_{veh(6)}) = 6 + (5 - 3) = 8 \text{ s}$
- $V_{p,6} = V_A + 3 - INT_{p,6} = 17 + 3 - 6 = 14 \text{ s}$
- $R_{p,6} = c - V_{p,6} - I_{p,6} = 90 - 14 - 8 = 68 \text{ s}$

Movimiento peatonal 7:

- $INT_{p,7} = 0,9(16/1,1) = 13 \text{ s}$
- $I_{p,7} = INT_{p,7} + RR_{veh(7)} = INT_{p,7} + (I_{veh(7)} - AM_{veh(7)}) = 13 + (5 - 3) = 15 \text{ s}$
- $V_{p,7} = V_C + 3 - INT_{p,7} = 29 + 3 - 13 = 19 \text{ s}$
- $R_{p,7} = c - V_{p,7} - I_{p,7} = 90 - 19 - 15 = 56 \text{ s}$

Estas indicaciones son las que se presentan en los cabezales peatonales respectivos.

4.8 Planes prefijados para redes de semáforos

4.8.1 Introducción

Se describe a continuación el proceso que debe realizarse para determinar la programación óptima de un conjunto de semáforos que funcionan coordinadamente con otros semáforos cercanos, y que por simplicidad se denominará una red.

Este proceso se aplica una vez que los semáforos se encuentren operando en régimen con una programación de puesta en marcha, cuando se requiera optimizar la programación de una red existente o si se trata de un grupo de semáforos que conformarán una nueva red.

La cercanía entre intersecciones semaforizadas y su funcionamiento periódico generan regularidades en la salida de los vehículos desde las intersecciones que dan lugar a la formación de grupos o pelotones que se desplazan hacia los semáforos aguas abajo. Este fenómeno introduce cambios en la estimación de la componente uniforme de colas, demoras y detenciones, pues las expresiones analíticas conocidas asumen que las llegadas se producen a tasa constante (ver sección 4.5). En este escenario el instante en que aparecen las indicaciones de los semáforos con respecto a la posición de los pelotones es relevante para estimar la componente uniforme de esas variables. La estimación de la componente excedente, por el contrario, no se ve afectada por la existencia de llegadas de los vehículos en pelotón.

Es necesario entonces definir una nueva variable de programación, denominada desfase, que fija la posición del inicio del tiempo de verde dentro del ciclo. El desfase corresponde al tiempo que transcurre entre el inicio de una cierta fase en un semáforo y el inicio de la fase homóloga en un semáforo adyacente. Con los desfases adecuados podría lograrse idealmente, si la componente excedente nula (bajo grado de saturación), que los pelotones se desplacen por la red con un mínimo de detenciones y demoras.

La relación entre las indicaciones de uno y otro semáforo que busca minimizar las detenciones y demoras de los usuarios se denomina coordinación de las programaciones. Existen dos alternativas para lograr lo anterior:

- Coordinación dinámica: optimiza los desfases según las características del tráfico en cada momento, en función de la información capturada mediante sensores instalados en las calles que detectan la presencia de los vehículos.
- Coordinación con planes prefijados: optimiza los desfases para un plan predeterminado fijo que abarca todos los semáforos de la red durante los diferentes períodos del día.

En el ámbito urbano existe una trama vial en la cual los vehículos se desplazan en distintas direcciones y condiciones operativas, por lo tanto, no es posible lograr la coordinación simultánea de todas las vías. Se requiere entonces buscar una configuración óptima de desfases, repartos de tiempo de verde y tiempo de ciclo, que minimice algún indicador de costo generalizado que dé cuenta del consumo de recursos de todas las intersecciones analizadas, tal como se explicó en la sección 4.6.6.

4.8.2 Modelación y conformación de redes de semáforos

4.8.2.1 Modelación

La modelación es la representación abstracta de las intersecciones y vías que forman la red de interés. Como se explicó en la sección 4.7.1.1, ésta no es una labor rutinaria ni de solución única. Se requiere un profundo conocimiento de las herramientas computacionales que se utilicen y la aplicación de criterio y experiencia para representar situaciones complejas. La etapa de simulación de la situación actual es fundamental para validar esta tarea.

La recomendación de este manual para optimizar la programación de redes es el uso del programa TRANSYT 8S, dada la experiencia nacional en su uso, los buenos resultados obtenidos y el hecho de que está disponible gratuitamente.

En función de lo anterior, la modelación de una red consiste en la representación en cada período de las intersecciones y vías-flujos mediante los elementos definidos en TRANSYT 8S, es decir, nodos y arcos, respectivamente.

Los arcos de la red de modelación representan a las corrientes vehiculares que se desplazan por las vías. Un arco está caracterizado principalmente por la velocidad a la que circulan los vehículos y tiene asociado un cierto flujo. En el caso de TRANSYT también se pueden establecer diferencias entre arcos por otros atributos, como por ejemplo: tasa de ocupación de los vehículos, acceso desde el cual proviene cierta corriente, demora adicional en el tramo de vía asociada a paraderos, etc. Por lo general se diferencian arcos de transporte público y arcos con los restantes tipos de vehículos, aunque como ya se mencionó es posible establecer una

desagregación mayor si las condiciones particulares de la red así lo indican. Los flujos vehiculares, y los flujos de saturación, se deben expresar en unidades de vehículos equivalentes mediante los respectivos factores de equivalencia.

La capacidad de las intersecciones se asocia a líneas de detención que pueden estar constituidas por una o más pistas. La capacidad de esas líneas de detención es la suma de las capacidades de las pistas que la componen. Cuando una pista es de uso exclusivo para un determinado movimiento, esa pista constituye una línea de detención propia; por el contrario, cuando un grupo de pistas es utilizado indistintamente por uno o más movimientos entonces esas pistas constituyen una sola línea de detención.

El modelo conceptual de la red puede variar entre períodos producto de cambios en el uso de la vialidad, por ejemplo, la reversibilidad de una calle o la aplicación de restricciones temporales a la circulación de ciertos vehículos, como en el caso de las vías exclusivas para transporte público.

La construcción del modelo de la red requiere de al menos la siguiente información por período para las intersecciones y tramos de vía, según corresponda:

- Flujos vehiculares representativos de las condiciones normales de circulación, clasificados por tipo de vehículo de forma consistente con el modelo de flujo de saturación que se utilice.
- Velocidades de circulación en arcos para vehículos livianos, pesados y buses. La velocidad no debe estar afectada por la demora en las intersecciones.
- Demora de buses o taxis colectivos en los paraderos más relevantes según sus efectos en la circulación.
- Características físicas de las vías entre líneas de detención: longitud y pendiente.
- Características físicas de las intersecciones: ancho de pistas, longitud de pistas cortas, distancia de paraderos a línea de detención, etc.
- Catastro operativo de la red, que describa en detalle la forma de operación de las intersecciones y las vías, las programaciones vigentes y otros antecedentes, con el objetivo de representar adecuadamente la operación de la red en el modelo.

La medición de las variables operativas debe seguir las recomendaciones del MESPIVU.

En el Manual de “Programación y modelación de semáforos” (www.uoct.cl) se entregan diversas recomendaciones para llevar a cabo la modelación. En particular la representación de situaciones complejas de interacción entre pistas o de dependencia entre la capacidad y la programación del semáforo, donde se requiere el uso conjunto de TRANSYT 8S y SIDRA o la aplicación de relaciones simplificadas que buscan incluir esos fenómenos en el modelo de tránsito, como se explicó en la sección 4.3.2. El Manual de “Programación y modelación de semáforos” (www.uoct.cl) presenta también los procedimientos para la asignación de valores a los parámetros del modelo, como los flujos de saturación y los factores de equivalencia.

4.8.2.2 Conformación de redes

Como se explicó en la sección 4.4.3.2, en el caso de grupos de semáforos que operan de manera coordinada se requiere llevar a cabo un proceso de etapas sucesivas para determinar los límites espaciales y temporales de la red. Este proceso, denominado conformación de redes, puede generar más de una red para un determinado conjunto de semáforos. Además, las definiciones de esas redes pueden cambiar a lo largo del día para tener en cuenta variaciones en la magnitud o el patrón de flujos.

Producto de lo anterior la conformación de las redes se realiza de la siguiente manera:

- En redes coordinadas existentes en las que se considere que su definición es correcta tanto espacial como temporalmente no se requiere la realización de esta etapa de conformación. La periodización vigente determina los períodos de análisis.
- En redes existentes en las que se estime necesario actualizar su definición espacial y/o temporal es necesario realizar el proceso completo de conformación de redes.
- En redes nuevas es necesario realizar el proceso completo de conformación de redes.

Las redes generadas tienen una definición espacial y una periodización que determina la cuantía de la toma de datos y los recursos necesarios para la simulación de la situación actual y la optimización de las programaciones. El procedimiento para conformar las redes se describe en el Manual de “Programación y modelación de semáforos” (www.uoct.cl).

4.8.3 Simulación de la situación actual

4.8.3.1 Desarrollo de la simulación

La simulación de una red consiste en correr el programa TRANSYT 8S para estimar ciertos indicadores operativos que se utilizan para verificar si dicho modelo reproduce razonablemente el funcionamiento de la red. El programa debe aplicarse en modalidad “simulación”, ingresando los datos de flujos, velocidades, tiempo de ciclo y programaciones que representan el modelo de tránsito construido.

Como la optimización de las programaciones tiene un efecto más significativo en situaciones de congestión, al disminuir la componente excedente de demoras y detenciones, es recomendable concentrar los esfuerzos en lograr que el modelo de tránsito esté particularmente ajustado a la situación observada en los períodos punta. Por esta razón, la simulación se debe realizar en al menos los dos períodos punta con mayor congestión y aquellos donde se implemente medidas de gestión de tránsito que modifiquen significativamente la operación de la red, como reversibilidad de vías, si no coinciden con los primeros. La simulación debe corresponder a una o más semanas tipo definidas en la periodización de la red.

4.8.3.2 Criterios de validación de la simulación

Para determinar la validez del modelo construido se debe seleccionar un mínimo de 6 rutas (secuencias de arcos) representativas al interior de la red para cada período simulado y en acuerdo con la UOCT. Para esas rutas se debe realizar una comparación de la longitud de las colas vehiculares en los arcos correspondientes, utilizando la longitud de cola excedente observada como valor representativo de ellas. La medición de longitud de cola excedente se debe realizar en conjunto con la de flujos vehiculares y las otras variables operativas, de modo que todas ellas sean consistentes. En la medición de las colas se deben seguir las recomendaciones del MESPIVU.

La validación se realiza comparando la longitud de cola excedente medida con la tasa media de demora aleatoria y por sobresaturación¹⁴ que entrega TRANSYT 8S. En el proceso de comparación se debe tener en cuenta que la estimación de TRANSYT 8S corresponde a un arco (con 1 o más pistas) en unidades VEQ-H/H y, por lo tanto, hay que realizar las conversiones necesarias y comparar valores en unidades de vehículos.

La modelación está validada cuando las diferencias entre los valores de colas vehiculares excedentes observadas y estimadas difieran en menos de 20% en todos los arcos analizados para cada período simulado. En el análisis del cumplimiento de esta condición se requiere aplicar criterio ante situaciones donde no se cumpla por un margen estrecho, porque tanto la medición como la estimación están sujetas a incertezas y aleatoriedad.

4.8.3.3 Ajustes en la modelación

En la medida que existan discrepancias mayores al umbral especificado entre los valores observados y simulados de la longitud de cola excedente, deben incorporarse modificaciones al modelo de red para reducirlas a un nivel aceptable, proceso que se conoce como calibración del modelo. Los cambios pueden afectar tanto a la forma de representar ciertos elementos como al valor de ciertos parámetros.

Es de la mayor importancia que tales cambios tengan buen fundamento y no sean simples ajustes para cumplir la condición de validación. Un aspecto clave en este sentido es examinar al mismo tiempo la situación de la red en todos los períodos simulados. Así el analista puede entender mejor la causa de las discrepancias encontradas y verificar que los cambios que realice son consistentes en los todos los períodos analizados.

4.8.4 Optimización de la programación

La determinación de la programación óptima de una red de semáforos es un problema teórico complejo no resuelto analíticamente: cada desfase depende del patrón de llegadas desde el semáforo previo el que, a su vez, depende de las llegadas y desfases aguas arriba, etc. Por esta razón, para obtener la programación óptima se recurre a un método heurístico que realiza sucesivos cambios en la programación y verifica su efecto en un indicador de rendimiento la red.

Las variables que se utilizan para optimizar la programación de una red de semáforos son el tiempo de ciclo, los repartos de tiempo de verde y los desfases. El diseño de fases, verdes mínimos y entreverdes se realiza con los mismos métodos descritos en el sección 4.5.

¹⁴ En cada arco corresponde a la columna denominada “RANDOM+OVERSAT”, expresada en VEQ-H/H.

El enfoque que debe aplicarse en la optimización consiste en establecer primero el tiempo de ciclo utilizando un procedimiento especial para eso, determinar luego los repartos por equisaturación y simultáneamente optimizar desfases, todo lo cual está implementado en el programa TRANSYT 8S. Para esto dicho programa utiliza como función objetivo la minimización de un indicador de rendimiento de la red, compuesto por la agregación de demoras y detenciones como se explicó para un caso general en la sección 4.6.6.

4.8.4.1 Tiempo de ciclo de la red

El indicador de rendimiento de una red poco sensible al tiempo de ciclo dentro un rango de cierta amplitud si paralelamente se optimizan los desfases y se dejan intersecciones en doble ciclo o bien en fases duplicadas, es decir, que cada fase aparece dos veces en un ciclo, no necesariamente con igual duración cada vez. Entonces el problema consiste en determinar una combinación adecuada de tiempo de ciclo e intersecciones con doble ciclo o fases duplicadas.

Para establecer cuál es la combinación óptima se debe utilizar la metodología de Barrientos y Gibson (1988) que está implementada en TRANSYT 8S. Ese método determina un intervalo de soluciones factibles donde se encuentra el ciclo óptimo de la red bajo análisis. Los resultados generados por TRANSYT 8S muestran los intervalos de variación del ciclo óptimo de cada intersección, la configuración de ciclo simple o doble, y los ciclos óptimos de la red. La recomendación es entonces determinar el tiempo de ciclo directamente de los resultados de TRANSYT 8S.

En ciertos casos el método no logra encontrar una solución para el tiempo de ciclo. En ese caso se deben analizar los resultados e identificar las causas de esa situación. Por ejemplo, podría resultar que un grupo de intersecciones tenga como óptimo un ciclo distinto al del resto de la red; ante eso una alternativa es separar la red en dos grupos y realizar una búsqueda de ciclo para cada uno por separado. La situación anterior es una indicación de que la definición de la red debe ser revisada para ajustarse mejor a las condiciones de circulación. En caso que no sea posible generar soluciones para grupos de semáforos dentro de la red original, la búsqueda de ciclo se debe realizar mediante simulaciones de la red con diferentes tiempos de ciclo, utilizando la configuración de ciclos simples/dobles señalada por TRANSYT 8S. Se seleccionará entonces el tiempo de ciclo que genere el valor más bajo del índice de rendimiento de la red y su correspondiente configuración de intersecciones en ciclo simple o doble.

En aquellos semáforos de la red que figuren con ciclo doble en la solución definida, hay que optar entre hacerlos operar con la mitad del tiempo de ciclo seleccionado y que operen con fases duplicadas y el tiempo de ciclo completo. En general, se recomienda usar fases duplicadas por ser más flexible.

Cualquiera sea el caso, el tiempo de ciclo está acotado de acuerdo con lo indicado en la sección 4.5.5.3.

4.8.4.2 Determinación de repartos y desfases en la red

Definidos el tiempo de ciclo y las intersecciones en ciclo doble o doble verde (fases duplicadas), los repartos y desfases se calculan con TRANSYT 8S. Para los repartos debe utilizarse la opción de equisaturación y para los desfases se optimiza con el programa.

Si se utiliza la opción de fases duplicadas, una vez hecho lo anterior se debe realizar una optimización de repartos. En esta etapa se toma como situación inicial la programación antes determinada y se aplica una optimización de reparto y desfase, con la secuencia de pasos recomendada por el programa, y especificando en la Tarjeta 2 de TRANSYT 8S como nodos a optimizar solamente aquellos en que hay fases duplicadas.

Es importante tener en cuenta que mediante la coordinación de los semáforos de una red es posible inducir determinados comportamientos en los conductores. Un ejemplo de esto es la reducción de la velocidad de circulación. En efecto, optimizando los desfases en ciertos ejes o áreas para una velocidad definida como más apropiada para el entorno en que ellos se ubican, se puede lograr ese efecto pues los conductores observarán que circulan con menos detenciones si ajustan su velocidad a la que está implícita en los desfases. Si bien esto puede implicar un mayor consumo de tiempo de los usuarios, probablemente tenga beneficios importantes producto de un menor número de accidentes, una disminución del nivel de ruido, y otros efectos positivos en el entorno inmediato de las vías.

4.8.4.3 Análisis de la programación

Terminado el proceso de optimización se debe hacer una revisión concienzuda de la situación de la red. En particular, examinar si hay líneas de detención con grados de saturación muy altos, si hay arcos en que la extensión máxima de la cola haga presumir que se pueden producir problemas de bloqueo o si hay arcos de alto flujo no suficientemente favorecidos por la coordinación.

Producto de este análisis pueden generarse modificaciones del tratamiento de movimientos o de la programación misma. Los beneficios de estas modificaciones deben verificarse a través de los cambios resultantes en el indicador de rendimiento de la red, salvo el caso de cambios efectuados para evitar bloqueos.

Es especialmente recomendable que el análisis se haga considerando la situación de la red en todos los períodos definidos, de modo que las modificaciones sean consistentes.

4.8.4.4 Especificación de la programación

Para introducir los planes de programación en los controladores de los semáforos de la red es necesario formalizar las variables de programación determinadas con T8S en un esquema apto para ese propósito. Esto implica centrarse en cada una de las fases con que operará el semáforo, del modo que se explica a continuación.

En primer lugar se debe tener en cuenta que el programa T8S utiliza una definición particular del inicio de cada fase: en Transyt una fase se inicia cuando termina el tiempo de verde de la fase anterior. Por lo tanto, el instante de inicio de cada fase se calculará como se muestra a continuación:

$$F_i = F_{T8S,i} + AM_{i-1} + RR_{i-1} \quad (4-60)$$

donde

- F_i : instante de inicio de la fase i , corresponde al inicio del tiempo de verde de esa fase (s)
- $F_{T8S,i}$: instante de inicio de la fase i según T8S, corresponde al final del tiempo de verde de la fase anterior a la i (s)
- AM_{i-1} : duración del período de amarillo de la fase anterior a la fase i (s)
- RR_{i-1} : duración del período de rojo-rojo de la fase anterior a la fase i (s)

Los valores de inicio de cada fase deben ajustarse para que $0 < F_i \leq c$, dado el carácter cíclico del funcionamiento del semáforo. Es importante tener en cuenta que los inicio de fase así calculados respetan los desfases óptimo implícitos en los valores de $F_{T8S,i}$.

A partir de los cambios de fase se pueden determinar directamente los tiempos de verde efectivo y en el semáforo para cada movimiento/fase, pues se cumple:

$$ve = F_k - F_j - l \quad (4-61)$$

donde F_k y F_j son los instantes de término e inicio de la fase correspondiente y l es el tiempo perdido del movimiento. De manera similar el tiempo de verde en el semáforo está dado por:

$$V = F_k - F_j - I \quad (4-62)$$

donde I es el entreverde del movimiento.

4.8.4.5 Tratamiento de períodos nocturnos

Para la programación de redes de semáforos en períodos nocturnos valen también las recomendaciones señaladas en la sección 4.7.3.6, referidas al uso de indicaciones luminosas intermitentes como forma de lograr una operación más eficiente en horarios de muy bajo flujo vehicular.

4.8.5 Reporte del proceso de optimización de las programaciones de redes de semáforos

El proceso de obtención de la programación de una red de semáforos debe reportarse en un informe que se presentará a la UOCT para su revisión y aprobación cuando proceda. El informe debe elaborarse según los requisitos definidos en el Manual de "Programación y modelación de semáforos" (www.uoct.cl). Se deben considerar las etapas de modelación, conformación de redes, simulación y calibración, y optimización de las programaciones según sea el caso.

4.9 Control dinámico de tránsito

4.9.1 Introducción

La mayor parte de los semáforos del país opera con planes de tiempo prefijados. Cada uno de esos planes consiste en un conjunto de tiempos de operación previamente definidos con información de tránsito recogida en terreno. Los planes de tiempo prefijados operan bajo el supuesto de que los volúmenes de flujo son estables y tienen variaciones pequeñas dentro de cada período y, por lo tanto, el tiempo de ciclo, repartos de tiempo de verde y desfases se mantienen como valores óptimos en todo el lapso de tiempo en que el plan está activo. Sin embargo, esto no sucede exactamente así porque los flujos vehiculares tienen variaciones aleatorias y sistemáticas dentro del período. Estas variaciones implican que los semáforos que funcionan bajo la modalidad de planes prefijados operan en su estado “óptimo” solamente cuando los flujos existentes coinciden con los flujos que determinaron la programación. En otros momentos el semáforo opera de modo sub-óptimo.

Otra situación que produce desajustes operativos en las redes urbanas son el incremento gradual de los flujos en el tiempo y los eventos previstos y no-previstos que alteran la circulación, tales como accidentes y desvíos de tránsito, ocupación de vías debido a faenas constructivas, etc. Estos eventos en períodos punta generan problemas serios de congestión que no pueden ser abordados adecuadamente si no hay intervención sobre las programaciones de semáforos predefinidas. Para superar estos problemas se desarrolló el concepto de control de tránsito dinámico o adaptativo.

La primera generación de sistemas que se adaptaba a la demanda monitoreaba el tráfico continuamente y activaba el plan más apropiado de un conjunto de planes predefinidos. Posteriormente los sistemas utilizaron contadores de tráfico para actualizar datos históricos y producir nuevas programaciones. Esto generaba frecuentes cambios de plan, con los consiguientes problemas de continuidad entre cambios de programación.

A fines de los años 70 se desarrollaron en Inglaterra y en Australia métodos para superar los problemas mencionados. Los nuevos métodos se basaron en el uso de un computador que en línea continuamente monitoreaba los flujos vehiculares en la red y realizaba una serie de ajustes pequeños y frecuentes a las programaciones para hacer más fluida la circulación. Con este enfoque el ajuste de las programaciones es gradual y ocurre continuamente. Pierde importancia entonces la periodización. Actualmente, con el avance tecnológico de los equipos involucrados, el control dinámico se utiliza habitualmente, particularmente en ciudad con altos niveles de congestión.

Las principales ventajas de la regulación de intersecciones semaforizadas mediante control dinámico son las siguientes:

- Mejora la eficiencia en el uso del espacio disponible de las vías urbanas, reduciendo las detenciones, tiempos de viaje y consumo de combustible, particularmente en períodos de alta congestión con variaciones importantes en intervalos cortos.
- Disminuye la congestión generada por trabajos en la vía, incidentes u otras condiciones anormales de tráfico.
- Elimina la necesidad de generar planes de tiempo prefijados, especialmente cuando son necesarias actualizaciones frecuentes debido a cambios importantes de la demanda y/o características de la red.
- Proporciona información adicional sobre la operación de la red vial a partir de los datos capturados por los detectores y las facilidades gráficas proporcionadas por el sistema de control dinámico. Esto facilita la entrega de información a los usuarios en tiempo real sobre las condiciones de circulación de la red.

Las principales desventajas de utilizar control dinámico en vez de planes de tiempo prefijados son las siguientes:

- Requiere disponer de un centro de control con comunicación directa con los controladores y un software especializado que realice la optimización de las programaciones. Estos elementos representan un costo significativo que solamente se justifica cuando los niveles de congestión son considerables y existen variaciones significativas de los flujos dentro de los períodos punta. Estas condiciones se dan solamente en grandes ciudades.
- Además de lo anterior existen costos adicionales correspondientes a la instalación de espiras u otros sensores de tráfico y su mantenimiento periódico.

- La puesta en marcha del sistema y su mantenimiento requiere personal calificado y con experiencia en ese tipo de sistema de control, en aspectos como la calibración de los parámetros que transforman los datos capturados por las espiras en información de flujos vehiculares.

En Chile existen dos sistemas de control dinámico que han sido implementados con éxito en dos ciudades: Santiago y Concepción. En el caso de Santiago se utiliza el sistema SCOOT (Siemens, Inglaterra) y en Concepción el sistema SCATS (RTA, Australia). A continuación se presentan las principales características de dichos sistemas.

4.9.2 El sistema SCOOT

El sistema de control dinámico SCOOT (Split Cycle Offset Optimisation Tool) fue desarrollado por la empresa Siemens en Inglaterra. Este sistema mide continuamente la demanda vehicular en todas las ramas de las intersecciones en las que está implementado y modifica los tiempos de los semáforos para minimizar un Índice de Rendimiento (Performance Index o PI). Este índice es una combinación de demoras, longitudes de cola y detenciones en la red. Las modificaciones en los tiempos se hacen de tal forma que sean lo suficientemente pequeños para no producir impactos en el flujo vehicular, pero también lo suficientemente frecuentes para permitir una rápida respuesta a las condiciones cambiantes del tránsito.

El sistema SCOOT genera Perfiles Cíclicos de Flujo (Cyclic Flow Profile o CFP) basados en la demanda vehicular real que capturan los detectores vehiculares instalados en los accesos.

La unidad fundamental de demanda en SCOOT es el Link Profile Unit (LPU), que es una medida que combina los datos de flujo y ocupación recibidos desde cada detector vehicular. Basado en el CFP generado, SCOOT predice la dispersión y llegada del pelotón de vehículos a la línea de detención aguas abajo. Esto permite que se modele la formación y disipación de las colas vehiculares.

SCOOT incluye tres optimizadores, uno para el tiempo de ciclo, otro para los repartos y uno para los desfases de un conjunto de semáforos. Un área de la ciudad controlada con SCOOT se divide en sectores denominados "regiones", cada una contiene varios "nodos" correspondientes a intersecciones semaforizadas con ciclos idénticos que permitan su coordinación. Los nodos pueden funcionar también con ciclos dobles. Los límites de cada región se definen donde los arcos sean lo suficientemente largos como para permitir una dispersión alta de pelotones que minimice la necesidad de coordinación.

El funcionamiento de los optimizadores de SCOOT se describe brevemente a continuación.

El optimizador de tiempo de ciclo opera por región una vez cada cinco minutos o cada 2,5 minutos si el tiempo de ciclo se incrementa muy rápidamente. Identifica el nodo crítico de la región y opera tratando de mantener la saturación de ese nodo por debajo de 90% en cada fase. Si estima que un cambio en el tiempo de ciclo debe ser realizado, lo puede incrementar o disminuir en 4, 8 o 16 segundos, dependiendo de la duración del ciclo en ese momento.

El optimizador de repartos, opera en cada cambio de fase analizando el tiempo de verde y rojo actuales para determinar la posibilidad de aumentar, rebajar o mantener la duración de la fase. El optimizador de repartos, utiliza incrementos o reducciones entre 1 y 4 segundos

El optimizador de desfases se activa una vez por ciclo en cada nodo, analizando la conveniencia de mantener, atrasar o adelantar el inicio de la próxima fase. El optimizador de desfases trabaja con incrementos o reducciones de 1 a 4 segundos.

Mediante la combinación de pequeños cambios en estas tres variables, SCOOT puede responder a cambios puntuales en la demanda y cambios sostenidos, manteniendo la coordinación del sistema. Los ajustes que genera SCOOT se envían a los controladores de semáforos mediante líneas telefónicas análogas o digitales especializadas. El controlador contesta al computador central que aceptó la instrucción o bien informa una condición de falla.

Es necesario contar con buenos datos de tráfico para que el sistema pueda responder a adecuadamente a los cambios en el flujo. Normalmente se requieren detectores en cada arco de la red controlada dinámicamente, los que se ubican habitualmente al inicio de los arcos. Normalmente se utilizan espiras inductivas, pero se encuentran en desarrollo otros métodos de detección como los que utilizan cámaras de video. Cuando los vehículos pasan sobre el detector, SCOOT convierte la información en LPU y CFP.

Una vez que se establece la necesidad de utilizar el sistema SCOOT se debe realizar un proceso de ajuste o validación de un conjunto de parámetros relevantes del modelo que son utilizados para el proceso de optimización de las programaciones. Ese proceso de validación es una tarea compleja que debe ser realizada por personal altamente calificado y con experiencia en la materia.

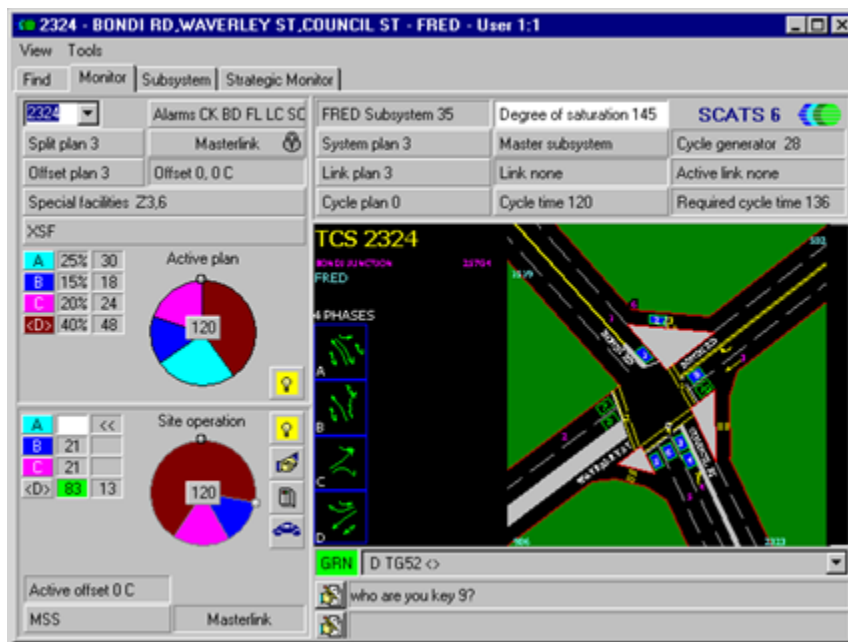
4.9.3 El sistema SCATS

El sistema de control dinámico SCATS (Sidney Coordinated Adaptive Traffic System) fue desarrollado en los años 70 por la Roads and Traffic Authority of New South Wales (RTA) de Australia.

El sistema SCATS determina el tiempo de ciclo, repartos y desfases en intersecciones y cruces a mitad de cuadra. Mediante detectores de vehículos es capaz de modificar esas variables y optimizar la operación de la red para las condiciones de circulación existentes. También tiene la capacidad de operar los semáforos con planes de tiempo prefijados. La conexión de las intersecciones con el centro de control pueden ser permanente o solamente cuando se requiera.

El sistema registra automáticamente las alarmas y eventos relevantes generados durante la operación de la red, los cuales pueden ser visualizados mediante una interfaz gráfica. El sistema opera normalmente en forma automática, pero es posible intervenir manualmente su operación ante eventos no programados. La siguiente figura muestra una pantalla típica de monitoreo de una intersección.

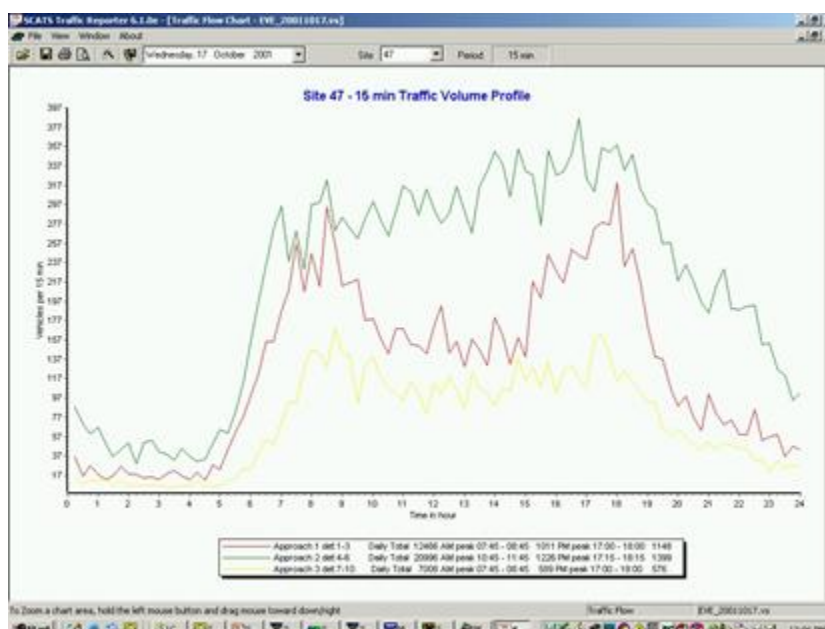
Figura 4-18 Pantalla de monitoreo de intersección en SCATS



Las principales características del sistema SCATS son las siguientes:

- El sistema SCATS tiene la ventaja de poder ser operado en forma de tiempos prefijados al principio y luego ser transformado a un sistema dinámico para el control y monitoreo del tráfico.
- SCATS proporciona estrategias flexibles para manejo del tráfico; en algunos casos puede ser apropiado utilizar la selección de la duración del ciclo basándose en una periodización, junto con la selección adaptativa de los repartos y de la selección por volumen de los ajustes secuenciales. En otra área de la ciudad puede ser apropiado utilizar el control adaptativo completo de los tres parámetros, excepto durante las horas punta en que la selección de la duración del ciclo sea por horario.
- Permite la asignación de derecho preferente de paso a ciertos vehículos.
- SCATS toma decisiones basándose en datos reales, provenientes de los detectores y de los controladores instalados. En caso de que los sistemas de detección fallen la intersección puede pasar a operar con planes de tiempo prefijado.
- SCATS transforma datos recogidos por los detectores de vehículos y los indicadores de operación de la red en información útil, expresada en unidades fácilmente interpretables por el operador. Es posible incluso estudiar los procesos de toma de decisiones que realiza el sistema a partir de los datos que se recopilan en cada instante. La siguiente figura muestra un diagrama con el perfil de flujo observado durante distintos días.

Figura 4-19 Ejemplo de despliegue del perfil de flujo



- SCATS detecta automáticamente fallas en los sistemas y genera reportes para que sean resueltos por los encargados del mantenimiento de los distintos dispositivos de terreno. Esto incluye lámparas, controlador, comunicaciones, errores en el ingreso de datos al sistema, etc.
- SCATS puede ser implementado en un plazo breve, un sistema típico de 60 intersecciones con un solo computador regional puede entrar en operación en menos de 12 meses.
- SCATS permite entregar prioridad a buses, para ello se requiere que esos vehículos cuenten con un dispositivo que permita su detección al aproximarse a una intersección.
- SCATS permite supervisión remota, es posible controlar el sistema desde un computador con acceso a la red donde se encuentra el sistema o mediante modem.

4.9.4 Programación con sistemas de control dinámico

Como ya se mencionó, en un sistema de control dinámico la programación de los semáforos se optimiza automáticamente en función de los datos recogidos por los sensores instalados en terreno. Desde ese punto de vista no existe la necesidad de establecer una periodización ni optimizar con otro programa computacional la programación, como se requiere en un sistema con planes prefijados.

No obstante lo anterior, cualquier sistema de control dinámico requiere como datos de entrada el diseño operativo y las restricciones a la programación (verdes mínimos, entreverdes, tiempo de ciclo mínimo y máximo) en cada intersección y a nivel de red. En función de esa información básica y los datos de terreno es que se produce la optimización de las programaciones.

El diseño operativo y las restricciones a la programación se deben establecer siguiendo lo indicado en la sección 4.5 de este documento. Es necesario además tener en cuenta la seguridad de los usuarios de acuerdo con las recomendaciones y criterios que se indican en la sección 4.10 siguiente.

4.10 Diseño seguro para todos los usuarios

El diseño de una intersección semaforizada se refiere tanto a aspectos geométricos (diseño físico) como a la manera en que funciona (diseño operativo). Este diseño debe tener en cuenta desde el principio la seguridad de todos los usuarios para minimizar el riesgo de que ocurran accidentes de tránsito. Existen dos aspectos fundamentales que deben tenerse en cuenta al diseñar la intersección.

El primer aspecto se refiere a los conflictos entre movimientos de vehículos, peatones o ciclistas que se cruzan o unen. Esto se analiza mediante la definición de puntos de conflicto y el cálculo de los tiempos de entreverde. El entreverde debe ser tal que permita despejar el área de conflicto antes de que el flujo opositor llegue a ella después de recibir luz verde. Otro factor importante es la definición de tiempos mínimos de verde orientados a generar tiempos de cruce adecuados para los peatones. Todo esto fue tratado en la sección 4.5 de este documento.

El segundo aspecto es más difícil de cuantificar ya que está relacionado con la percepción de los usuarios acerca del diseño físico y la distribución de los elementos en la intersección. En este sentido una de las

consideraciones más importantes es la posición de los postes y cabezales del semáforo. Ellos deben colocarse de manera que sean claramente visibles solamente para aquellos conductores, peatones o ciclistas que estos controlan, y no inducir a confusión a los restantes usuarios. En las secciones 4.10.4 y 4.10.5 se entregan pautas al respecto.

A partir de las recomendaciones y requerimientos señalados aquí, y la experiencia del profesional a cargo del proyecto de semaforización, se debe generar el diseño de la intersección, teniendo en cuenta que el diseño físico y operativo son tareas interrelacionadas que deben ser abordadas en forma simultánea. El diseño físico debe respetar la normativa y recomendaciones aplicables, y el diseño operativo debe seguir las pautas que se describen a continuación.

4.10.1 Diseño operativo de la intersección

El objetivo del diseño operativo de una intersección semaforizada es maximizar el flujo de vehículos, peatones y ciclistas, minimizando las demoras y manteniendo un alto nivel de seguridad de tránsito para todos ellos.

Todo proyecto de semaforización debe considerar una etapa de diseño operativo que, además, debe realizarse en coordinación con el diseño físico de la intersección de modo que se retroalimenten mutuamente hasta generar una solución consistente en aspectos geométricos, operativos y de seguridad de tránsito.

El diseño operativo de la intersección debe ser consistente con los volúmenes de tráfico y los movimientos realizados por los vehículos, junto con los requerimientos de peatones y ciclistas. Idealmente cada movimiento vehicular debe estar asignado a pistas exclusivas, pero a menudo eso no es posible o no es eficiente en el uso del espacio vial. Por lo tanto, es necesario que distintos movimientos compartan pistas.

Los movimientos pueden organizarse de distintas formas según las características físicas de la intersección y la magnitud de los flujos. A modo de recomendaciones generales pueden considerarse las siguientes:

- Aceptar movimientos conflictivos, tales como virajes a la izquierda que enfrentan movimientos prioritarios en la misma fase, donde el grado de conflicto es aceptable y la circulación es suficientemente segura.
- Eliminar movimientos, como los virajes a la izquierda, pero teniendo en cuenta que no se generen problemas operativos en otras intersecciones hacia donde se desvíe el movimiento no permitido y que las alternativas sean razonables en el sentido de que no produzcan recorridos adicionales excesivos.
- Generar virajes sin oposición durante una parte o la totalidad del tiempo de verde. En el primer caso definiendo, por ejemplo, el término adelantado del tiempo de verde del movimiento opositor.
- Permitir virajes a la izquierda simultáneos desde distintos sentidos en una misma vía cuando existe suficiente espacio en la intersección.
- Ensanchar los accesos o aumentar el número de pistas, definiéndolas con el ancho mínimo aceptable para los vehículos que circulan por la vía.
- Generar pistas especiales para virajes, con una longitud acorde a la magnitud del movimiento.
- Combinar el período de verde de movimientos vehiculares y peatonales cuando estos se puedan realizar con un nivel adecuado de seguridad.
- Generar distintas secuencias de fases en distintos períodos para adecuar el funcionamiento de la intersección a los cambios en los patrones de demanda.

La aplicación de estas recomendaciones generales y las que se indican a continuación, junto con la experiencia del diseñador son un aspecto relevante para que las intersecciones operen de manera eficiente y segura.

4.10.2 Facilidades explícitas para peatones y ciclistas

En algunas intersecciones los peatones experimentan conflictos severos con los vehículos incrementando la posibilidad de accidentes. El conflicto más frecuente se produce entre vehículos que viran y los peatones que en esa misma fase tienen derecho preferente de paso. Si bien la normativa establece que esos vehículos deben detenerse y permitir el paso de los peatones o ciclistas, eso no siempre ocurre, generando situaciones riesgosas que producen atropellos.

El siguiente cuadro muestra las distintas alternativas de facilidades para peatones en intersecciones semaforizadas. En función de las condiciones propias de cada lugar debe determinarse la opción más apropiada.

Cuadro 4-11 Alternativas de facilidades para peatones en intersecciones semaforizadas

Alternativa	Descripción
Semáforo con fase peatonal y vehicular conjunta	Es la alternativa más común, combina en una misma fase la circulación de vehículos que viran y peatones que cruzan la vía perpendicular, pero con preferencia para estos últimos. Esta alternativa es útil en vías unidireccionales o en vías bidireccionales con niveles de conflicto aceptables entre vehículos y peatones.
Semáforo peatonal	Este tipo de semáforo se justifica en tramos de vía o intersecciones a partir del nivel de conflicto entre peatones y vehículos representado por el indicador PV^2 . En este caso si el semáforo se ubica en un tramo de vía, el dispositivo debe operar activado por botoneras peatonales; si se ubica en una intersección podría requerirse espiras y botoneras ubicadas de forma que todos los usuarios tengan demoras aceptables y adecuadas condiciones de seguridad para cruzar la intersección. En función de esto, si el semáforo está inserto en una red y el ciclo común es alto entonces debe funcionar con ciclo doble y si la intersección está aislada entonces debe funcionar con el tiempo de ciclo más bajo posible. De otro modo la demora peatonal (ver sección 4.6.3), luego de activar la botonera, puede ser excesiva, haciendo que los peatones ignoren la botonera y crucen aprovechando brechas.
Semáforo con fase peatonal exclusiva	<p>Corresponde a una intersección semaforizada típica, pero que incluye una fase peatonal exclusiva donde todos los vehículos reciben luz roja y todos los peatones luz verde. La fase peatonal puede ser activada con botoneras si la demanda peatonal tiene una alta variabilidad. Como referencia es conveniente considerar una fase exclusiva para los peatones cuando:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ El flujo peatonal que cruza un acceso es igual o superior a 300 peatones/h. ▪ El flujo vehicular que vira es mayor a 720 veh/h y la corriente peatonal prioritaria tiene un flujo mayor a 50 peatones/h. ▪ Existen situaciones especiales tales como un número significativo de ancianos o personas con alguna discapacidad. <p>Siempre es necesario considerar que la definición de una fase peatonal exclusiva puede llegar a ser inconveniente si el tiempo de ciclo se incrementa en demasía y los peatones optan por cruzar con luz roja debido a la excesiva demora.</p>
Semáforo con cruce peatonal en dos etapas (desfasado)	Se aplica en vías bidireccionales con dos o más pistas por sentido. Los peatones cruzan una de las calzadas a la vez en distintas fases del semáforo. Requiere un adecuado espacio de almacenamiento de peatones en la mediana de la vía. Contribuye a disminuir los tiempos de verde mínimos.
Semáforo con cruce peatonal desplazado	<p>Se aplica en intersecciones congestionadas con flujos peatonales importantes y que, por lo tanto, presentan elevados niveles de conflicto entre vehículos y peatones, principalmente entre vehículos que viran a la derecha y los peatones que cruzan en la misma fase.</p> <p>En esta alternativa el cruce peatonal se desplaza aguas abajo de la intersección en una distancia apropiada al tipo de vehículo que circula por la vía, de forma tal que al menos se puedan almacenar 1 o 2 vehículos por pista y que los conductores puedan percibir claramente que existe otra línea de detención asociada al cruce de peatones. Para lograr lo anterior, y a la vez evitar extender demasiado el recorrido de los peatones, el cruce peatonal debe estar desplazado entre 20 y 50 metros de la intersección semaforizada. La solución puede incluir un cruce en dos etapas (desfasado) en vías bidireccionales.</p>

Semáforo con cruce peatonal con detectores de personas	<p>Corresponde a un cruce de peatones a mitad de cuadra, con botoneras, que incluye sensores adicionales para hacer más segura y eficiente su operación. En este tipo de cruce existen dos clases de sensores, aquellos que se ubican en la vereda y los que se asocian al área de cruce.</p> <p>El sistema de detección en la vereda debe ser capaz de mantener activa la petición de fase peatonal realizada con las botoneras cuando existan peatones esperando cruzar y cancelarla si todos los peatones cruzan, por brecha, antes de recibir luz verde. Esto último elimina la frustración de los conductores cuando enfrentan la luz roja pero nadie cruza. Los sistemas de detección pueden ser instalados en la misma vereda (sistemas activados por presión) o en postes (cámaras de video). Se debe tener especial cuidado en cubrir completamente el área de espera de los peatones. Para esto se deben conocer las características técnicas de los detectores utilizados y observar en terreno las áreas donde los peatones típicamente esperan.</p> <p>Los sensores enfocados al área de cruce deben detectar a las personas caminando (incluso a bajas velocidades) y entregar señales al controlador para modificar la extensión del entreverde peatonal según la demanda existente, alargando su duración hasta su valor máximo si todavía existen peatones (más lentos) cruzando al final del verde normal o reduciéndolo al mínimo si todos han terminado de cruzar. Es particularmente importante que los sensores sean capaces de distinguir rápidamente a los peatones que ingresen al área de cruce al final del verde peatonal.</p> <p>Este tipo de cruce generalmente disminuye las demoras de peatones y vehículos con respecto a un cruce peatonal tradicional.</p>
--	---

Un aspecto común a las soluciones anteriores es la necesidad de dimensionar el ancho del cruce peatonal según la demanda máxima de peatones, de modo que puedan cruzar manteniendo una densidad razonable. Para esto se deben respetar las recomendaciones del Capítulo 6 del Manual de Señalización de Tránsito.

En los casos donde se proponga el uso de soluciones que requieran cambios significativos en la forma de circular de peatones, ciclistas o conductores, es recomendable que se implemente una campaña de información y educación vial que oriente a los usuarios sobre el objetivo de los cambios y forma correcta de circular por el lugar.

4.10.3 Otras consideraciones

Las obras y diseños viales asociados a un proyecto de semaforización deben respetar la normativa aplicable y tener en cuenta las recomendaciones de diseño vial del REDEVU.

En particular, para instalar un semáforo en una intersección donde alguno de los accesos tiene pendiente de bajada, se deben considerar los siguientes requisitos para disminuir los riesgos de accidentes ante la dificultad de algunos vehículos (vehículos pesados, típicamente) de detenerse ante una luz roja cuando circulan en bajada:

- Si la velocidad de diseño de la vía con pendiente de bajada es igual o superior a 60 km/h entonces 60 metros antes de la línea de detención la pendiente no debe superar el 4%. Si la velocidad de diseño es menor a 60 km/h entonces esa longitud puede reducirse a 40 metros.
- Además de lo anterior, se debe tratar de disponer de un tramo de 20 metros antes de la línea de detención con una pendiente cercana al mínimo posible (determinado por la evacuación de aguas lluvias).

En caso que no sea posible modificar las características de las vías para lograr las pendientes señaladas, no debe instalarse el semáforo a pesar que se cumpla alguno de los criterios de justificación. No obstante lo anterior, y en casos excepcionales debidamente analizados, la UOCT puede autorizar la instalación del semáforo a pesar de que no se cumplan las condiciones geométricas antes señaladas.

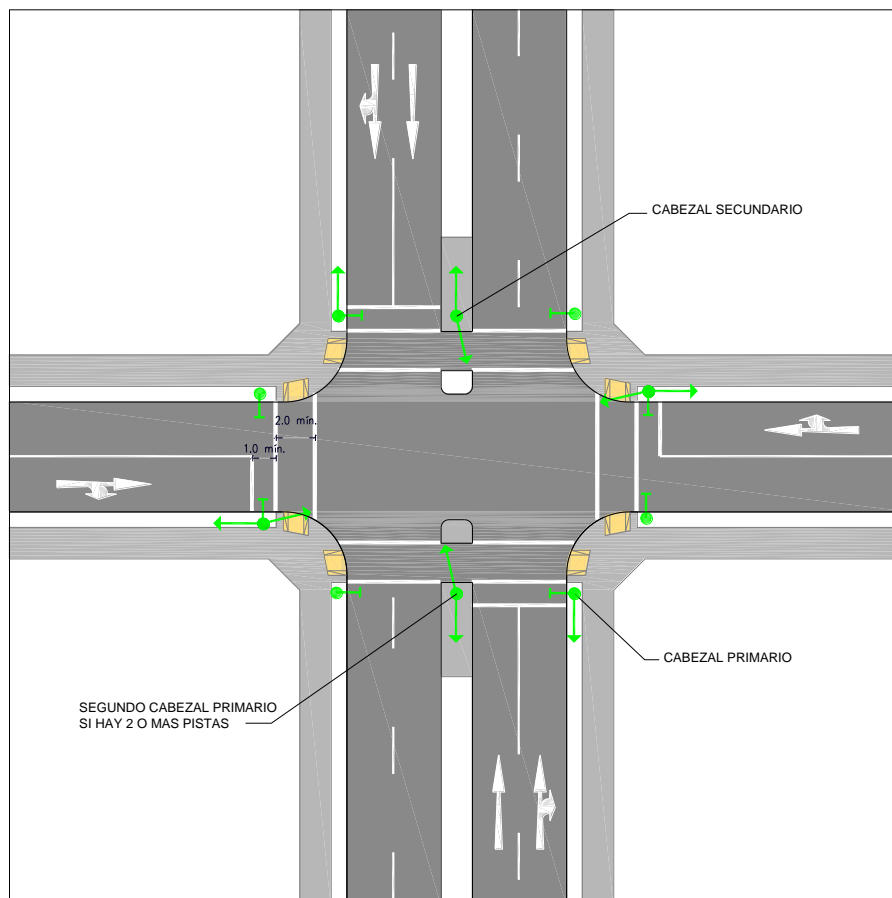
4.10.4 Ubicación de postes de semáforos

Los cabezales de los semáforos deben ubicarse en postes de semáforos cuyas características están definidas en las “Especificaciones Técnicas para la Instalación de Semáforos de la UOCT” (www.uoct.cl). No se debe utilizar otro tipo de postes.

Para cada calzada debe existir al menos un cabezal primario y un cabezal secundario, de forma que, al acercarse a una intersección, los conductores perciban las indicaciones de al menos dos cabezales vehiculares a una distancia de 80 metros. Cuando el límite de velocidad sea mayor que 60 km/h, dicha distancia debe ser 200 metros, sin la presencia de neblina. En caso que lo anterior no pueda lograrse, la presencia del semáforo debe ser anunciada mediante la señal preventiva PO-11.

El cabezal primario debe instalarse en un poste al lado derecho de la calzada, idealmente un metro atrás de la línea de detención, pero a no más de dos metros de ella. El cabezal secundario debe ubicarse en un poste al lado izquierdo de la calzada, en forma diagonal-opuesto del primario, y que puede ser en el mismo poste del cabezal primario del sentido opuesto. Esta configuración básica se muestra en el siguiente esquema.

Figura 4-20 Diseño básico para localización de postes de semáforos de una intersección



El objeto del cabezal primario es indicar claramente a los conductores la posición de la línea de detención y el cruce peatonal. El cabezal secundario refuerza al cabezal primario y es más visible para los vehículos que esperan justo antes de la línea de detención. En el caso de que existan elementos que obstruyan la visibilidad del cabezal primario, debe considerarse su instalación en un poste con brazo.

Es fundamental asegurar que la visibilidad de los cabezales no sea obstruida en el tiempo por la presencia de letreros, postes, vegetación u otros elementos. Lo anterior, debe verificarse al menos una vez al año, preferentemente en primavera, como parte del programa de mantenimiento de los semáforos. Asimismo, se debe asegurar que no existan avisos, propaganda u otros objetos que distraigan al conductor en las cercanías de los cabezales.

Toda nueva instalación debe cumplir estos requerimientos y las instalaciones antiguas deben ajustarse a ellos en la medida en que sea necesario modernizar los equipos utilizados.

Los criterios básicos ya señalados son aplicables a un número importante de situaciones, sin embargo, existen otras configuraciones geométricas que requieren una disposición especial de postes (postes simples y con gancho) y lámparas.

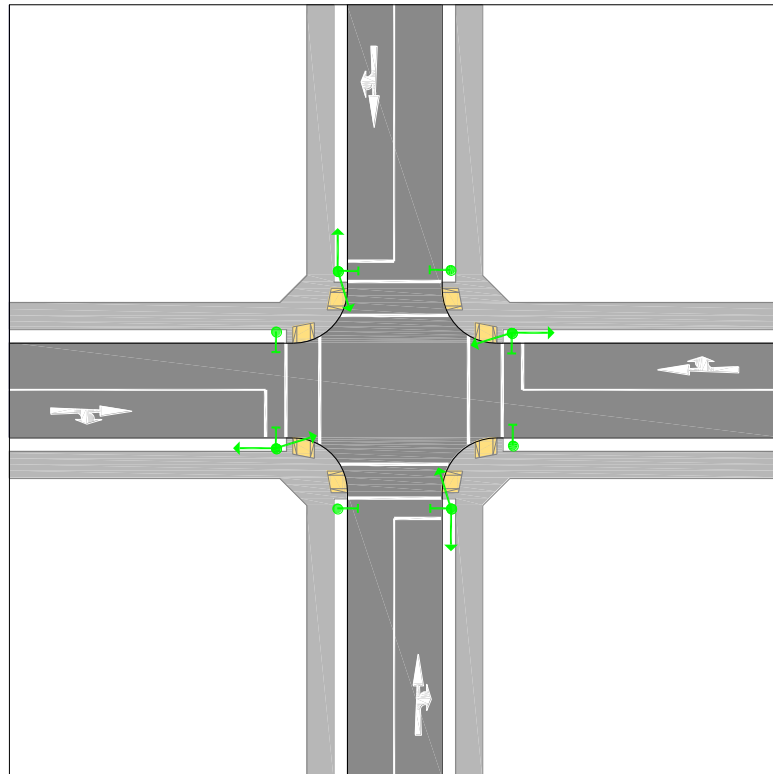
En las siguientes secciones se muestran algunos ejemplos de localización de postes, distinguiendo postes simples y postes con gancho o brazo, botoneras, vallas peatonales, etc. para los casos que ocurren más frecuentemente. Estos ejemplos no corresponden a diseños que puedan aplicarse directamente en terreno sino a aplicaciones ficticias que deben ser utilizadas como referencia para el diseño de cada situación real analizada.

En algunos ejemplos se muestra el uso de vallas peatonales, elemento fundamental para lograr que los peatones sigan trayectorias seguras en intersecciones complejas o con características especiales.

4.10.4.1 Intersección en cruz con una pista por sentido

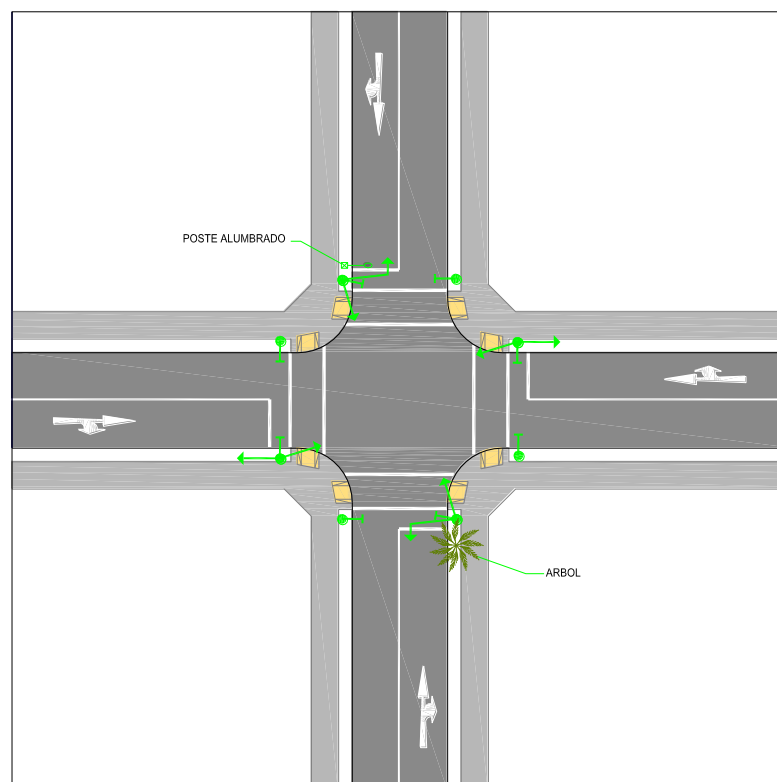
En este caso basta considerar dos lámparas de semáforo por acceso, procurando que la ubicación del poste y lámpara tengan buena visibilidad. La siguiente figura muestra el esquema tipo de esta configuración.

Figura 4-21 Diseño intersección en cruz, accesos bidireccionales y una pista por sentido



En el caso de que la visibilidad del poste primario se vea obstaculizada por elementos como árboles, postes de alumbrado o cualquier otro mobiliario urbano, debe considerarse un poste con gancho o brazo, de modo que la lámpara sea visible al acercarse a la línea de detención. La siguiente figura muestra el esquema tipo de esta configuración.

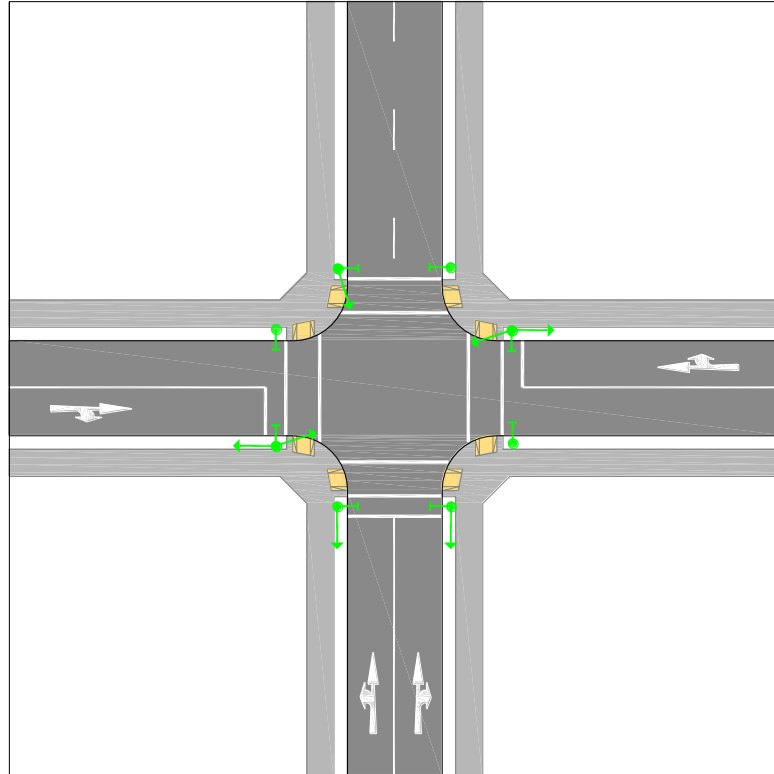
Figura 4-22 Diseño intersección en cruz, accesos bidireccionales y una pista por sentido, si existen problemas de visibilidad



4.10.4.2 Intersección en cruz con vía principal unidireccional y secundaria bidireccional con una pista por sentido

En este caso, la ubicación y número de lámparas por acceso es una combinación de tres lámparas para el acceso unidireccional y dos para el bidireccional. La siguiente figura muestra el esquema tipo de esta configuración.

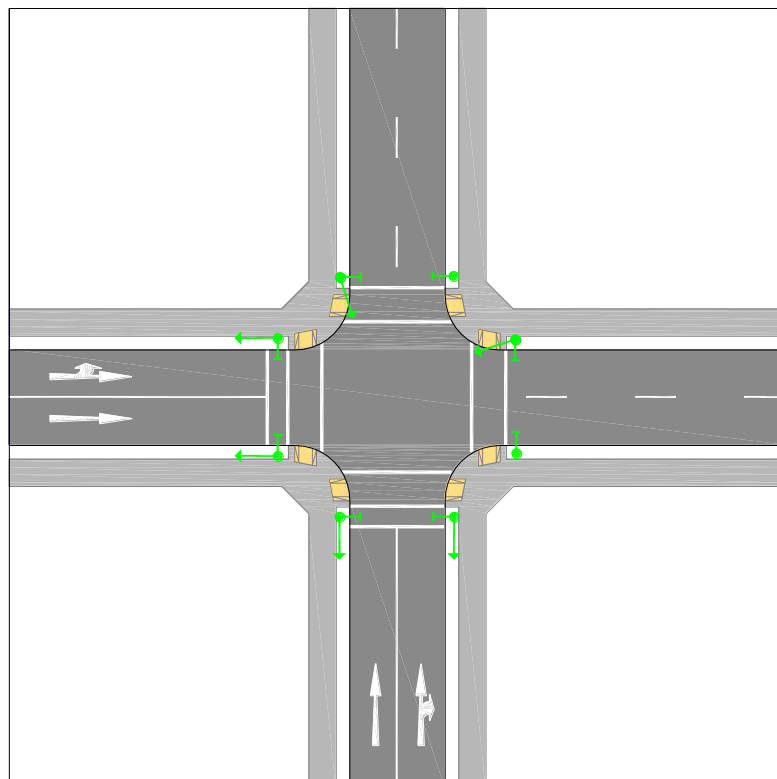
Figura 4-23 Diseño intersección en cruz, acceso principal unidireccional y secundarios bidireccionales



4.10.4.3 Intersección en cruz con accesos unidireccionales

En este caso deben considerarse tres lámparas por acceso. La siguiente figura muestra el esquema tipo de esta configuración.

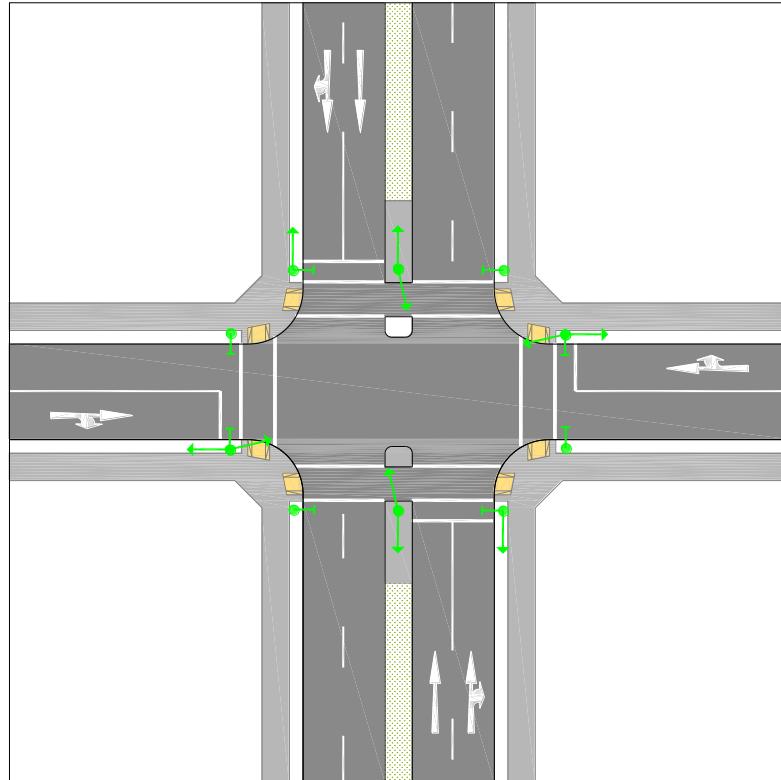
Figura 4-24 Diseño Intersección en cruz, ambos accesos unidireccionales



4.10.4.4 Intersección en cruz con dos pistas por sentido y mediana en vía principal, y una pista por sentido en vía secundaria

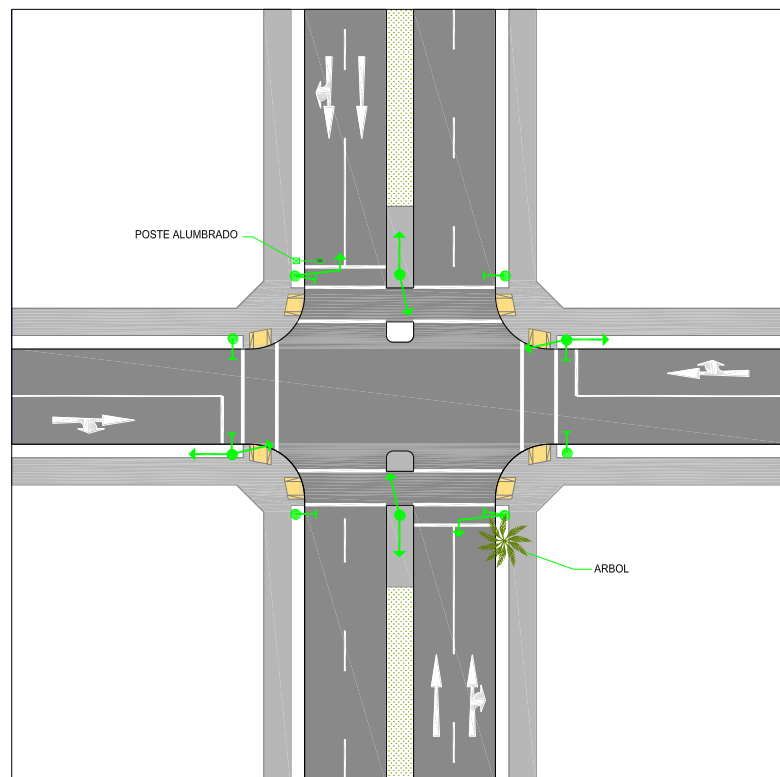
La siguiente figura muestra el esquema tipo de esta configuración.

Figura 4-25 Diseño intersección en cruz con dos pistas por sentido y mediana en vía principal y una pista por sentido en vía secundaria



Si existen elementos que obstruyan la visual de la lámpara del semáforo debe contemplarse un poste con gancho. La siguiente figura muestra el esquema tipo de esta configuración.

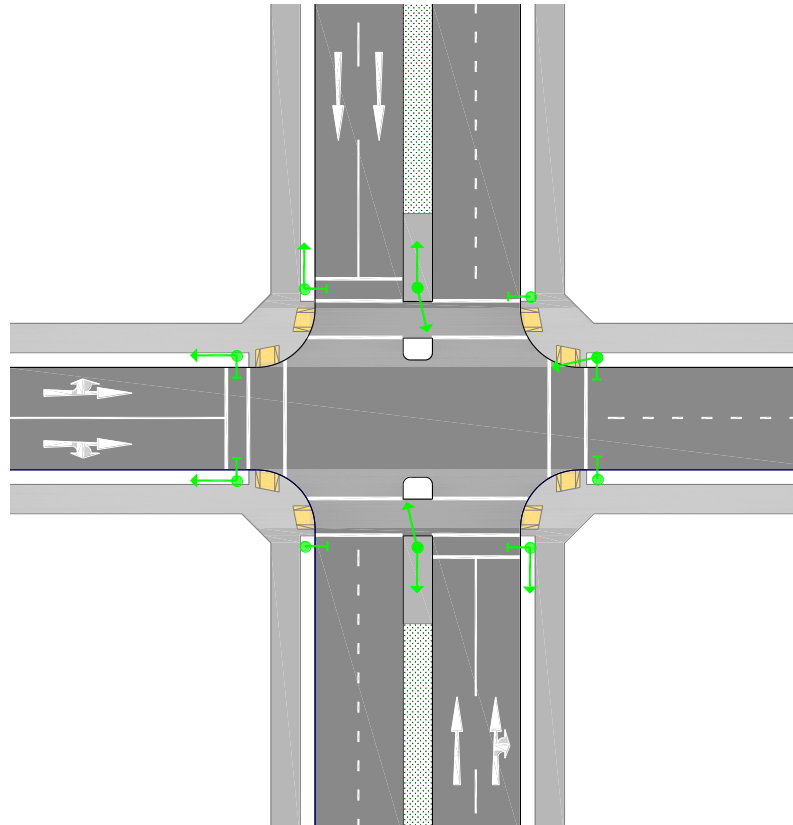
Figura 4-26 Diseño intersección en cruz con dos pistas por sentido y mediana en vía principal y una pista por sentido en vía secundaria, cuando existen problemas de visibilidad



4.10.4.5 Intersección en cruz con dos pistas por sentido con mediana por la vía principal y vía secundaria unidireccional

La siguiente figura muestra el esquema tipo de esta configuración.

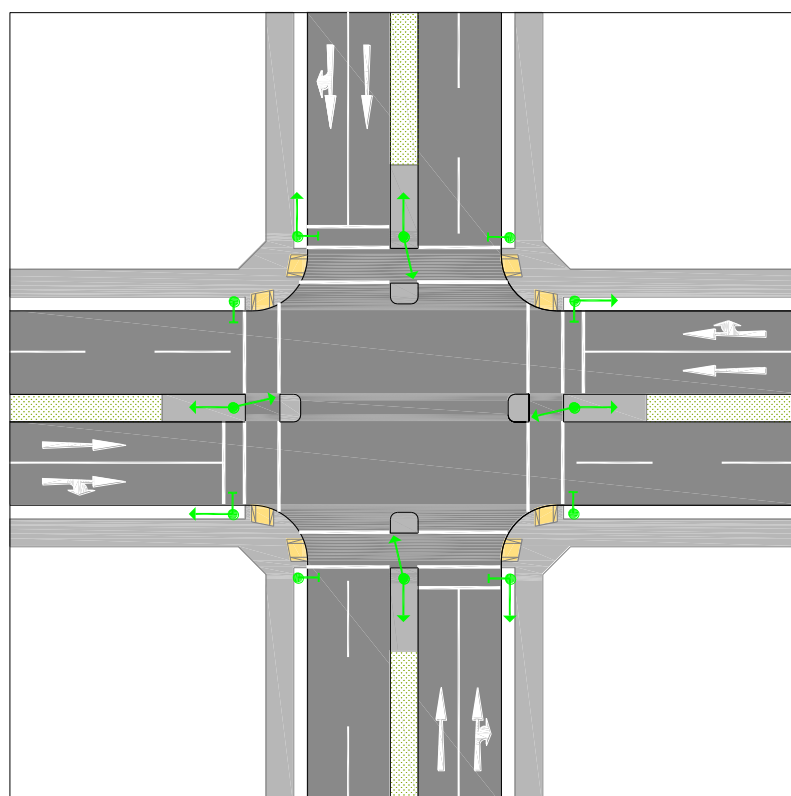
Figura 4-27 Diseño Intersección en cruz, acceso principal con mediana y secundaria unidireccional



4.10.4.6 Intersección en cruz con accesos bidireccionales y medianas

La siguiente figura muestra el esquema tipo de esta configuración.

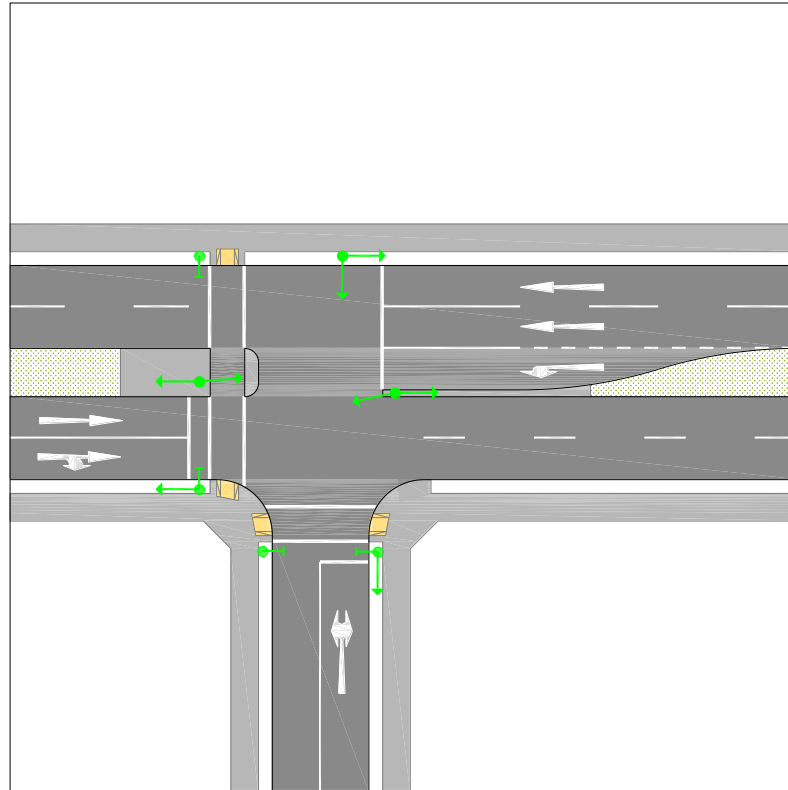
Figura 4-28 Diseño intersección en cruz con accesos bidireccionales y medianas



4.10.4.7 Intersección en “T” con pista de viraje a la izquierda

La siguiente figura muestra el esquema tipo de esta configuración.

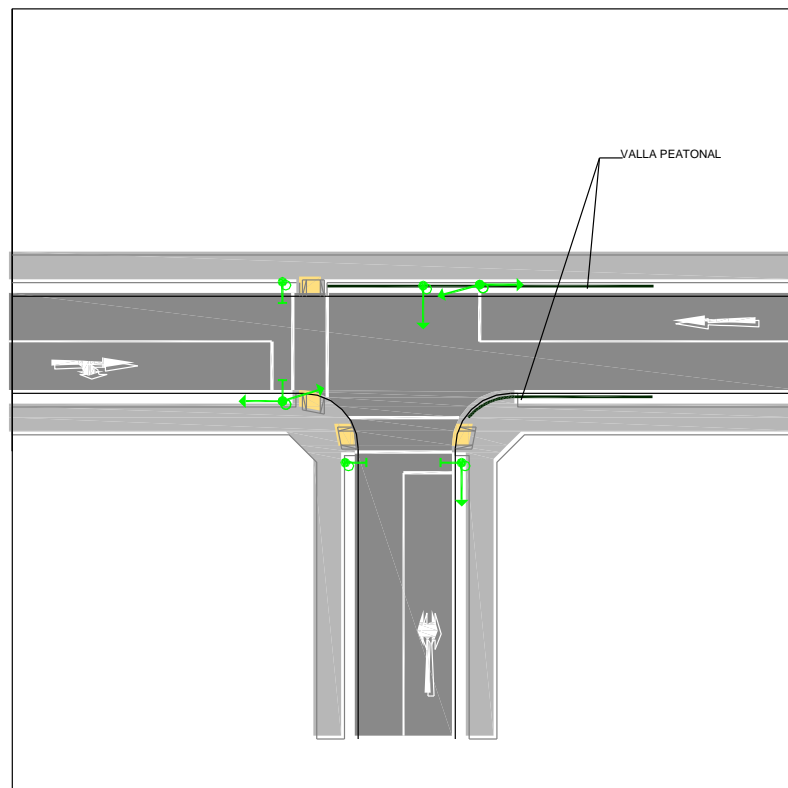
Figura 4-29 Diseño intersección en T con viraje a izquierda



4.10.4.8 Intersección en “T” con vías bidireccionales

La siguiente figura muestra el esquema tipo de esta configuración. En este caso es necesario el uso de vallas peatonales para encauzar la circulación de los peatones.

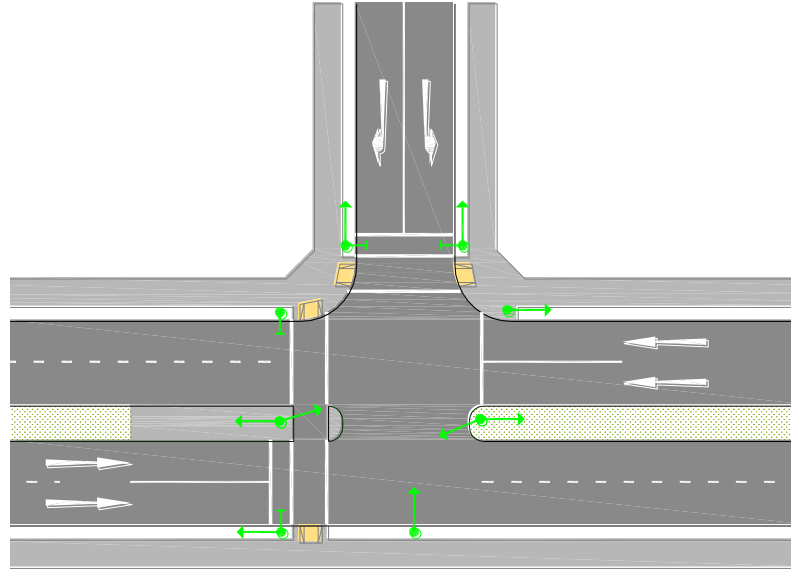
Figura 4-30 Diseño intersección en “T” con vías bidireccionales



4.10.4.9 Intersección en "T" con vía principal bidireccional y secundaria unidireccional

La siguiente figura muestra el esquema tipo de esta configuración.

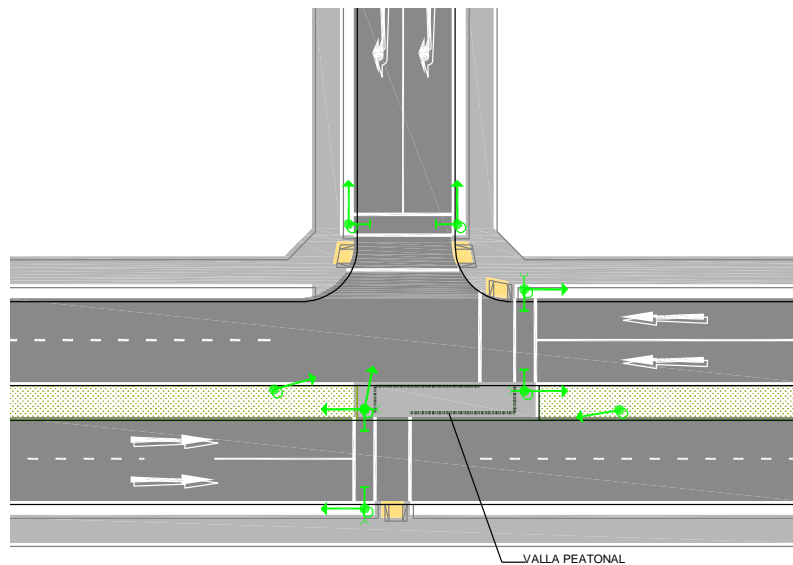
Figura 4-31 Diseño intersección en "T" con vía principal bidireccional y secundaria unidireccional



4.10.4.10 Intersección en "T" con vía principal bidireccional, secundaria unidireccional y paso peatonal desfasado

La siguiente figura muestra el esquema tipo de esta configuración. En este caso es necesario el uso de vallas peatonales para encauzar la circulación de los peatones en la mediana.

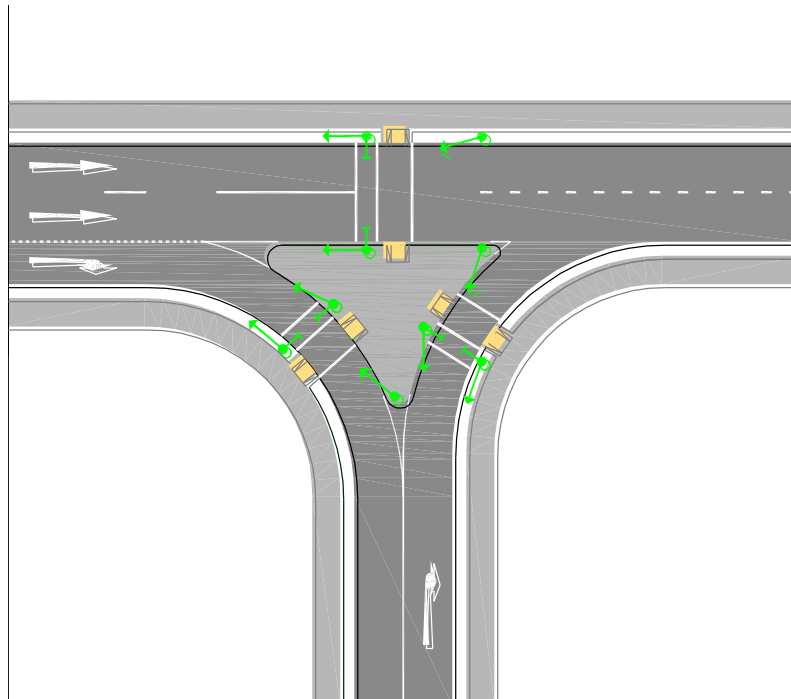
Figura 4-32 Diseño intersección en "T" con vía principal bidireccional, secundaria unidireccional y paso peatonal desfasado



4.10.4.11 Intersección en "T" con isla peatonal

La siguiente figura muestra el esquema tipo de esta configuración.

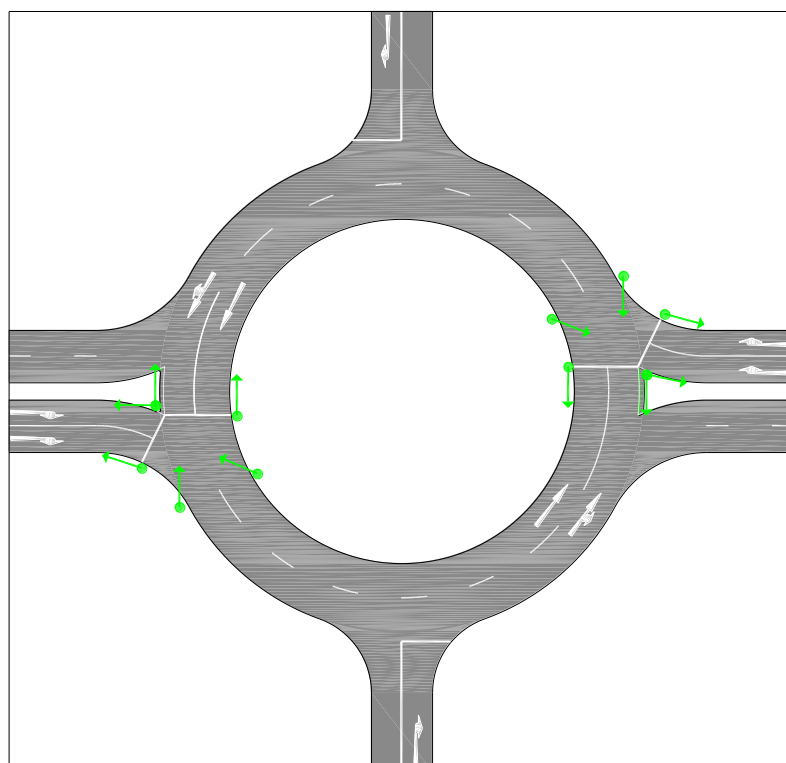
Figura 4-33 Diseño intersección en "T" con isla peatonal



4.10.4.12 Rotonda semaforizada

Ante ciertas condiciones de demanda podría ser necesario semaforizar los accesos a una rotonda existente. La siguiente figura muestra el esquema tipo de esta configuración.

Figura 4-34 Diseño tipo para acceso en rotonda semaforizada



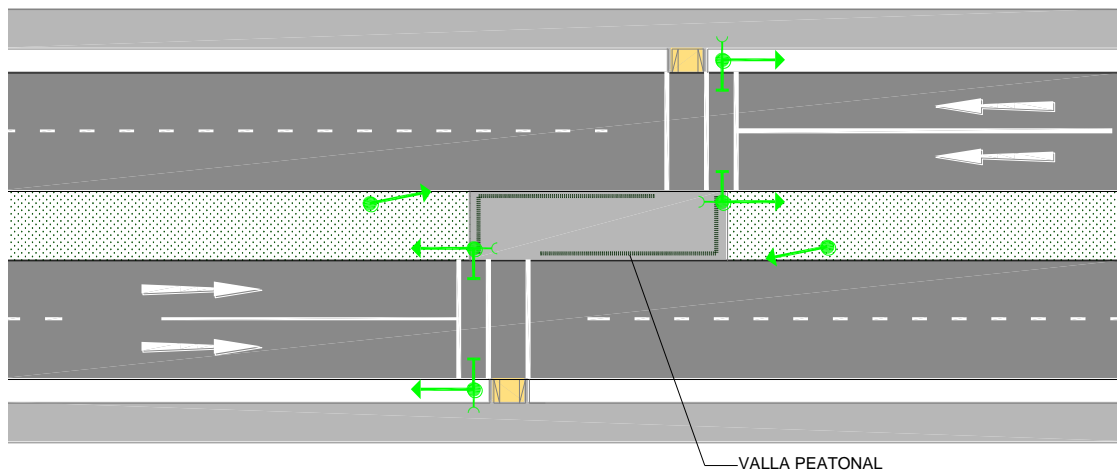
4.10.4.13 Cruce peatonal desfasado

En determinados cruces peatonales a mitad de cuadra es necesario desfasar las sendas peatonales para generar un cruce en dos etapas y así disminuir la duración del tiempo de rojo de los vehículos. Es fundamental la instalación de vallas peatonales para orientar la circulación de los peatones en la mediana.

La distancia entre los pasos peatonales del cruce debe ser al menos 3 m, el ancho libre del área de espera debe ser de al menos 2 m y su superficie debe ser tal que permita almacenar la demanda más alta de peatones con una densidad máxima de 1,5 peat/m². Este tipo de facilidad no debe ubicarse a menos de 80 m de otras intersecciones o facilidades peatonales.

La siguiente figura muestra la configuración típica.

Figura 4-35 Diseño tipo para cruce peatonal desfasado



4.10.4.14 Cruce peatonal desplazado

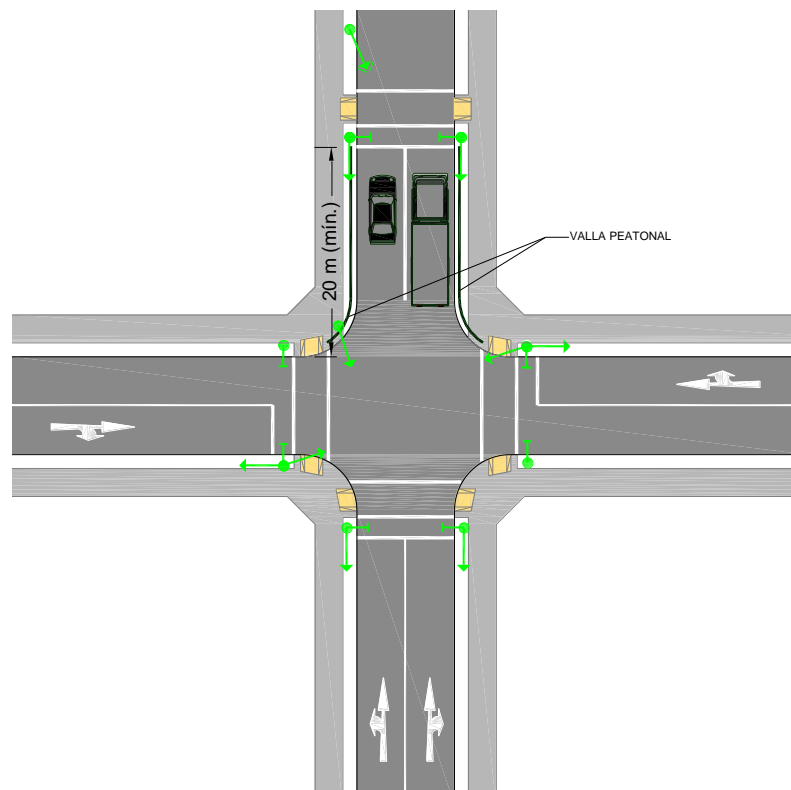
En ciertos casos, debido a la magnitud de los conflictos entre los vehículos que viran y los peatones que tienen derecho preferente de paso en la misma fase, puede ser necesario desplazar el cruce peatonal aguas abajo de la intersección para generar el espacio suficiente para que los vehículos que viran enfrenten a los peatones con mejor visibilidad y observen claramente los cabezales vehiculares del cruce peatonal. Es necesario disponer vallas peatonales para encauzar el flujo de peatones hacia el lugar de cruce, de otra forma los peatones cruzarán por el lugar habitual. La distancia de desplazamiento del cruce peatonal depende de los tipos de vehículo que circulen por la intersección, pero no debe ser excesiva para evitar que los peatones se resistan a recorrer una distancia demasiado larga.

El cruce desplazado debe ubicarse al menos a 20 m de la intersección, pero a no más de 50 m. Es recomendable utilizar mobiliario urbano para reforzar el desplazamiento de los usuarios hacia el cruce peatonal.

El desplazamiento del cruce genera un espacio de almacenamiento de vehículos que disminuye los efectos de bloqueo en el flujo vehicular directo que circula en la misma fase que el viraje, que en la situación sin desplazamiento debe detenerse y esperar el cruce de peatones.

La siguiente figura muestra la configuración típica de este caso.

Figura 4-36 Diseño tipo para cruce peatonal desplazado aguas abajo de la intersección



4.10.5 Configuración de postes y cabezales

4.10.5.1 Configuración de postes

La parte inferior de un cabezal de semáforo vehicular debe estar a 3,4 metros del nivel de la acera; o, de no existir ésta, del nivel de la calzada. Para el caso de los cabezales peatonales, esa distancia debe ser 2,4 metros.

Si la visibilidad es deficiente, los cabezales vehiculares se montarán en un poste con brazo por sobre las pistas de circulación. En este caso la altura sobre la calzada de la base del cabezal no debe ser inferior a 4,5 metros.

Con el objeto de evitar el contacto entre los vehículos y los postes de semáforos, éstos se deben ubicar de modo que su parte más saliente se encuentre a no menos de 0,6 metros del borde de la pista de circulación más cercana.

4.10.5.2 Cabezales vehiculares

Los cabezales destinados al control de tráfico vehicular, deben tener una configuración vertical de luces, que incluya al menos una luz roja, una amarilla y una verde, en ese orden, desde arriba hacia abajo. Las ópticas deben ser preferentemente de tipo LED u otro que tengan mejores características de durabilidad, luminosidad y eficiencia energética y que la UOCT autorice. En algunos casos, es conveniente utilizar una o más flechas verdes, para precisar el o los movimientos que tienen derecho preferente de paso. En este caso, las lámparas con flechas se localizarán en forma adyacente a la luz verde, o la reemplazarán cuando todos los movimientos posibles desde la respectiva línea de detención estén controlados por indicaciones de flecha verde. No se aceptará el uso de flechas luminosas de otro color en un cabezal. Las configuraciones posibles y el diseño de las flechas verdes se indican en las Especificaciones Técnicas para la Instalación de Semáforos de la UOCT.

Se pueden utilizar dos diámetros nominales para las ópticas de un cabezal, 200 o 300 mm. Las ópticas de 300 mm de diámetro únicamente se utilizan para las indicaciones de flecha verde. No obstante lo anterior, se pueden usar ópticas de 300 mm de diámetro en intersecciones con problemas especiales, como interferencia inevitable de avisos comerciales u otras fuentes luminosas.

El cabezal vehicular debe estar provisto de una placa de respaldo negra con orla blanca, cuyas formas y dimensiones se definen en las Especificaciones Técnicas para la Instalación de Semáforos de la UOCT. La

placa de respaldo debe estar localizada aproximadamente en el mismo plano que la parte anterior de las ópticas. Cada óptica debe estar provista de la correspondiente visera.

Los cabezales, al igual que los postes de los semáforos, deben ser de color negro.

4.10.5.3 Cabezales peatonales

Los cabezales destinados a informar a los peatones sobre cuándo se les concede derecho de paso, deben tener una configuración vertical de luces roja y verde, según se indica en las Especificaciones Técnicas para la Instalación de Semáforos de la UOCT. No deben estar provistos de placa de respaldo y deben tener una visera corta. Las ópticas deben ser preferentemente de tipo LED u otro con mejores características que autorice la UOCT.

La luz verde debe tener una figura humana caminando y la luz roja una figura humana detenida. No se aceptarán leyendas, tales como PARE, SIGA, etc., en ninguna óptica del semáforo.

4.10.5.4 Cabezales para ciclistas

Los cabezales destinados a informar a los ciclistas sobre cuándo se les concede derecho de paso, deben tener una configuración vertical de luces roja y verde, similar a las de los peatones, según se indica en las Especificaciones Técnicas para la Instalación de Semáforos de la UOCT. No deben estar provistos de placa de respaldo y deben tener una visera corta. Las ópticas deben ser preferentemente de tipo LED u otro con mejores características que autorice la UOCT.

La luz verde debe tener una figura de una bicicleta al igual que la luz roja. No se aceptarán leyendas, tales como PARE, SIGA, etc., en ninguna óptica del semáforo.

4.10.5.5 Cabezales para corredores de buses

Los cabezales para corredores de buses deben incluir un módulo de 300 mm de diámetro con cinco ópticas: una amarilla al centro; dos rojas, una a la derecha y otra a la izquierda; y dos verdes, una arriba y otra abajo, según se indica en las Especificaciones Técnicas para la Instalación de Semáforos de la UOCT. Deben estar provistos de placa de respaldo con la figura de un bus y deben tener una visera larga. Las ópticas deben ser preferentemente de tipo LED u otro con mejores características que autorice la UOCT.

4.10.5.6 Cabezales para cuenta regresiva

No se aceptarán cabezales con cuenta regresiva debido a que generan problemas de seguridad y confusión en los usuarios cuando se implementan cambios de planes.

4.11 Implementación y sintonía fina

La optimización de las programaciones está basada en el uso de un modelo de tránsito, que a pesar de estar validado para una determinada situación observada, tiene una limitada capacidad para reproducir ciertos fenómenos. Por esta razón las programaciones óptimas definidas siempre deben someterse a un proceso de sintonía fina.

El objetivo de la sintonía fina es realizar en terreno un diagnóstico de la operación de las intersecciones con las programaciones óptimas definidas y determinar, en caso necesario, las modificaciones necesarias para mejorar las condiciones de circulación y seguridad de tránsito. Las modificaciones identificadas deben ser implementadas y evaluados sus resultados de manera que sean validadas o corregidas. El resultado de la sintonía fina es un conjunto de ajustes a la programación para los períodos analizados.

Como las programaciones óptimas están basadas en flujos y otras variables observadas en un cierto momento, la sintonía fina debe realizarse en el más breve plazo posible luego de su obtención.

La tarea de sintonía se debe realizar en coordinación con la UOCT y consiste en activar la programación óptima de cada período y disponer personal con experiencia en terreno para que observe el funcionamiento de las intersecciones. El personal de terreno debe establecer los problemas operativos o de seguridad de tránsito, si existen, y decida si es posible modificar en línea las programaciones y verificar de inmediato su efecto o bien si es necesario determinar los ajustes en gabinete y probar su eficacia en otro momento.

La necesidad de introducir cambios significativos en la programación es un indicador de la necesidad de corregir la modelación y/o la optimización de las programaciones, lo cual debe ser aprobado por la UOCT. Se considera como cambios mayores en la programación la modificación del tiempo de ciclo, cambios superiores al 20% de la duración de una fase y ajustes en los desfases de una parte importante de las intersecciones,

que indiquen diferencias generalizadas en la velocidad de los vehículos o la magnitud o estructura de los flujos con respecto a los datos utilizados en la optimización de las programaciones.

El proceso de sintonía fina consiste entonces en el desarrollo de las siguientes actividades:

- instalación de programaciones a validar en el computador central, cuando existe un sistema SCAT, o directamente en los controladores de los semáforos;
- recopilación y análisis de información existente;
- inspección general de terreno;
- diagnóstico operacional y formulación de acciones;
- ajustes de las programaciones;
- validación de ajustes a las programaciones;
- verificación de extensión y asimilación de períodos; e
- implementación de programaciones finales.

A continuación se describe cada una de estas actividades y se entregan pautas para realizar cada una de ellas.

4.11.1 Instalación de programaciones

La primera actividad en el proceso de sintonía fina es la instalación de las programaciones que deben revisarse en el computador central del sistema SCAT existente o bien en los controladores de cada semáforo si no existe un sistema centralizado.

Las programaciones pasarán a formar planes provisorios mientras dure el proceso de sintonía fina.

La generación de los planes provisorios tiene como objetivo disponer de un respaldo que permita restaurar las programaciones que se encontraban vigentes antes de la sintonía fina, teniendo en cuenta que el proceso puede tomar varios días y que podrían producirse errores u otras situaciones durante el trabajo de ajuste en línea de las programaciones que hagan necesario restablecer las programaciones originales.

4.11.2 Recopilación y análisis de información existente

Habitualmente la tarea de sintonía fina se realiza en intersecciones o redes que fueron modeladas y simuladas con un programa computacional, lo cual es de utilidad para la sintonía fina. Se debe entonces recopilar la siguiente información:

- Listado de semáforos que deben analizarse, identificando las intersecciones críticas, los ejes principales y sentidos de sincronismo prioritarios en el caso de redes.
- Esquemas operativos de las intersecciones y de las redes.
- Periodización utilizada, indicando la extensión de los períodos y las correspondientes horas representativas.
- Programación vigente en cada intersección en los distintos períodos.
- Flujos vehiculares, velocidades y otras variables operativas utilizadas en la optimización de las programaciones.
- Archivos de modelación SIDRA, TRANSYT u otro modelo, incluyendo entradas de datos y salidas con resultados.
- Informes de modelación para conocer los criterios y supuestos adoptados y los objetivos perseguidos en cuanto a la optimización de las programaciones. En especial el cálculo de tiempos mínimos de verde, entreverdes y uso de ciclos dobles.

El análisis de estos antecedentes permite establecer cuáles son los aspectos más relevantes de considerar en las intersecciones analizadas.

4.11.3 Inspección general de terreno

Con las programaciones óptimas activadas, se debe realizar una primera inspección general de terreno, cuyo objetivo es compenetrarse con la operación de los semáforos o de las redes, para ello se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- En el caso de redes, se deben efectuar recorridos en vehículo en circuitos predefinidos que abarquen, en conjunto, todas las intersecciones de la red, con énfasis en las intersecciones críticas en cada uno de los períodos. La inspección se debe realizar tantas veces como sea necesario para lograr un adecuado conocimiento de la operación de la red, tanto desde una perspectiva de conjunto (red) como de cada uno de sus semáforos. El número de visitas por período no debe ser inferior a dos tanto para redes como para semáforos aislados.
- Durante las visitas de inspecciones importante detectar la ocurrencia de sub-períodos punta que presenten problemas particulares de congestión.
- Se deben identificar las intersecciones críticas o sectores en los que se produzcan problemas de congestión o funcionamientos operativos deficientes.
- Posteriormente, para cada intersección crítica identificada se deben establecer las causas de los problemas observados y las posibles soluciones.
- En el caso de redes, se deben analizar los límites de la red, tanto espacial como temporalmente y determinar preliminarmente si es conveniente reordenarla temporal y/o espacialmente o bien incorporar nodos adyacentes.

En esta inspección general se debe determinar, en función del nivel de conflictos, la conveniencia de utilizar el modelo de tránsito como apoyo a la labor de sintonía fina.

4.11.4 Diagnóstico operacional y formulación de acciones

El diagnóstico operacional se basa en los antecedentes recopilados y en la inspección general realizada. Además, en esta etapa se debe tomar contacto con el encargado de la administración de las intersecciones de modo de incorporar también su experiencia y los problemas detectados por los usuarios que hayan sido informados a la UOCT o a la entidad responsable.

En función de los problemas detectados y sus causas se deben formular las acciones a realizar sobre las programaciones de terreno. Se deben revisar los objetivos de la programación, ya que es posible que los originalmente planteados sufran modificaciones a la luz de lo observado en terreno. Por ejemplo: se podría tomar la decisión de aislar una intersección o una parte de la red, priorizar otros ejes, etc.

Para el caso de redes con más de un eje a coordinar, es necesario seleccionar los ejes e intersecciones que deben incluirse en la etapa de ajuste de las programaciones. Para ello se requiere elaborar un listado jerárquico y realizar los ajustes en función de éste, considerando las intersecciones que pertenecen a más de un eje como punto de partida. De esta forma es posible optimizar el máximo número de intersecciones, sin perjudicar la coordinación de los ejes de mayor jerarquía.

El producto de esta actividad es la identificación de los principales problemas detectados, sus posibles causas y la formulación de acciones necesarias en cada período.

4.11.5 Ajustes a las programaciones en redes de semáforos

Las modificaciones a las programaciones de la red se pueden clasificar en dos grupos:

- modificaciones en gabinete, las que son enviadas al centro de control en forma posterior a la inspección en terreno, y
- modificaciones en terreno, las cuales requieren comunicación directa entre el personal de terreno y la sala de control, para chequear y modificar en tiempo real las programaciones.

Es posible distinguir tres tipos de redes que poseen diferentes estrategias de solución a los problemas que presentan.

- Redes Tipo 1: estas redes presentan problemas que sólo requieren ajustes menores de repartos y desfases sin modificaciones del tiempo de ciclo. Generalmente esto ocurrirá cuando la red cuente con nuevas programaciones definidas a partir de un estudio reciente. Se recomienda comenzar el análisis por las intersecciones críticas. Los criterios de modificación de desfases y repartos se describen más adelante.

- Redes Tipo 2: este tipo de redes son aquellas en que es necesario realizar ajustes menores del tiempo de ciclo y que la UOCT determine que no requieren de una actualización de la modelación y/u optimización. Esto probablemente ocurrirá cuando la sintonía fina se realice sobre programaciones con un grado menor de obsolescencia. La necesidad de ajustar el tiempo de ciclo se manifiesta en la existencia de algunas intersecciones con colas excedentes frecuentes y sin tiempos de verde ociosos para más de una fase. En este caso el proceso debe tener en cuenta lo siguiente:
 - Se debe comenzar con el análisis de ajuste del tiempo de ciclo.
 - Una vez encontrado el ciclo de operación óptimo se procede a la revisión de repartos y desfases de la misma forma que con las redes Tipo 1.
 - Podrían existir bloqueos a nivel de áreas, pero de poca magnitud, cuya solución puede basarse en estrategias de gestión de la congestión. Algunos ejemplos son la concentración de la congestión en arcos que eviten bloqueos (arcos con suficiente capacidad de almacenamiento de colas) y el uso de intersecciones "compuertas" que regulen el acceso al área de conflicto según la capacidad de esa área.
- Redes Tipo 3: corresponden a aquellas redes en que la operación real difiere significativamente de la analizada en la optimización de las programaciones, o aquellas donde las programaciones vigentes están obsoletas producto de cambios en la magnitud y estructura de los flujos. Este caso requiere cambios importantes en el tiempo de ciclo, repartos y desfases, que no pueden abordarse en un proceso de sintonía fina. Es necesario en cambio volver a programar la red a través de un estudio específico.

A continuación se entregan recomendaciones más detalladas para el proceso de sintonía fina en redes de semáforos.

4.11.5.1 Criterios para modificar el tiempo ciclo de una red

Para llevar a cabo ajustes al tiempo de ciclo de una red se requieren los siguientes pasos:

- Analizar en primera instancia la modificación del tiempo de ciclo observando el grado de saturación de las intersecciones críticas pues ellas definen la magnitud del tiempo de ciclo. El procedimiento consiste en observar las colas producidas en cada acceso de esas intersecciones y revisar si se alcanzan o no a descargar con el tiempo de verde asignado. Si se observan colas excedentes y no existen posibilidades de distribuir mejor el tiempo de verde entonces se debe cuestionar el ciclo escogido y se debe proponer incrementarlo. Por el contrario, también es posible que se observen tiempos de verde desaprovechados en las intersecciones críticas en cuyo caso se requiere una disminución del tiempo de ciclo. En ambos casos es necesario respetar los valores máximo y mínimo del tiempo de ciclo definidos en la sección 4.5.5.3.
- En función de la magnitud de los problemas detectados se procede a modificar tentativamente el tiempo de ciclo de la intersección bajo análisis incrementando o disminuyendo proporcionalmente los repartos. Estas modificaciones se realizan y se validan en terreno a través de comunicación en línea con la sala de control, si ella existe.
- Si los resultados del ajuste tentativo son satisfactorios, se requiere determinar en gabinete el tiempo de ciclo de toda la red con la ayuda de las modelaciones de tránsito disponibles. Para ello, y en el caso de redes Tipo 2, se debe cuantificar la magnitud de los flujos actuales y utilizar las modelaciones disponibles con los ajustes correspondientes. La modificación de repartos para el resto de las intersecciones también se debe estimar en gabinete, teniendo en cuenta la existencia de accesos con holguras de tiempo de verde. En redes Tipo 1 los ajustes se realizan manualmente según las condiciones observadas y la experiencia del profesional responsable de la sintonía fina.
- Finalmente, en terreno se deben validar las modificaciones para cada intersección en forma individual y para cada período analizado.

4.11.5.2 Criterios para modificaciones de repartos en redes

Las situaciones que indican la necesidad de modificar el reparto de un semáforo y las posibles soluciones son, en general, las siguientes:

- Si existe cola excedente en alguno de los accesos de una intersección y existe tiempo de verde ocioso en accesos que tienen derecho de paso en otras fases, se debe analizar la modificación de los repartos teniendo como límite inferior el verde mínimo correspondiente.

- Si se detectan tiempos de verde ociosos en varios accesos, se requiere analizar la modificación de los repartos para asignar el exceso entre las fases con mayor demanda o eventualmente se puede utilizar ciclo doble o fases duplicadas si el exceso de tiempo de verde es significativo.

Las modificaciones mínimas de repartos generalmente deben ser de 2 segundos pues variaciones menores no producen mejoras significativas de operación o sus efectos son imperceptibles en terreno en la mayor parte de los casos. Esto podría no aplicar en intersecciones muy congestionadas donde puede ser útil aplicar cambios de 1 segundo.

4.11.5.3 Criterios para modificar los desfases en redes

Para determinar la necesidad de modificar los desfases entre semáforos de una red se debe realizar un proceso de seguimiento de los pelotones de vehículos en los ejes definidos como más relevantes. Para este análisis es necesario tener presente lo siguiente:

- La modificación de desfases se debe realizar después de analizar y eventualmente ajustar los repartos y el ciclo de la red.
- La verificación de la coordinación se debe estudiar desde dos perspectivas. La primera asociada a una visión de usuario, definida a partir de recorridos con el método de vehículo flotante que permitan conocer las detenciones producidas en cada intersección para vehículos representativos de los pelotones que se formen. La segunda consiste en un estudio particular de cada intersección y requiere observar cómo llegan los pelotones a las líneas de detención.

En función de lo que observe el personal de terreno, con experiencia en este tipo de tareas, se debe establecer la necesidad de ajustar los desfases en ciertas intersecciones buscando disminuir las detenciones y demoras para los vehículos de los ejes más relevantes.

En redes Tipo 1 los ajustes se realizan en forma manual y según las condiciones observadas y la experiencia del profesional a cargo de la sintonía fina. En redes Tipo 2 los ajustes deben obtenerse con el apoyo de la modelación existente y los respectivos ajustes de las variables operativas relevantes.

4.11.6 Ajustes de programaciones en intersecciones aisladas

El ajuste de las programaciones de semáforos aislados se realiza siguiendo una metodología similar a la utilizada para redes de semáforos, descrita en la sección 4.11.5, pero teniendo en cuenta que en este caso la programación es función sólo de las variables operativas de la propia intersección.

Se debe analizar entonces la modificación del tiempo de ciclo y los repartos buscando disponer de suficiente tiempo de verde para descargar las colas y minimizando los tiempos de verde ociosos.

4.11.7 Validación de ajustes de programaciones

La validación de los ajustes se puede realizar de manera simultánea a su implementación si se cuenta con comunicación en línea con la sala de control. Sin embargo, es necesario hacer una inspección posterior en terreno para corroborar el funcionamiento de la red o las intersecciones estudiadas, en especial cuando se hayan realizado modificaciones del tiempo de ciclo.

Para la validación de cambios realizados en gabinete es necesario observar repetidamente el comportamiento de las intersecciones luego de los cambios, para así tener un adecuado grado de certeza de que los cambios son beneficiosos a nivel global.

4.11.8 Verificación de extensión y asimilación de períodos

Una vez validados los ajustes implementados para cada período bajo análisis, se recomienda realizar una verificación final de la extensión y asimilación de períodos de modelación.

La extensión del período se verificará observando que el inicio y el término del período sean los adecuados, en el sentido de que la estructura y magnitud de los flujos sean similares a uno u otro período. La acción correctiva en este caso es probar un corrimiento del inicio o término del período o bien un adelantamiento del período siguiente.

En el caso de períodos que contienen horarios disjuntos, en especial laborales y de fin de semana, se recomienda verificar los ajustes en los otros horarios que lo componen, siempre y cuando la magnitud de tales ajustes sea significativa.

Por otro lado, se debe verificar la existencia de sub-períodos punta que pudieran ser tratados en forma separada, definiendo para ellos alguna programación especial. En general, estos sub-períodos son

observables para algunas intersecciones de la red bajo análisis y particularmente coinciden con la existencia de centros atractores y generadores de viajes, por ejemplo, la existencia de colegios cercanos.

4.11.9 Implementación de programaciones a nivel de controlador

Esta tarea consistirá en la grabación de las programaciones finales en la memoria no volátil del controlador, mediante la transformación de los datos a lenguaje de máquina. La información incluye los parámetros propios de los controladores, como son: las tablas horarias, tablas estacionales, secuencias de fases, los movimientos asignados a cada fase y secuencia, ciclos, repartos, etc.

4.11.10 Reporte de la implementación y sintonía fina de las programaciones

El proceso de implementación y sintonía fina de las programaciones debe reportarse en un informe que se presentará a la UOCT para su revisión y aprobación cuando proceda. El informe debe elaborarse según los requisitos definidos en el Manual de “Programación y modelación de semáforos” (www.uoct.cl).

4.12 Características técnicas de los equipos semafóricos

Los equipos que configuran una intersección semaforizada son aquellos que se instalan bajo o sobre la plataforma vial. Estos equipos semafóricos deben cumplir los requerimientos técnicos y de instalación establecidos por la UOCT. La instalación de los equipos se debe realizar siguiendo lo establecido en un proyecto de semaforización aprobado por la UOCT.

Los equipos semafóricos son los siguientes:

- Controlador del semáforo, es el dispositivo electrónico que establece el funcionamiento del semáforo (duración y secuencia de luces) en cada instante. El controlador puede funcionar en coordinación con otros que regulen intersecciones cercanas y también puede estar conectado a un centro de control.
- Cabezales para vehículos, peatones y ciclistas. Los cabezales vehiculares y los peatonales son obligatorios. Los cabezales para ciclistas son necesarios cuando existe una ciclovía que cruza la intersección.
- Postes y ganchos, en los cuales se instalan los cabezales.
- Detectores de vehículos en alguno o todos los accesos de la intersección, son necesarios solamente cuando la forma de operación del semáforo los requiera para activar una o varias fases.
- Botoneras para peatones y ciclistas, necesarios cuando las respectivas fases son actuadas.
- Cámaras y canalizaciones subterráneas o conexiones aéreas, necesarias para conectar el controlador con los cabezales y detectores.
- Elementos complementarios, tales como vallas peatonales, sendas táctiles para personas con visión reducida y detectores de peatones.

Los controladores de semáforo pueden programarse para funcionar de distintas maneras según las condiciones de circulación y la presencia de vehículos que requieren facilidades especiales. Las formas de operación deben ser establecidas como parte del correspondiente estudio de justificación o un estudio posterior. Las formas de operación posibles son las siguientes:

- Operación con tiempos prefijados: en este caso los tiempos del semáforo permanecen fijos durante cada período. Este caso admite que ciertas fases sean actuadas por vehículos y/o peatones.
- Operación dinámica: en la cual la programación varía en respuesta a la demanda vehicular en cada instante. Requiere un sistema que procese la información capturada por detectores de vehículos ubicados en los accesos de las intersecciones.
- Operación actuada por vehículos especiales: en este caso la presencia de cierto tipo de vehículo (que cuente con un dispositivo para ser detectado) genera una modificación de la programación para favorecer su paso por la intersección. Esto puede ser implementado para buses o vehículos de emergencia.

Las características técnicas de los semáforos son las definidas por la UOCT y se encuentran en www.uoct.cl y son las siguientes:

- Especificaciones técnicas de instalación de semáforos.
- Especificaciones técnicas de controladores de semáforos.
- Especificaciones técnicas de módulos de señales a LED.

Los semáforos que se instalen en vías públicas deben cumplir todas las especificaciones técnicas y de instalación antes señaladas. Los semáforos que se instalen en recintos privados de uso público pueden considerar lo indicado en ellas como una recomendación, cuyo cumplimiento es deseable para mantener la consistencia y uniformidad con la regulación de las vías públicas.

El mantenimiento de los equipos semafóricos se debe realizar de acuerdo con los requerimientos definidos en el Manual de “Mantenimiento de semáforos y actualización de programaciones” (www.uoct.cl).

CAPÍTULO 5
SEÑALIZACIÓN TRANSITORIA
Y MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS
EN LA VÍA

5	SEÑALIZACIÓN TRANSITORIA Y MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS EN LA VÍA	5—5
5.1	GENERALIDADES	5—5
5.1.1	Función	5—5
5.1.2	Zona de Trabajos en la Vía	5—5
5.1.3	Señales y Dispositivos de Seguridad	5—6
5.1.4	Características Básicas de las Señales y Elementos de Canalización	5—7
5.1.5	Sistema de Soporte	5—7
5.1.6	Retiro de Señales y Elementos de Canalización	5—7
5.1.7	Plan de Señalización y de Medidas de Seguridad	5—7
5.2	SEÑALES VERTICALES	5—8
5.2.1	Retroreflexión	5—8
5.2.2	Emplazamiento	5—8
5.2.3	Señales Reglamentarias	5—9
5.2.4	Señales de Advertencia de Peligro	5—9
5.2.5	Señales Informativas	5—14
5.3	CANALIZACIÓN	5—23
5.3.1	Elementos de Canalización	5—23
5.3.2	Diseño Geométrico	5—33
5.4	DEMARCACIONES	5—38
5.4.1	Tratamiento de las Demarcaciones en Zonas de Trabajo	5—38
5.4.2	Eliminación de Demarcaciones Provisorias	5—38
5.4.3	Desvío de Tránsito	5—38
5.5	SISTEMAS DE CONTROL DE TRÁNSITO	5—39
5.5.1	Clasificación	5—39
5.5.2	Emplazamiento	5—39
5.5.3	Control PARE / SIGA	5—39
5.5.4	Semáforos	5—41
5.6	ELEMENTOS PARA AUMENTAR VISIBILIDAD DE TRABAJADORES Y VEHÍCULOS	5—43
5.6.1	Vestimenta de Trabajo de Alta Visibilidad	5—43
5.6.2	Elementos Retroreflectantes para Vehículos	5—48
5.7	ESQUEMAS TIPO	5—49

5.7.1	Nomenclatura.....	5—49
5.7.2	Simbología.....	5—49
5.7.3	ESQUEMAS TIPO - VÍAS URBANAS.....	5—50
5.7.4	ESQUEMAS TIPO - VÍAS RURALES	5—64
5.7.5	ESQUEMAS TIPO - VÍAS URBANAS Y/O RURALES.....	5—76

5 SEÑALIZACIÓN TRANSITORIA Y MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA TRABAJOS EN LA VÍA

5.1 GENERALIDADES

En este capítulo se abordan las señales, dispositivos, medidas de seguridad y esquemas de señalización que se deben utilizar cuando se realicen trabajos en la vía, entendiéndose como tales cualquier trabajo o restricción temporal que cause la obstrucción parcial o total de ésta.

Se debe enfatizar que las condiciones de circulación a través de una zona de trabajo no son las habituales para la mayoría de los usuarios, por lo que los criterios de seguridad aplicados al diseño de señalización de obras son tanto o más relevantes que en situaciones normales, existiendo casos especialmente complejos o peligrosos en que los estándares mínimos definidos en este Capítulo deben ser mejorados.

5.1.1 Función

Las señales y medidas de seguridad para trabajos en la vía tienen como objetivo fundamental que el tránsito a través o en los bordes de la zona donde se realizan las obras sea seguro y expedito, alterando lo menos posible las condiciones normales de circulación, garantizando a su vez la seguridad de los trabajadores y de las faenas.

Ello requiere que las señales regulen la circulación, adviertan de peligros y guíen adecuadamente a los conductores a través de la zona de trabajo, y que las medidas de seguridad protejan tanto a éstos como a los trabajadores.

5.1.2 Zona de Trabajos en la Vía

Una zona de trabajos en la vía está compuesta por las áreas o sectores mostrados en la Figura 5.1-1 y detallados a continuación:

5.1.2.1 Área de Advertencia

En esta área se debe advertir a los usuarios la situación que la vía presenta más adelante, proporcionando suficiente tiempo a los conductores para modificar su patrón de conducción (velocidad, atención, maniobras, etc.) antes de entrar a la zona de transición.

5.1.2.2 Área de Transición

Es el área donde los vehículos deben abandonar la o las pistas ocupadas por los trabajos. Esto se consigue generalmente con canalizaciones o angostamientos suaves, delimitados por conos, tambores u otro de los dispositivos especificados más adelante.

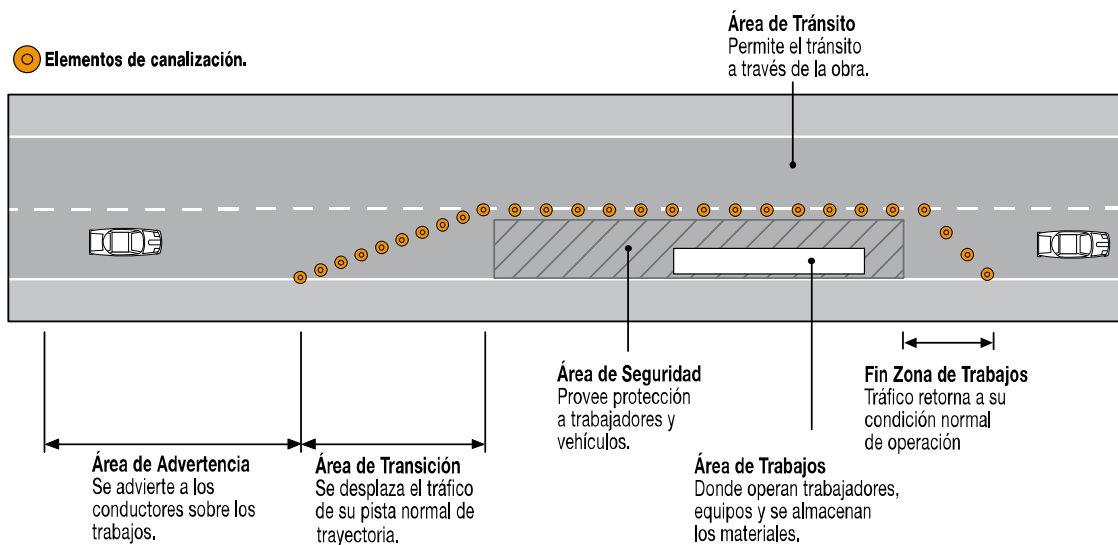
5.1.2.3 Área de Trabajos

Es aquella zona cerrada al tránsito donde se realizan las actividades requeridas por los trabajos; en su interior operan los trabajadores, equipos y se almacenan los materiales.

5.1.2.4 Área de Tránsito

Es la parte de la vía a través de la cual es conducido el tránsito.

Figura 5.1-1
Zona de Trabajos en la Vía



5.1.2.5 Área de Seguridad

Es el espacio que separa el área de trabajos de los flujos vehiculares. Su objetivo principal es proporcionar al conductor, que por error traspasa las canalizaciones del área de transición o de tránsito, un sector despejado en el que recupere el control total o parcial del vehículo antes que éste ingrese al área de trabajo. Por ello no deben ubicarse en ella materiales, vehículos, excavaciones, señales u otros elementos.

5.1.2.6 Fin Zona de Trabajos

Es el área utilizada para que el tránsito retorne a las condiciones de circulación que presentaba antes de la zona de trabajos.

5.1.3 Señales y Dispositivos de Seguridad

La habilitación de toda zona de trabajos en la vía debe contemplar los siguientes tipos de señales y elementos:

5.1.3.1 Señales Verticales

Como se indica en el Capítulo 2, las señales tienen como propósito regular la circulación, advertir acerca de peligros y entregar información de utilidad para los usuarios de las vías, por lo que su adecuada utilización cuando se realizan trabajos en la vía es fundamental.

5.1.3.2 Elementos de Canalización

Su propósito es delimitar las superficies disponibles para el tránsito, guiando a los conductores y peatones a través de la zona de trabajo, y aislar las áreas destinadas a la obra propiamente tal. También permiten definir las variaciones en el perfil transversal, garantizándose de esta forma un nivel de seguridad adecuado tanto a los usuarios de la vía como al personal a cargo de las faenas.

5.1.3.3 Demarcaciones

Se utilizan para regular la circulación, advertir, guiar y encauzar a los usuarios que transitan por la zona de trabajos.

5.1.3.4 Sistemas de Control de Tránsito

Permiten regular el paso de vehículos y peatones en la zona de trabajos en aquellos puntos o tramos donde dos o más flujos deben compartir la vía.

5.1.3.5 Elementos para Aumentar la Visibilidad de Trabajadores y Vehículos

Se utilizan para asegurar que los trabajadores y vehículos de la obra sean distinguidos y percibidos apropiadamente por los conductores en cualquier condición.

5.1.4 Características Básicas de las Señales y Elementos de Canalización

En general, las señales de tránsito - de advertencia de peligro e informativas - y los elementos de canalización utilizados cuando se realizan trabajos en la vía son de color naranja, lo que indica a los usuarios de ésta la transitoriedad de los mismos. Tanto las señales como los elementos canalizadores deben ser visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática. Por ello, deben ser de o contener material retrorreflectante que aseguren su visibilidad nocturna.

Se debe recalcar que la retrorreflexión de las señales y dispositivos se ve muy afectada por el polvo y cualquier suciedad que se adhiere a ellos, por lo que la mantención de los niveles especificados que se señalan más adelante requiere de un programa de limpieza acorde a las características climáticas y medioambientales de cada zona en particular.

Las características específicas de los elementos de canalización así como el detalle de las señales de especial aplicación en zonas de trabajo se describen más adelante.

5.1.5 Sistema de Soporte

El sistema de soporte de las señales y elementos de canalización en zonas de trabajos debe asegurar que éstos se mantengan en la posición correcta ante cargas de viento y que si inadvertidamente es impactado por un vehículo, no represente un peligro grave para éste, para los peatones o para los trabajadores de la obra.

Cuando sea necesario lastrar las bases de esas señales y/o elementos se recomienda el uso de sacos de arena. Nunca deben utilizarse en sus bases hormigón, estructuras metálicas o piedras.

5.1.6 Retiro de Señales y Elementos de Canalización

La señalización permanente cuya presencia pueda inducir a error debido a las nuevas condiciones de operación impuestas por el esquema de tránsito adoptado, deberá ser retirada o cubierta, de tal manera que no pueda ser vista de día o de noche.

De la misma manera, las señales y dispositivos utilizados durante la realización de los trabajos y que no sean aplicables a las condiciones del tránsito sin ellos, deben ser retiradas o borradas según corresponda, junto con la finalización de las obras.

5.1.7 Plan de Señalización y de Medidas de Seguridad

Quien ejecute trabajos en las vías públicas está obligado a colocar y mantener por su cuenta, de día y de noche, la señalización y medidas de seguridad adecuadas a la naturaleza de las obras.

Con el objetivo de asegurar que dicha señalización y medidas de seguridad cumplan con su función, quien ejecute los trabajos debe confeccionar un Plan de Señalización y de Medidas de Seguridad, el cual debe contar con la aprobación previa de la autoridad competente sobre la vía.

El Plan de Señalización y Medidas de Seguridad debe ser confeccionado por un Ingeniero Civil, Arquitecto, Constructor Civil, Ingeniero de Ejecución de Transporte y/o Tránsito u otro profesional afín con experiencia en el área.

Las características específicas de dicho Plan dependen del impacto que tengan los trabajos en el tránsito de peatones, vehículos y otros usuarios de la vía. Por ello, la autoridad responsable de la operación de la vía es quien debe definirlos. En todo caso el Plan debe cumplir con los estándares mínimos especificados en este Manual.

Se excluyen de este Plan los trabajos en la vía originados por situaciones de emergencia, como reposición de postes.

5.2 SEÑALES VERTICALES

Las señales utilizadas con ocasión de la realización de trabajos en la vía son en general las mismas que se emplean en condiciones normales de circulación, con la diferencia de que tanto las de Advertencia de Peligro como las Informativas son de color de fondo naranja, con letras y orla negra. Se exceptúa de lo anterior, la señal de advertencia TRABAJOS EN LA VÍA (PT-1) que es de color amarillo fluorescente.

Existen también algunas señales de advertencia que sólo tienen aplicación en zonas de trabajos; por no haber sido tratadas en el Capítulo 2 se describen en éste.

En general, todas las consideraciones y requisitos consignados con anterioridad para garantizar la adecuada visibilidad de las señales, como tamaño, ubicación longitudinal y otros, tienen validez cuando se trata de la señalización requerida por la existencia de una zona de trabajos en la vía, por lo que en este capítulo sólo se mencionan aquellos aspectos que representan diferencias.

5.2.1 Retrorreflexión

Los colores de las señales verticales preventivas e informativas utilizadas en zonas de trabajos deben cumplir siempre con los niveles mínimos de retrorreflexión que se entregan en la Tabla 5.2 - 1, según los distintos ángulos de entrada y de observación que se muestran. En el caso de las señales reglamentarias, los colores deben cumplir siempre con los niveles mínimos de retrorreflexión especificados en el Capítulo 2.

Tabla 5.2 -1
Niveles Mínimos de Retrorreflexión
(Cd / lx m²)

Ángulo		Color		
Entrada	Observación	Naranja	Amarillo Fluorescente	Blanco
-4°	0,2°	80	170	200
-4°	0,5°	24	120	76
30°	0,2°	48	65	120
30°	0,5°	20	45	52

Sin perjuicio de los niveles mínimos de retrorreflexión señalados, pueden utilizarse sistemas que iluminen la señal, siempre que ésta muestre la misma forma y color durante el día y la noche.

5.2.2 Emplazamiento

En general las señales verticales se instalan a los costados del sector de calzada destinada a la circulación, en el Área de Advertencia o de Fin de Trabajos.

Excepcionalmente, por las características especiales de la obra puede ser necesario ubicarlas también en el Área de Transición, pero en ningún caso deben instalarse en el Área de Seguridad o de Trabajo.

5.2.2.1 Ubicación Lateral

Las distancias laterales mínimas mostradas en la Figura 5.2-1 han dado un resultado satisfactorio, por lo que deben servir como guía, para señales instaladas en el Área de Advertencia.

Las señales que se instalen en el Área de Transición, se deben ubicar detrás de la canalización, como se muestra en los esquemas al final de este Capítulo.

5.2.2.2 Altura

La altura de la señal debe asegurar su visibilidad. Por ello la elevación correcta queda definida, en primer lugar, por los factores que podrían afectar dicha visibilidad, como altura de vehículos en circulación, alto de la

vegetación existente o la presencia de cualquier otro obstáculo. En segundo lugar, debe considerarse la geometría horizontal y vertical de la vía.

Los valores recomendados para la altura del borde inferior de una señal vertical en una zona de trabajos en la vía, respecto de la parte más alta de la calzada se muestran en la Tabla 5.2-2.

Figura 5.2-1
Ubicación de Señales Verticales en Área de Advertencia

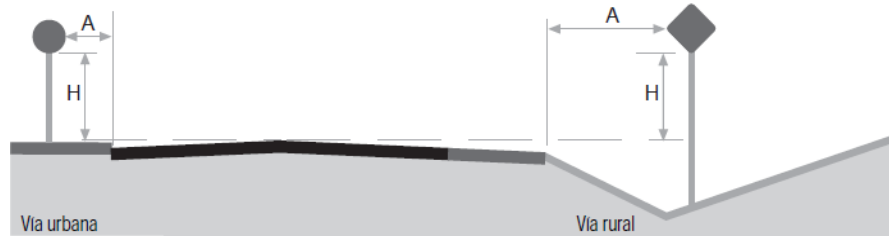


Tabla 5.2-2
Distancias y Alturas de Señales

	A(m)	H(m)	
	mínimo	mínimo	máximo
Vías rurales	0,8	1,5	2,2
Vía urbana sin solera	1,0	1,5	2,2
Vía urbana con solera	0,3	1,8	2,2

En vías urbanas donde se realicen trabajos que se ejecutan totalmente mientras existe luz diurna, las señales verticales utilizadas en zonas de trabajos pueden instalarse a alturas inferiores a las detalladas en la Tabla 5.2-2.

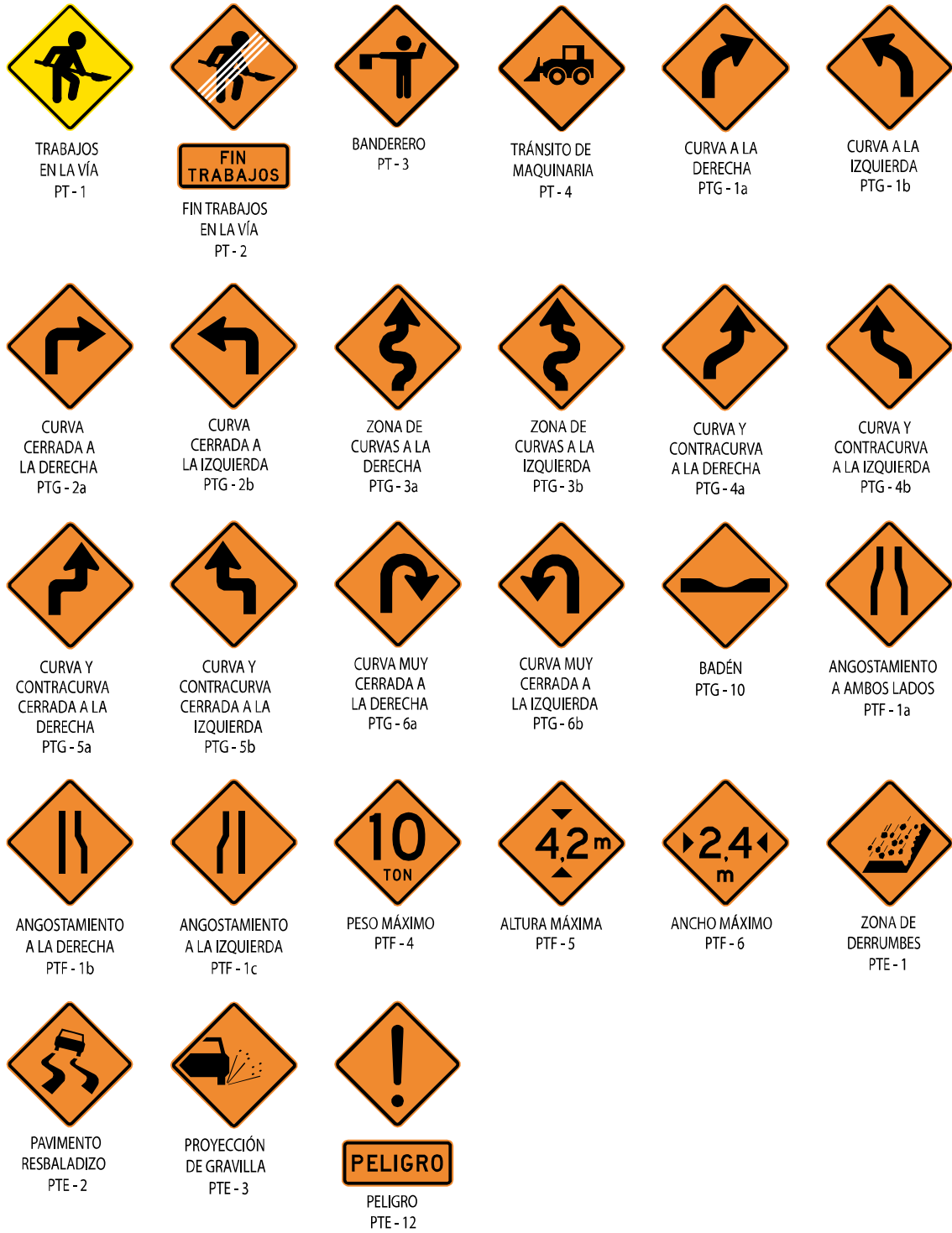
5.2.3 Señales Reglamentarias

Las características de estas señales no varían cuando se instalan en zonas de trabajos respecto de su aplicación permanente, por lo que sus especificaciones deben ser consultadas en el Capítulo 2.

5.2.4 Señales de Advertencia de Peligro

Se presentan a continuación algunas de las señales de advertencia de uso más frecuente cuando se realizan trabajos en la vía, reiterándose que todas las consignadas en el Capítulo 2 podrían eventualmente tener aplicación. Las primera cuatro de ellas son propias de este Capítulo.

Figura 5.2-2

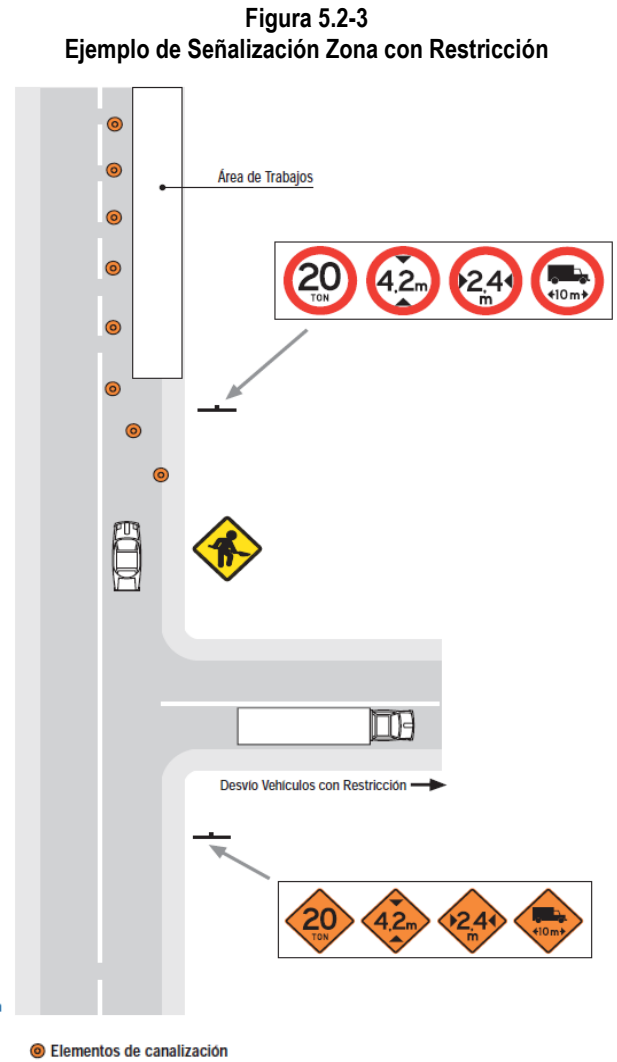


5.2.4.1 Emplazamiento de las Señales de Advertencia

La distancia requerida entre la señal y la situación que advierte queda determinada por la velocidad máxima permitida en la vía y el tiempo requerido por el conductor para percibir, identificar, tomar la decisión y ejecutar con seguridad la maniobra necesaria. Este puede variar de 3 segundos, en el caso de las señales de advertencia más sencillas, hasta 10 segundos en el caso de señales sobre situaciones complejas.

Dicha distancia puede ser ajustada, dependiendo de factores tales como, geometría de la vía, accesos y calles de servicio, visibilidad, tránsito y otros, pero en ningún caso podrá ser menor a 30 m, sin perjuicio de las distancias mínimas establecidas más adelante para casos específicos.

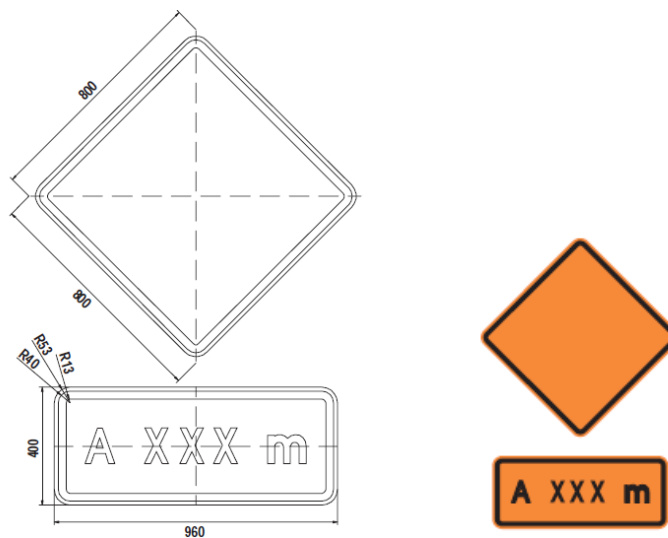
En el caso especial de señales que advierten sobre restricciones en la zona de trabajos, que afectan sólo a cierto tipo de vehículos, ellas deben ubicarse antes del empalme con la ruta alternativa o desvío que evita la restricción o antes del lugar donde un vehículo afectado por la limitación pueda virar en "U". Dicha ruta alternativa debe contar con señalización informativa que permita a los conductores retomar la vía original sin dificultad. En la Figura 5.2-3 se esquematiza esta situación.



Quando la distancia entre la señal de advertencia y el inicio de la condición peligrosa es superior a 300 m, se debe agregar a la señal una placa adicional que indique tal distancia, como lo muestra la Figura 5.2-4. Si dicha distancia es menor a un kilómetro la indicación se da en múltiplos de 100 m y si es mayor, se redondea a kilómetros enteros.

Quando los trabajos se lleven a cabo en vías urbanas donde la velocidad máxima permitida sea igual o superior a 70 km/h, todas las señales de advertencia deberán contener placas que indiquen la distancia al riesgo en metros o kilómetros.

Figura 5.2-4

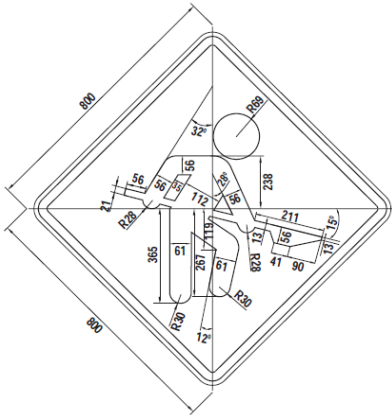


Cotas en milímetros

5.2.4.2 Señales de Advertencia Típicas de Zonas de Trabajos

A continuación se detallan las dimensiones de señales de advertencia típicas de una zona de trabajo. Las dimensiones mostradas corresponden a una velocidad de 60 km/h. Para velocidades diferentes tales dimensiones deberán modificarse según los factores señalados en el Anexo 3.

SEÑAL TRABAJOS EN LA VÍA (PT-1)



Cotas en milímetros



Esta señal se utiliza para advertir a los conductores que las condiciones de circulación se modifican más adelante por la realización de trabajos en la vía.

Se debe ubicar antes del área de transición o canalización, a una distancia que depende de la velocidad máxima permitida antes de la zona de trabajo, y de aquella autorizada en la zona misma y otras variables, como tiempo de reacción.

En la Tabla 5.2 -3 se presentan distancias mínimas recomendadas para la instalación de esta señal.

Tabla 5.2 -3
Distancias Mínimas Recomendadas

Velocidad Máxima antes Zona de Trabajos km/h	Distancia (D) mínima entre Señal TRABAJOS EN LA VÍA (PT-1) e Inicio Área de Transición o Canalización (m)	
	Vías Rurales	Vías Urbanas
Menor o igual a 40	100	30
50	150	60
60	200	150
70	270	250
80	350	350
90	400	400
100	500	500
110	550	-
120	650	-

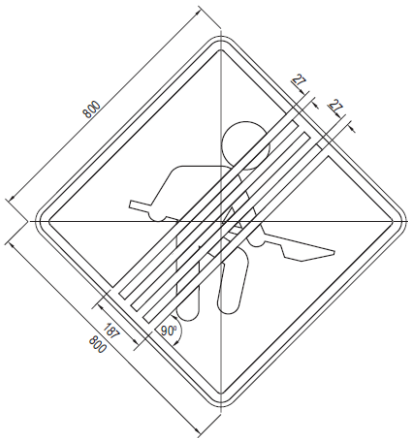
En vías urbanas que tengan características de autopista, la distancia mínima deberá regirse por lo establecido para vías rurales. Estos valores mínimos deben ser aumentados cuando las características físicas y operacionales de la vía lo ameriten.

Cuando la referida distancia sea superior a 300 m se debe agregar una placa adicional que indique dicha longitud con la leyenda "A XXX m". A su vez, cuando la zona de trabajo cubra más de 500 m y menos de 1000 m, se puede agregar una placa que indique el largo de dicha zona con la leyenda "PROXIMOS XXX m". Si los trabajos se prolongan por más de 1000 m, la indicación debe estar aproximada al km, "PROXIMOS XX km".

Dada la relevancia del mensaje que entrega esta señal, ella puede ser reiterada uniformemente antes del área de transición y/o puede ser reforzada ubicándola también al costado izquierdo de la vía.

Si los trabajos se encuentran muy próximos a una intersección, esta señal debe instalarse también en las otras vías que acceden al cruce, con placas adicionales que contengan flechas apuntando en la dirección de los trabajos. Ver esquemas al final de este Capítulo.

SEÑAL FIN TRABAJOS (PT-2)



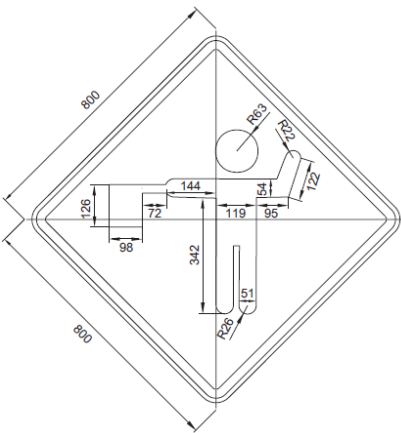
Cotas en milímetros



Esta señal se utiliza para indicar que la circulación a través de la zona de trabajos ha concluido y se reestablecen las condiciones que existían antes de ella. Se debe instalar a no menos de 120 m del punto donde finaliza el área de seguridad, en vías rurales, y a no menos de 25 m cuando se trata de vías urbanas.

Para reforzar el mensaje se debe agregar una placa adicional con la leyenda “FIN TRABAJOS”.

SEÑAL BANDERERO (PT-3)



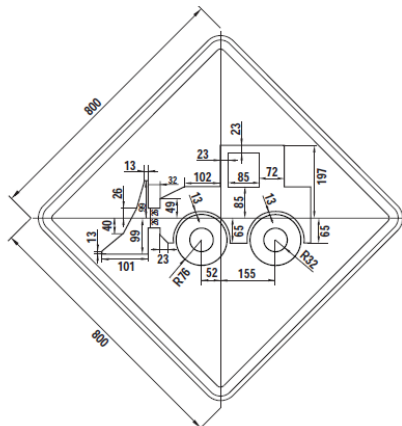
Cotas en milímetros



Esta señal se utiliza para advertir que más adelante el tránsito por la zona de trabajos es controlado por un Banderero. Por motivos de seguridad de este trabajador, la velocidad máxima permitida en el sector que se ubica el banderero no debe superar los 50 km/h. En zonas de trabajos con velocidades máximas superiores, deben adoptarse medidas para disminuir la velocidad gradualmente, hasta 50 km/h, a lo menos 200 m antes en vías rurales y 100 m en urbanas.

La señal debe ubicarse a lo menos 350 m antes del punto de control en vías rurales y 120 m en urbanas, recomendándose que sea reiterada antes del punto donde el Banderero se ubique.

SEÑAL TRÁNSITO DE MAQUINARIA (PT-4)



Cotas en milímetros



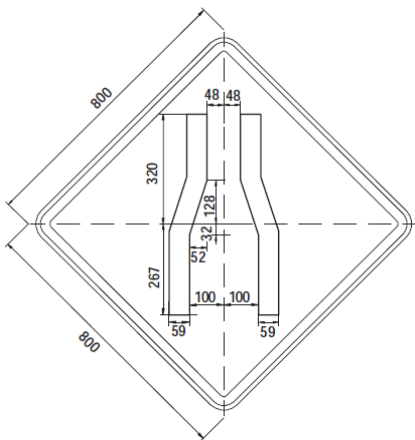
Esta señal se utiliza para advertir sobre la presencia de maquinaria en la zona de trabajo, la que generalmente circula a baja velocidad o puede encontrarse entrando o saliendo de la vía.

Su ubicación con respecto a los sectores donde entran o salen dichos vehículos pesados depende de la velocidad máxima permitida en la zona de trabajo y se recomiendan las distancias detalladas en la Tabla 5.2 – 4.

Tabla 5.2 - 4
Distancias Mínimas de Instalación Recomendadas en Vías Rurales

Velocidad Máxima Zona de Trabajo (km/h)	Distancia Mínima a Entrada o Salida de Maquinaria (m)
80	250
70	200
60	160
50	140
40	100

SEÑAL ANGOSTAMIENTO A AMBOS LADOS (PTF-1a)

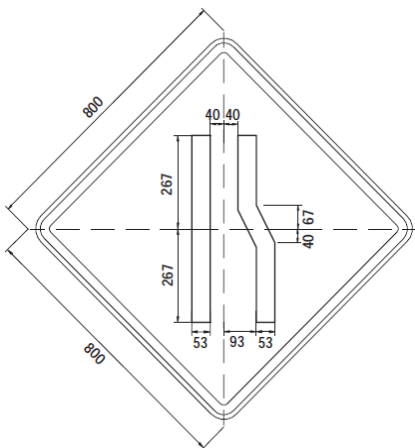


Cotas en milímetros



Esta señal debe ser usada para advertir un estrechamiento de la calzada a ambos lados. Cuando dicho estrechamiento implique la eliminación de una o más pistas, puede utilizarse la leyenda "A XXX PISTA(S)" que indica el número de pistas disponibles más adelante en la vía.

SEÑAL ANGOSTAMIENTO A LA DERECHA (PTF-1b)

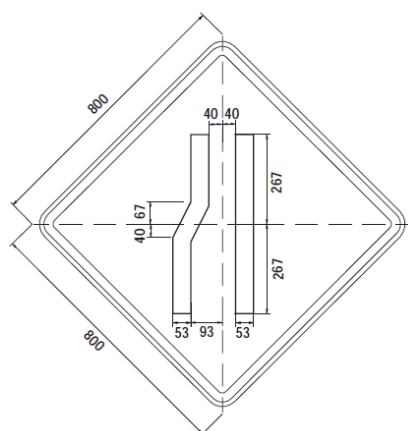


Cotas en milímetros



Esta señal debe ser usada para advertir un estrechamiento al costado derecho de la calzada. Cuando dicho estrechamiento implique la eliminación de una o más pistas, puede utilizarse la leyenda "A XXX PISTA(S)" que indica el número de pistas disponibles más adelante en la vía.

SEÑAL ANGOSTAMIENTO A LA IZQUIERDA (PTF-1c)



Cotas en milímetros



Esta señal debe ser usada para advertir un estrechamiento al costado izquierdo de la calzada. Cuando dicho estrechamiento implique la eliminación de una o más pistas, puede utilizarse la leyenda "A XXX PISTA(S)" que indica el número de pistas disponibles más adelante en la vía.

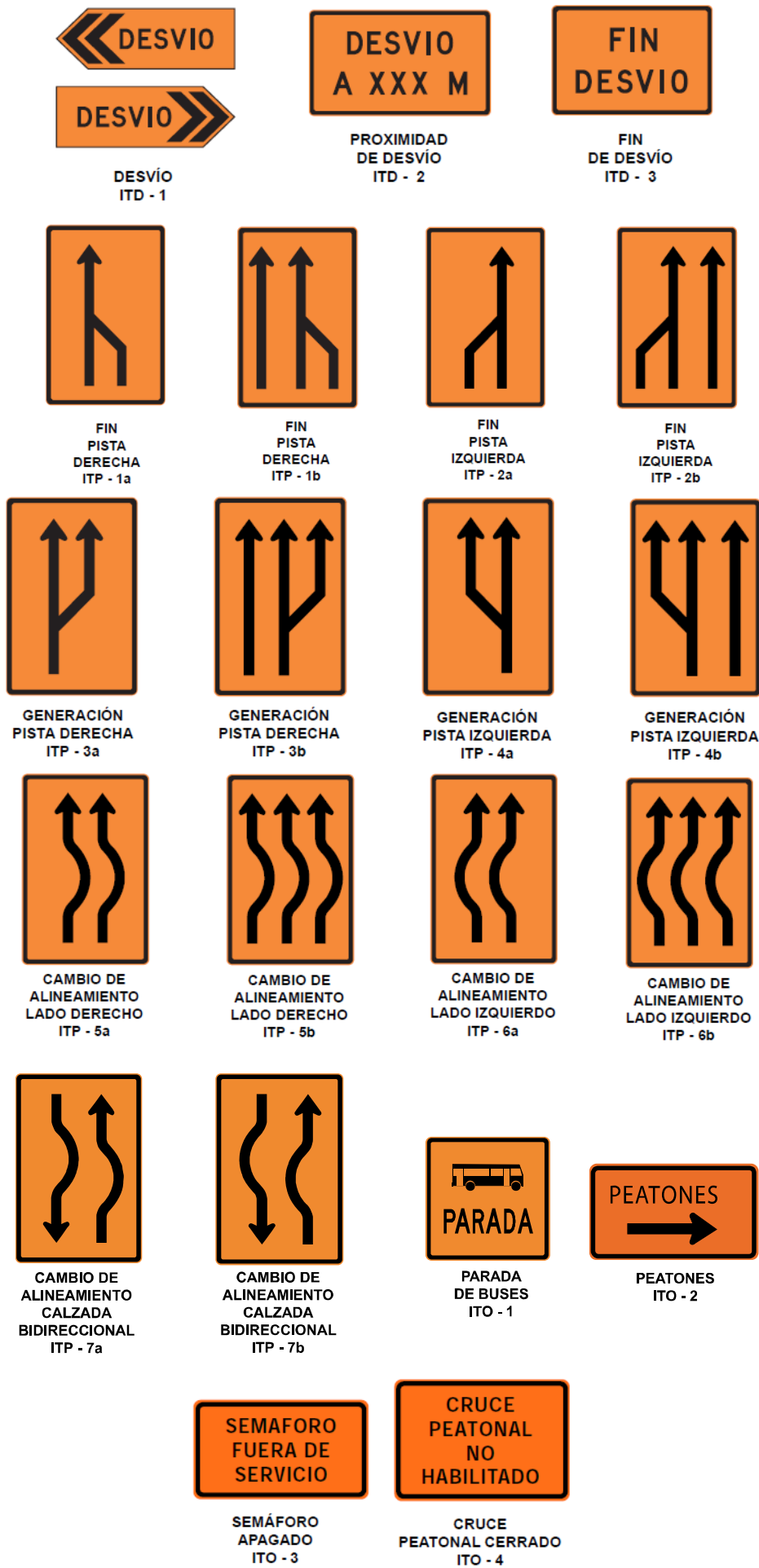
5.2.5 Señales Informativas

Las señales informativas para trabajos en la vía, de acuerdo a su función, se clasifican en:

- Señales que guían al usuario a través de un desvío (ITD)
- Señales que informan sobre pistas de circulación (ITP)
- Otras (ITO)

Además, se consideran señales informativas para trabajos en la vía las Señales de Preseñalización (IP), de Dirección (ID) y de Confirmación (IC), que son utilizadas solamente durante la realización de los trabajos. En la Figura 5.2-5 se muestran las señales informativas mencionadas.

Figura 5.2-5
Señales Informativas



Las señales informativas de carácter permanente, que se ubiquen dentro de una zona de trabajos y cuyo mensaje no tenga validez mientras se desarrollen las obras, deben ser retiradas o cubiertas, de tal manera

que no confundan a los usuarios de la vía.

Cuando la señal informe sobre situaciones que ocurren más adelante en la vía, se debe indicar la distancia a dicha situación, ubicando en su parte inferior la leyenda "A XXX m".

5.2.5.1 Flechas

Las flechas se usan para asociar pistas a determinados movimientos y para indicar en un desvío la dirección y sentido a seguir. La flecha debe representar claramente el ángulo de la maniobra requerida.

En señales de Preseñalización y Dirección deben utilizarse las flechas definidas en el Capítulo 2. En el caso de señales que informan sobre la utilización de pistas de circulación en Autopistas y Autovías deben utilizarse las flechas detalladas más adelante para las señales ITP.

5.2.5.2 Diagramación

Las leyendas de señales informativas de trabajos en la vía se escriben siempre con letras mayúsculas, con excepción de las unidades de medida. Los espaciamientos entre éstas y su tamaño según sea la velocidad, se detallan en Anexo 1. Para los efectos de determinar el tamaño de letra deberá considerarse que 4 líneas de texto constituyen una leyenda compleja y por lo tanto el tamaño de letra debe ser mayor.

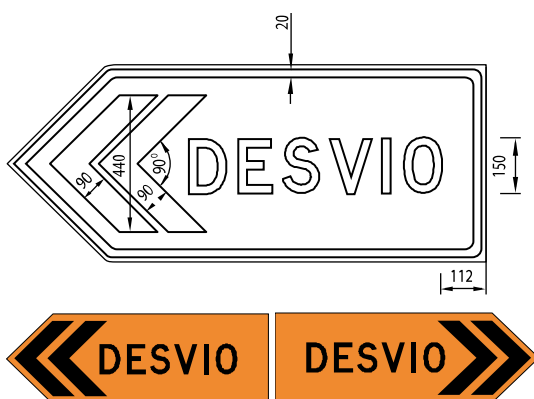
El margen mínimo a utilizar en el diseño de las señales informativas para zonas de trabajos corresponde a 3/4 de la altura de letra, tanto para márgenes inferiores y superiores como laterales. Dicho margen se mide desde el borde exterior de la señal hasta el borde de la leyenda correspondiente.

La separación mínima entre líneas de texto es 1/2 de la altura de letra; el ancho de la orla varía según el tamaño de la señal, como se indica en el Capítulo 2, Tabla 2.4-1, y la distancia entre el borde exterior de la orla y el borde de la señal debe ser de aproximadamente 1 centímetro.

5.2.5.3 Señales que Guían al Usuario a Través de un Desvío

Las dimensiones de las señales mostradas a continuación corresponden a una velocidad de 60 km/h. Para velocidades distintas, los tamaños de letra - y demás elementos - deberán aumentarse según Anexo 3.

SEÑAL DESVÍO (ITD-1)

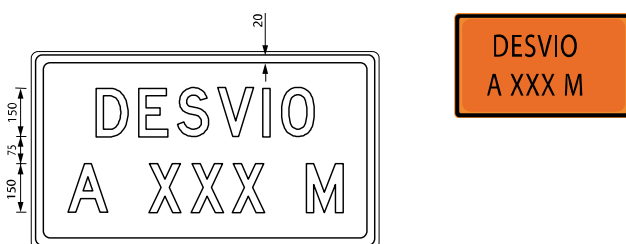


Esta señal se utiliza para indicar a los usuarios el tipo de maniobra requerida para continuar circulando a través de la zona de trabajos. Se debe ubicar justo antes del lugar donde nace el desvío, con la flecha indicando en qué dirección y sentido continúa la vía.

A lo largo del desvío puede ser reiterada cuando se produzcan cambios de dirección importantes.

Cotas en milímetros

SEÑAL PROXIMIDAD DE DESVÍO (ITD-2)



Esta señal informa sobre la proximidad de un desvío en la zona de trabajos. Debe indicar siempre la distancia a la que éste se encuentra.

En vías rurales puede ser reiterada al menos una vez

Cotas en milímetros

SEÑAL FIN DESVÍO (ITD-3)



Cotas en milímetros

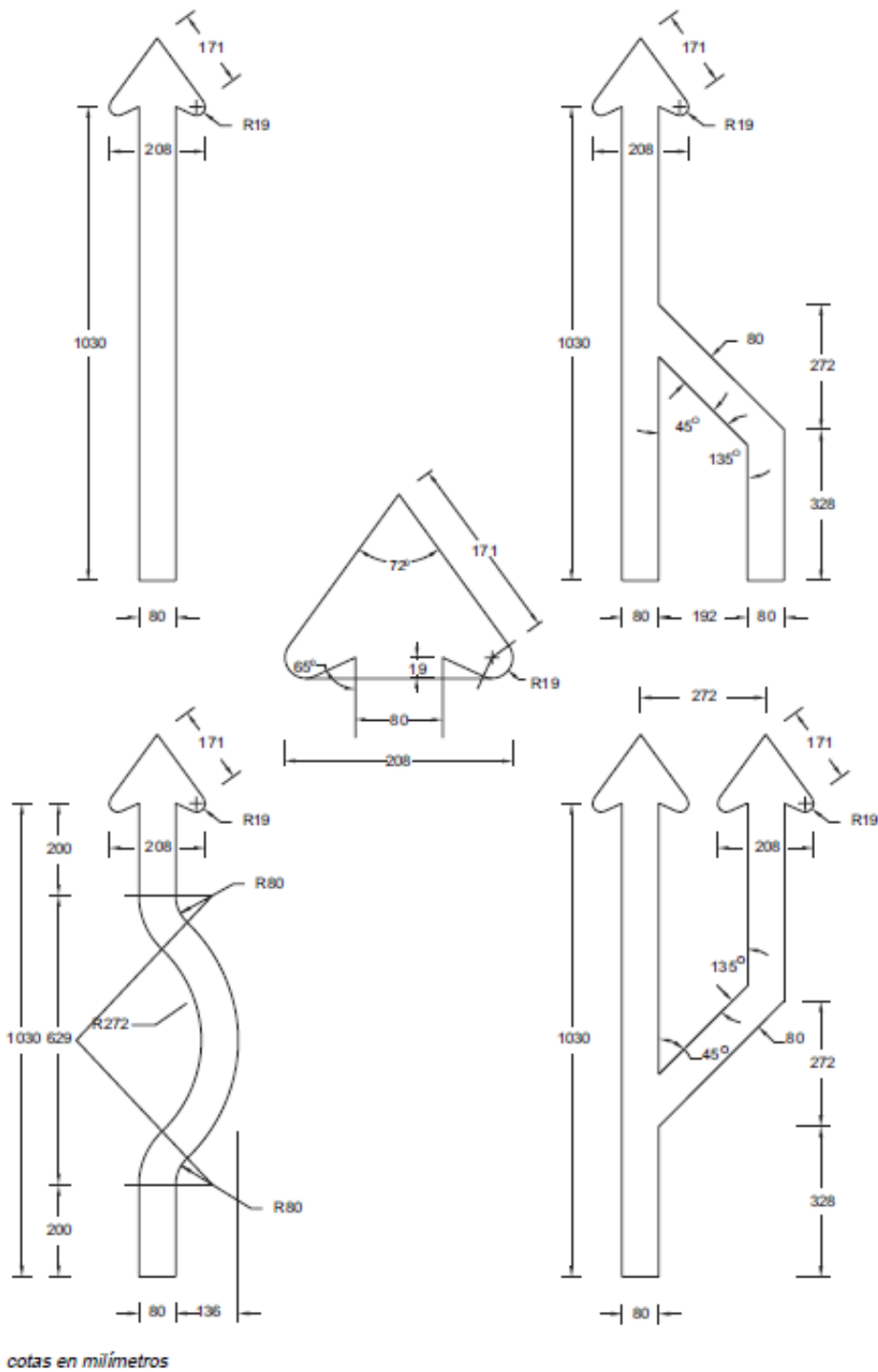


Informa sobre el fin de la restricción a la circulación por la ruta en que se encontraban los vehículos antes de ingresar al desvío. Se debe ubicar a no más de 100 m del lugar de retorno a la ruta original.

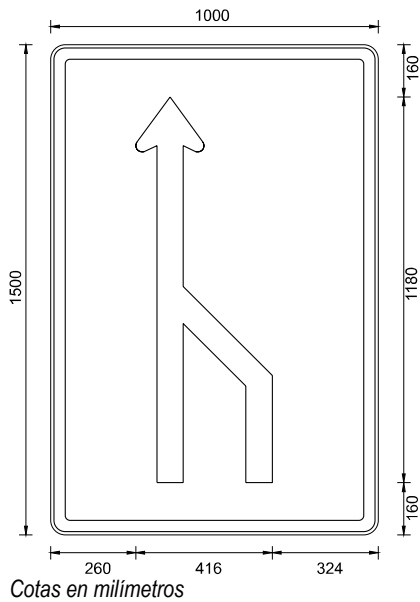
5.2.5.4 Señales que Informan sobre Pistas de Circulación en Autopistas y Autovías

Estas señales se construyen utilizando las flechas detalladas en la Figura 5.2-6.

Figura 5.2-6

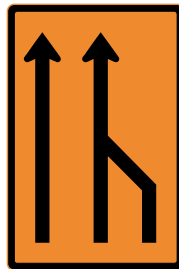
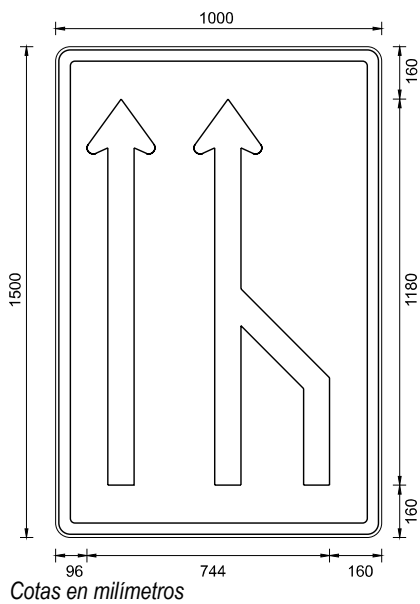


FIN PISTA DERECHA (ITP-1a)



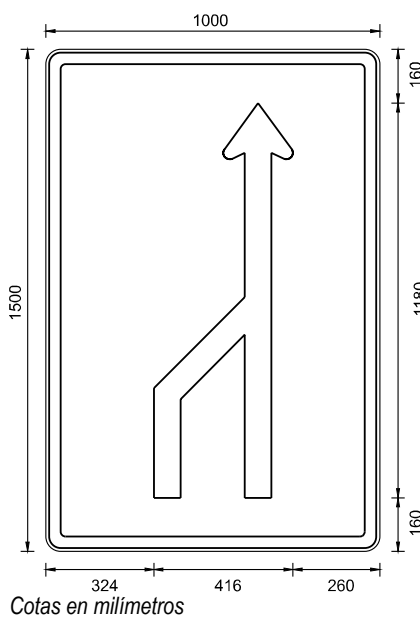
Esta señal informa sobre el fin de la pista derecha en una calzada unidireccional de dos pistas, sin mediana. Se debe instalar al menos 150 m antes del inicio de la transición de dos pistas a una.

FIN PISTA DERECHA (ITP -1b)



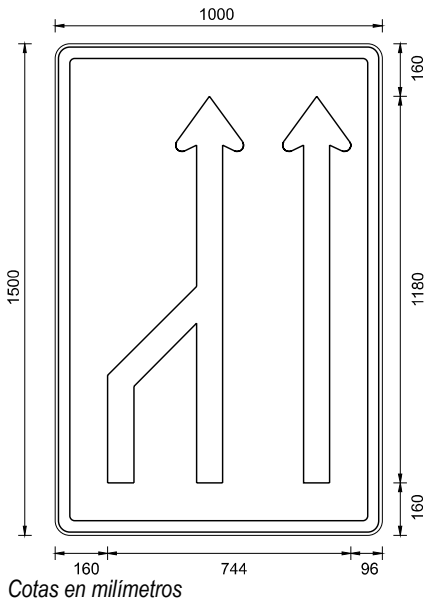
Esta señal informa sobre el fin de la pista derecha en una calzada unidireccional de tres pistas, sin mediana. Se debe instalar al menos 150 m antes del inicio de la transición de tres pistas a dos.

FIN PISTA IZQUIERDA (ITP-2a)



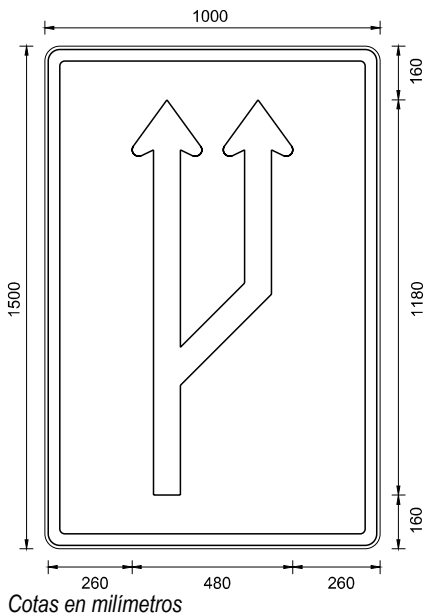
Esta señal informa sobre el fin de la pista izquierda en una calzada unidireccional de dos pistas, sin mediana. Se debe instalar al menos 150 m antes del inicio de la transición de dos a una pista.

FIN PISTA IZQUIERDA (ITP-2b)



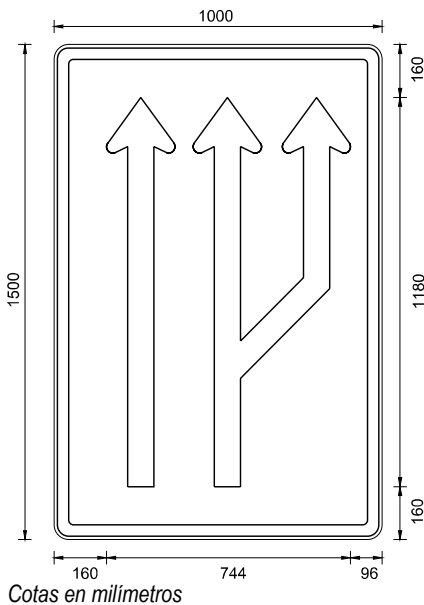
Esta señal informa sobre el fin de la pista izquierda en una calzada unidireccional de tres pistas, sin mediana. Se debe instalar al menos 150 m antes del inicio de la transición de tres a dos pistas.

GENERACIÓN PISTA DERECHA (ITP-3a)



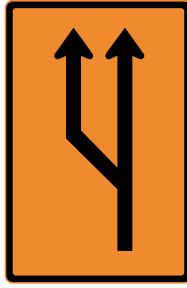
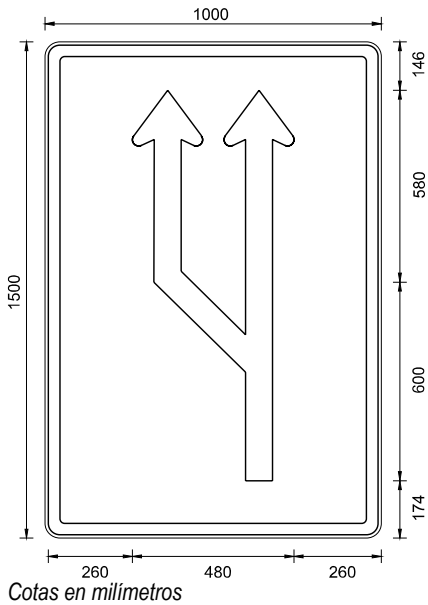
Esta señal informa sobre la generación de una pista al lado derecho en una calzada unidireccional de dos pistas, sin mediana. Se debe instalar al menos 150 m antes del inicio de la transición de una a dos pistas.

GENERACIÓN PISTA DERECHA (ITP-3b)



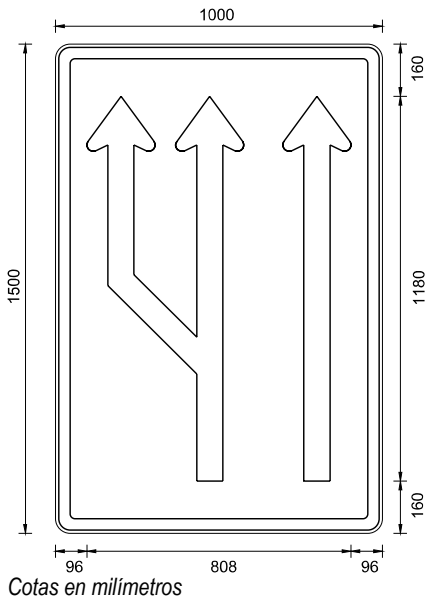
Esta señal informa sobre la generación de una pista al lado derecho en una calzada unidireccional de tres pistas, sin mediana. Se debe instalar al menos 150 m antes del inicio de la transición de dos a tres pistas.

GENERACIÓN PISTA IZQUIERDA (ITP-4a)



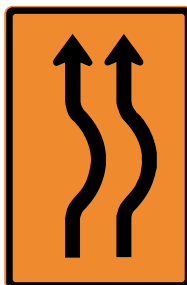
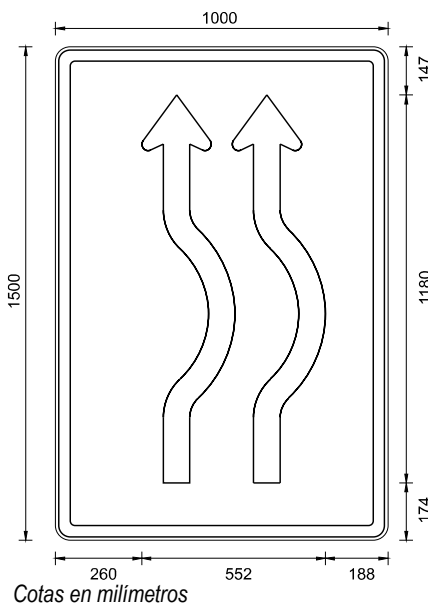
Esta señal informa sobre la generación de una pista al lado izquierdo en una calzada unidireccional de dos pistas, sin mediana. Se debe instalar al menos 150 m antes del inicio de la transición de una a dos pistas.

GENERACIÓN PISTA IZQUIERDA (ITP-4b)



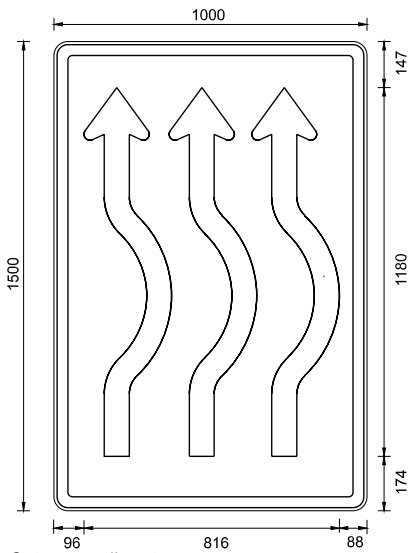
Esta señal informa sobre la generación de una pista al lado izquierdo en una calzada unidireccional de tres pistas, sin mediana. Se debe instalar al menos 150 m antes del inicio de la transición de dos a tres pistas.

CAMBIO DE ALINEAMIENTO LADO DERECHO (ITP-5a)

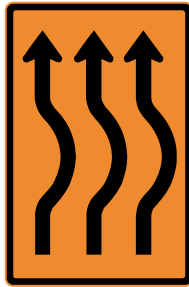


Esta señal informa sobre la proximidad de un cambio de alineación en una calzada unidireccional de dos pistas, generado por trabajos en el costado izquierdo de ella. Se debe instalar al menos 150 m antes del inicio del cambio de alineación.

CAMBIO DE ALINEAMIENTO LADO DERECHO (ITP-5b)

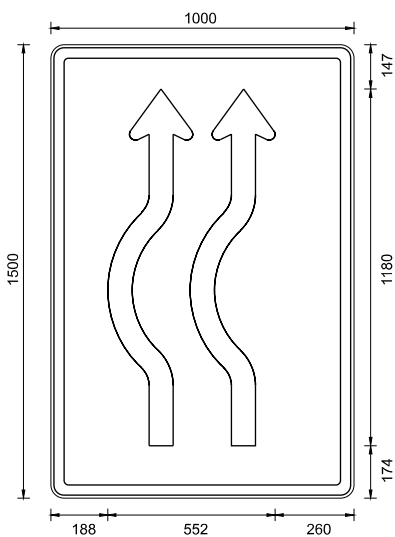


Cotas en milímetros

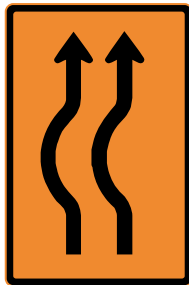


Esta señal informa sobre la proximidad de un cambio de alineación en una calzada unidireccional de tres pistas, generado por trabajos en el costado izquierdo de ella. Se debe instalar al menos 150 m antes del inicio del cambio de alineación.

CAMBIO DE ALINEAMIENTO LADO IZQUIERDO (ITP-6a)

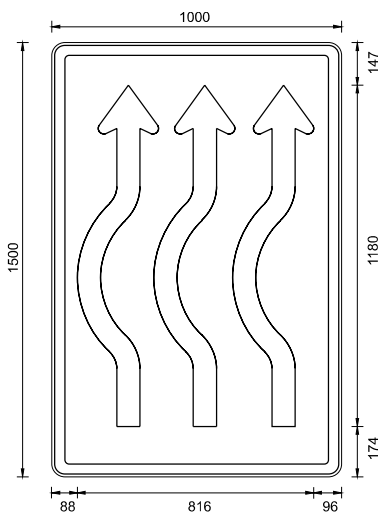


Cotas en milímetros

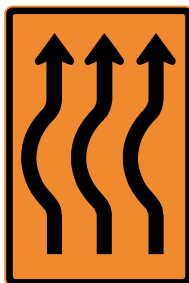


Esta señal informa sobre la proximidad de un cambio de alineación en una calzada unidireccional de dos pistas, generado por trabajos en el costado derecho de ella. Se debe instalar al menos 150 m antes del inicio del cambio de alineación.

CAMBIO DE ALINEAMIENTO LADO IZQUIERDO (ITP-6b)

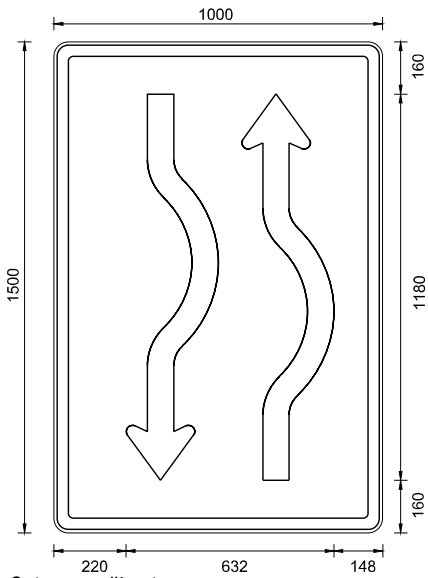


Cotas en milímetros

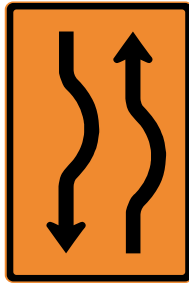


Esta señal informa sobre la proximidad de un cambio de alineación en una calzada unidireccional de tres pistas, generado por trabajos en el costado derecho de ella. Se debe instalar al menos 150 m antes del inicio del cambio de alineación.

CAMBIO DE ALINEAMIENTO CALZADA BIDIRECCIONAL (ITP-7a)

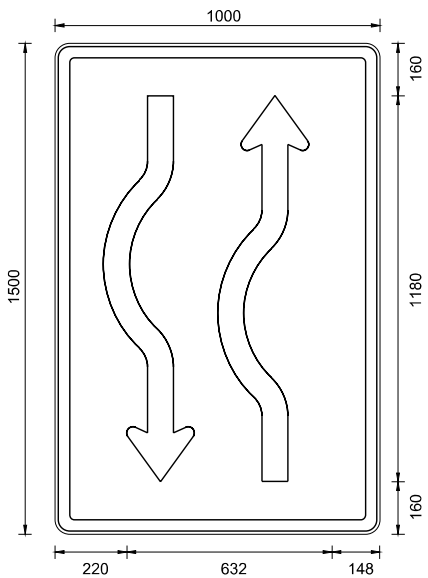


Cotas en milímetros

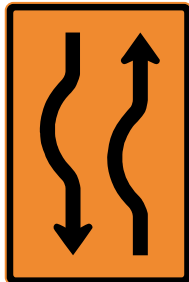


Esta señal informa sobre la proximidad de un cambio de alineación en una calzada bidireccional. Se debe instalar al menos 150 m antes del inicio del cambio de alineación.

CAMBIO DE ALINEAMIENTO CALZADA BIDIRECCIONAL (ITP-7b)



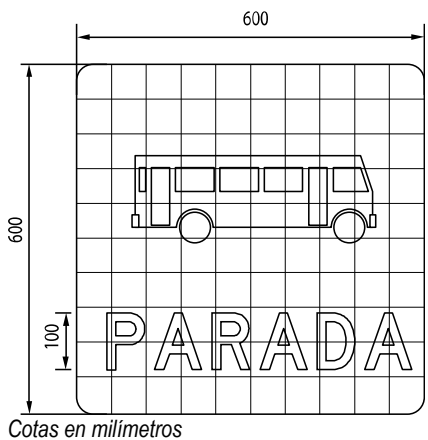
Cotas en milímetros



Esta señal informa sobre la proximidad de un cambio de alineación en una calzada bidireccional. Se debe instalar al menos 150 m antes del inicio del cambio de alineación.

5.2.5.5 Otras Señales Informativas

PARADA DE BUSES (ITO-1)

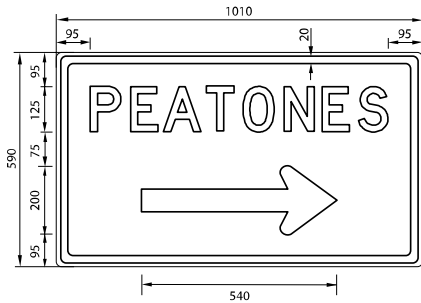


Cotas en milímetros



Esta señal indica un lugar donde está autorizada temporalmente la detención de vehículos de locomoción colectiva para tomar y/o dejar pasajeros.

PEATONES (ITO-2)

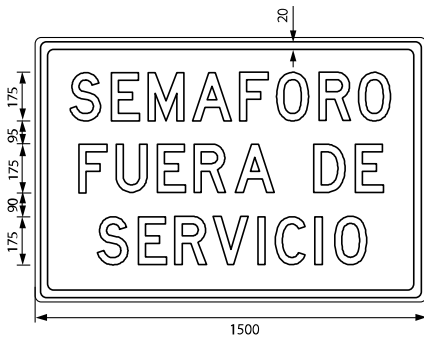


Cotas en milímetros



Esta señal indica a los peatones que deben circular por un sector especialmente habilitado para ellos.

SEMAFORO APAGADO (ITO-3)



Cotas en milímetros



Esta señal indica que el semáforo se encuentra temporalmente fuera de servicio.

CRUCE PEATONAL CERRADO (ITO-4)



Cotas en milímetros



Esta señal indica que el cruce peatonal se encuentra cerrado temporalmente al paso de peatones.

5.3 CANALIZACIÓN

La canalización de una zona de trabajos cumple las funciones de guiar a los peatones y conductores en forma segura a través del área afectada por la obra, advertir sobre el riesgo que ésta representa y proteger a los trabajadores. Se materializa a través de los elementos presentados en esta sección, los que además de cumplir con los estándares mínimos aquí especificados, deben ser de forma, dimensiones y colores uniformes a lo largo de toda la zona de trabajos.

El diseño de la canalización debe proveer una gradual y suave transición, ya sea para desplazar el tránsito de una pista hacia otra, para conducirlo a través de un desvío o para reducir el ancho de la vía.

5.3.1 Elementos de Canalización

Las canalizaciones se pueden materializar a través de diversos elementos, tales como:

- Conos
- Delineadores
- Barreras
- Tambores

- Cilindros
- Luces
- Reflectores
- Hitos de vértice
- Flechas direccionales luminosas

También se considera un elemento de canalización la demarcación, la cual se especifica más adelante en 5.4.

5.3.1.1 Función

En una canalización se pueden distinguir:

- Tramos donde es necesario generar transiciones con angostamientos e incluso el cierre de una vía, y
- Tramos donde se debe delinear el trazado de la vía.

Como se especifica más adelante, algunos elementos de canalización pueden utilizarse en ambos tipos de secciones - conos, tambores y cilindros -, pero otros como el delineador vertical o las flechas direccionales luminosas pueden utilizarse sólo en una de ellas.

5.3.1.2 Color

En general, los elementos de canalización utilizan combinaciones de franjas o sectores blancos y naranjas, con las excepciones mencionadas más adelante.

5.3.1.3 Retrorreflexión

Los colores de las partes retrorreflectantes de los elementos de canalización deben cumplir siempre con los niveles mínimos de retrorreflexión que se entregan en la Tabla 5.2 – 1.

5.3.1.4 Emplazamiento

El emplazamiento de los elementos canalizadores debe asegurar una transición suave y una delimitación continua, de tal manera que las maniobras necesarias para transitar a través de la canalización se puedan realizar en forma segura. En la Tabla 5.3-1 se entregan las recomendaciones respecto de la ubicación de estos dispositivos, las cuales deben ser tomadas como guías, no obstante los elementos nunca deben estar separados por una distancia superior a 9 m ni tampoco puede haber menos de 2 conos entre 2 variaciones en el perfil de la calzada habilitada para el tránsito.

Tabla 5.3-1
Transición por Angostamiento

Longitud de Transición Lt (m)	Número Mínimo de Dispositivos (Conos u otros)	Número Mínimo de Luces
Menor 24	4	2
25 a 42	6	3
43 a 60	8	4
61 a 75	10	5
76 a 90	12	6
91 a 110	14	7
111 a 130	16	8
131 a 150	18	9
151 a 170	20	10
171 a 220	26	13
221 a 250	30	15

5.3.1.5 Materiales

Todos los materiales que conforman los elementos de canalización deben asegurar que al ser impactados por un vehículo, éste no sufrirá daños de consideración y que el dispositivo golpeado no constituirá un peligro para otros usuarios de la vía o trabajadores de la obra. Por ello no deben utilizarse elementos metálicos, como el fierro, con la excepción de las Flechas Direccionales Luminosas. Tampoco se deben utilizar bases de hormigón o de piedra para el soporte de los elementos.

Los materiales y procesos de instalación deben asegurar que la forma del elemento se mantenga invariable mientras sean utilizados. Por ello, dispositivos de plástico y papel, como huinchas - cuya forma varía con el viento, la lluvia y la nieve - no deben ser utilizados, en la calzada ni en la acera.

Los elementos cuya forma se haya deteriorado por su uso habitual o por impactos de vehículos, deben ser reemplazados inmediatamente por otros en buen estado.

5.3.1.6 Conos

Se emplean cuando es necesario definir una variación en el trazado, ancho y número de pistas de la calzada, para encauzar el tránsito y guiar el flujo vehicular por el lugar de los trabajos.

Su altura mínima es de 0,70 m. Sin embargo, ésta debe aumentarse en vías con altos volúmenes de tránsito o velocidades máximas permitidas superiores a 70 km/h., como se detalla en la Tabla 5.3-2.

Tabla 5.3-2
Altura Mínima de Conos

Velocidad Máxima en Zona de Trabajos (km/h)	Altura Mínima de Conos (cm)
Menor o igual a 60	70
70 - 80	80
Mayor a 80	100

La forma del cono y las dimensiones de sus elementos -retroreflectantes, base, etc.-, deben ser homogéneos, en toda la zona de trabajos.

Los conos son de color naranja y deben contar con dos bandas retroreflectantes blancas de a lo menos 8 cm de alto, ubicadas en su parte superior, según se muestra en la Figura 5.3-1.

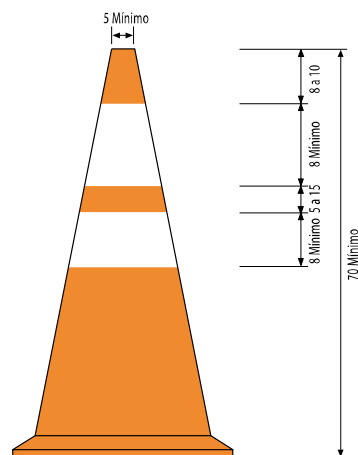
Pueden ser reforzados con dispositivos luminosos para aumentar su visibilidad.

Los conos no deben utilizarse en las siguientes situaciones:

- En curvas que cuenten con delineadores direccionales.
- Para segregar el tráfico en zonas de peligro, como excavaciones profundas o donde opera un banderero, casos en los cuales se deben implementar sistemas de contención.

El espaciamiento máximo entre conos instalados paralelos al eje longitudinal de la vía, cuando el ancho de calzada habilitada para el tránsito es constante, será de 9 m. Sin embargo, nunca podrá haber menos de 2 conos entre los extremos de una transición.

Figura 5.3-1
Cono Tipo



Cotas en centímetros

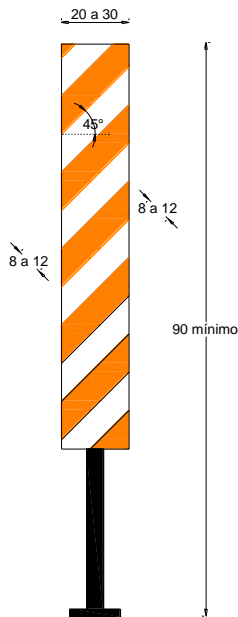
5.3.1.7 Delineadores

5.3.1.7.1 Delineador Vertical

Estos elementos indican la alineación horizontal y vertical de la vía permitiendo a los conductores individualizar la pista de circulación apropiada. Deben ubicarse suficientemente próximos unos de otros, de manera que delineen claramente la canalización durante las horas de oscuridad. Su uso puede hacerse en combinación con otros dispositivos de canalización, siempre que ésta sea uniforme.

Los delineadores deben tener la forma y colores mostrados en la Figura 5.3-2.

Figura 5.3-2
Delineador Vertical



Los delineadores verticales se deben emplazar en los bordes de la calzada. Su espaciamiento máximo está definido por las condiciones geométricas en planta de los desvíos de tránsito, es decir, 20 m en los desarrollos de curvas y 40 m en zonas rectas.

Estos dispositivos no deben utilizarse en las siguientes situaciones:

- En curvas que cuenten con delineadores direccionales
- En transiciones con angostamientos o en cierre de vías
- En zonas de peligro, como es el caso de las excavaciones profundas

Cuando los delineadores son ubicados de tal manera que la superficie retrorreflectante y los vehículos que se aproximan a él forman un ángulo cercano a los 90°, estos elementos pueden resultar más visibles que los conos. Sin embargo, presentan la desventaja de no ser igualmente percibidos desde otros ángulos. Por ello, no deben instalarse cerca de intersecciones, ni de modo que su superficie retrorreflectante forme un ángulo menor de 90° con el tráfico que se aproxima.

Cotas en centímetros

5.3.1.7.2 Delineador Direccional

El delineador direccional tiene como propósito guiar al usuario a través de una curva horizontal, cuyo radio de curvatura sea menor a 500 m, y su velocidad de diseño sea igual o menor a la velocidad máxima permitida en la zona de trabajo.

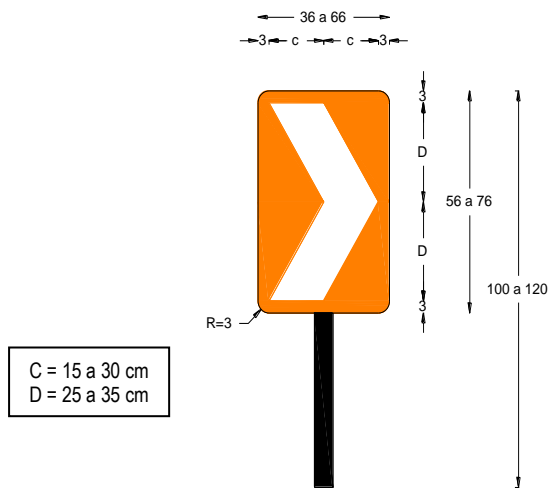
Estos delineadores se deben instalar en placas en el borde externo de la curva y perpendiculares a la visual del conductor, en ambos sentidos. La separación entre dos delineadores debe ser tal que el conductor siempre aprecie como mínimo tres de estos dispositivos. Se deben instalar sobre una base que permita moverlos fácilmente y siempre en número superior a 3.

Cuando los delineadores se instalen junto con otros dispositivos de canalización, debe procurarse que ellos no afecten la visibilidad de ningún elemento.

Su color de fondo es naranja con la flecha blanca.

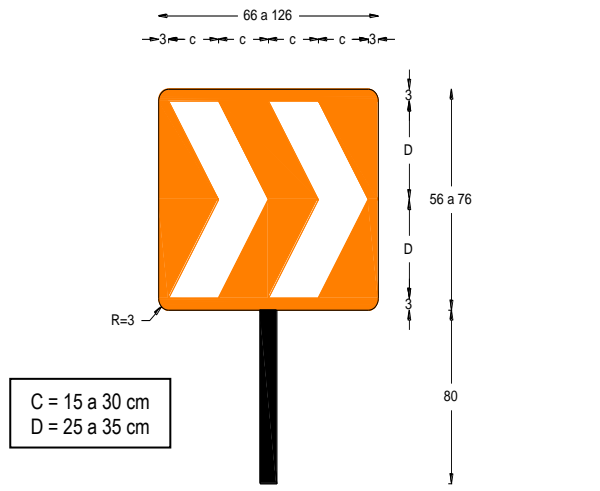
Los delineadores direccionales pueden ser simples o dobles, como se muestra en las Figuras 5.3-3 y 5.3-4. No obstante, los que se instalan a lo largo de una curva deben ser sólo de un tipo.

Figura 5.3-3
Delineador Direccional Simple



Cotas en centímetros

Figura 5.3-4
Delineador Direccional Doble



Cotas en centímetros

5.3.1.8 Barreras

5.3.1.8.1 Barreras Simples

Se utilizan barreras simples para:

- impedir el tránsito por una vía, cuando producto de los trabajos éste debe suspenderse,
- cercar o delimitar el área de trabajo y,
- definir una variación en el perfil transversal disponible para la circulación de vehículos.

En el o los paneles de la barrera se ubican franjas de ancho uniforme, verticales o inclinadas en 45°, de colores alternados blanco y naranja, ambos retrorreflectantes.

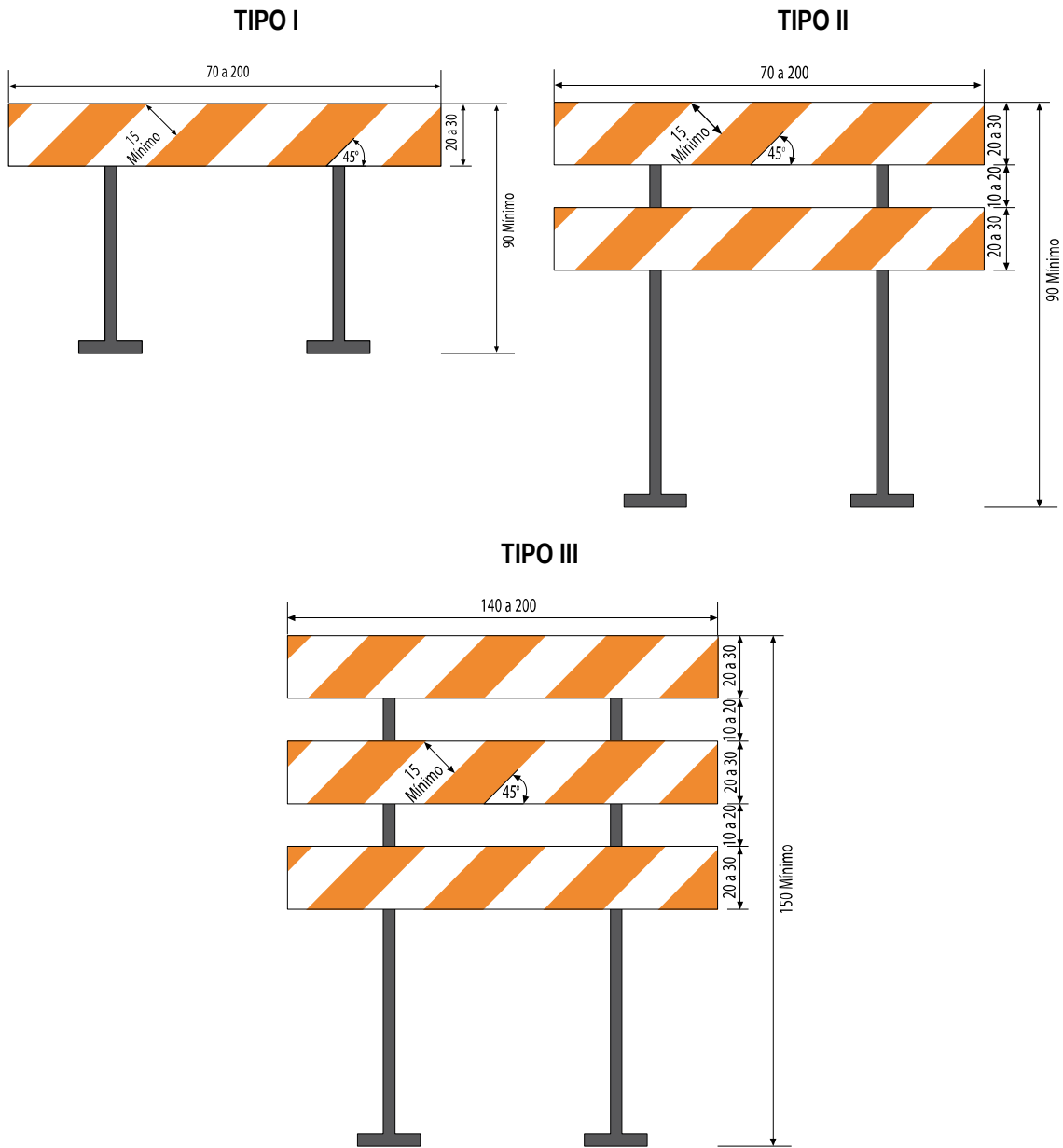
Las barreras simples se clasifican en 3 tipos, I, II y III. Las características de cada una de ellas se detallan en la Tabla 5.3-3 y Figura 3.5-5.

Tabla 5.3-3
Características Barreras Simples

Características (m)	Tipos de Barrera		
	I	II	III
Ancho mínimo panel	0,20	0,20	0,20
Ancho máximo panel	0,30	0,30	0,30
Largo mínimo panel	0,70	0,70	1,40
Largo máximo panel	2,00	2,00	2,00
Ancho mínimo franjas	0,15	0,15	0,15
Altura mínima barrera	0,90	0,90	1,50

Las barreras tipo I y tipo II se pueden utilizar para cercar el área de trabajo y delinear angostamientos. Para el cierre de vías se debe instalar barreras tipo III, las que pueden extenderse a lo ancho de toda la calzada, incluyendo bermas.

Figura 5.3-5
Barreras simples

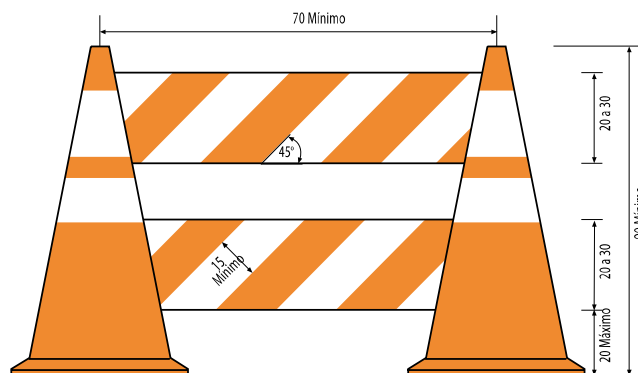


Cotas en centímetros

5.3.1.8.2 Barrera Peatonal

Quando es necesario proteger a los peatones, porque los trabajos se llevan a cabo en la acera o porque se requiere definir un paso temporal para ellos por la calzada, el espacio de trabajo debe cercarse con barreras para peatones. Estas se diferencian de las anteriores, en que poseen un panel adicional, idéntico al o los superiores, pero cuyo borde inferior se encuentra como máximo a 20 cm del nivel del suelo. Ver Figura 5.3-6.

Figura 5.3-6
Barrera Peatonal



Cotas en centímetros

Opcionalmente, en este tipo de barreras puede colocarse una malla o red entre el panel superior y el inferior.

Los paneles horizontales deben ser de una rigidez tal que no puedan ser doblados por el viento, por lo que no pueden ser cintas plásticas.

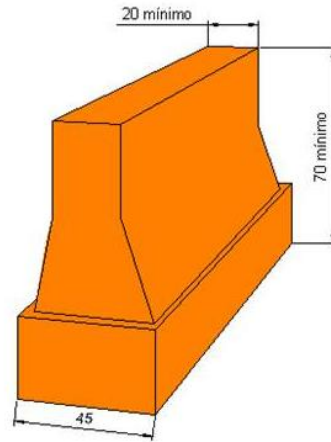
5.3.1.8.3 Barreras Articuladas

Estas barreras se pueden utilizar como elementos de canalización en los casos en que sea necesario definir una variación en el perfil transversal disponible para el tránsito de vehículos. También pueden instalarse para definir el alineamiento en tramos rectos y curvas. En todo caso, siempre deben ser complementadas con luces o elementos retrorreflectantes.

Estos dispositivos pueden ser lastrados con agua o arena, hasta 1/10 de su volumen o lo recomendado por el fabricante.

Su altura mínima es de 70 cm como se muestra en la Figura 5.3-7. Pueden ser de color blanco, naranja o rojo y se deben instalar en forma alternada blanco y naranja o blanco y rojo.

Figura 5.3-7
Barreras Articuladas



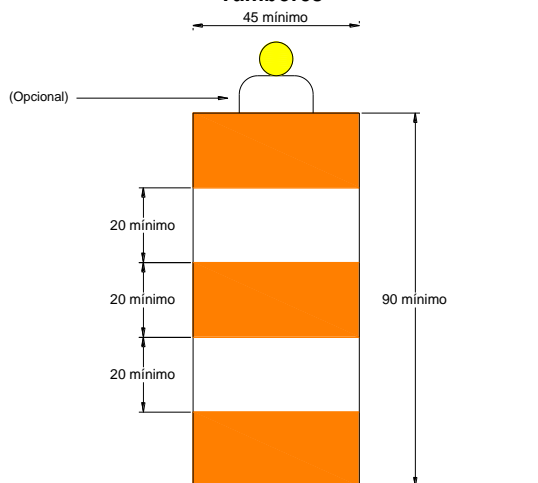
Cotas en centímetros

5.3.1.9 Tambores

Estos elementos se pueden utilizar tanto en sectores en que se mantiene la alineación longitudinal como en aquellos en que se presentan transiciones por angostamiento.

Los tambores deben ser de PVC o de un material de similares características; sus dimensiones mínimas se detallan en la Figura 5.3-8, su color es naranja, con a lo menos dos franjas horizontales blancas retrorreflectantes de 0,20 m de alto que abarquen todo el perímetro.

Figura 5.3-8
Tambores



Cotas en centímetros

Pueden complementarse con luces permanentes de advertencia.

Los tambores pueden lastrarse con agua o arena – hasta 1/10 de su capacidad o lo recomendado por el fabricante - y siempre deben permanecer cerrados. Además, deben ser portátiles, de manera que puedan ser fácilmente cambiados de ubicación a medida que avanza la obra.

No deben estar conformados por elementos metálicos.

5.3.1.10 Cilindros de Tránsito

Estos dispositivos pueden utilizarse, tanto para definir transiciones por angostamiento como para delinear el borde de la calzada. Deben ser de goma, PVC u otro material de similares características. Deben ser de color naranja con dos bandas blancas retrorreflectantes en su parte superior. Su altura mínima es de 0,70 m y su diámetro mínimo 0,10 m, como se detalla en la Figura 5.3-9.

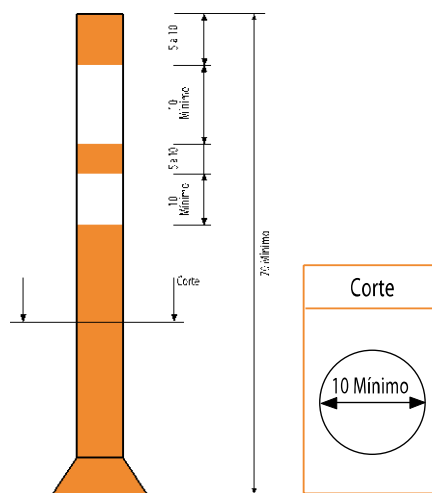
Los cilindros resultan particularmente apropiados para separar flujos opuestos en una calzada habilitada para el tránsito en ambos sentidos, así como para separar dos pistas de tránsito divergente o convergente.

**Figura 5.3-9
Cilindro**

Estos dispositivos no deben utilizarse en las siguientes situaciones:

- En curvas que cuenten con delineadores direccionales.
- Para segregar el tráfico de zonas de peligro, como es el caso de las excavaciones profundas o donde opera un Banderero, casos en los cuales se deben implementar sistemas de contención.

Excepcionalmente pueden usarse cilindros de diámetro inferior a 10 mm, en cuyo caso la distancia entre elementos deberá disminuirse proporcionalmente.



Cotas en centímetros

5.3.1.11 Luces

Se utilizan en general durante la noche y otros períodos de baja luminosidad, durante el día y la noche en vías de alta velocidad o tráfico, y en otras situaciones de riesgos en que es necesario reforzar la visibilidad de los elementos de canalización.

Pueden ser continuas o intermitentes. Las primeras se utilizan en serie para delinear la canalización tanto en sectores con modificaciones del ancho de calzada, como en aquellos donde la vía presenta un ancho constante; los segundos se deben utilizar para advertir sobre puntos de riesgo.

Las luces deben ubicarse a una altura lo más cercana posible a 1,20 m, sobre un elemento de canalización.

Los elementos luminosos posibles de utilizar son:

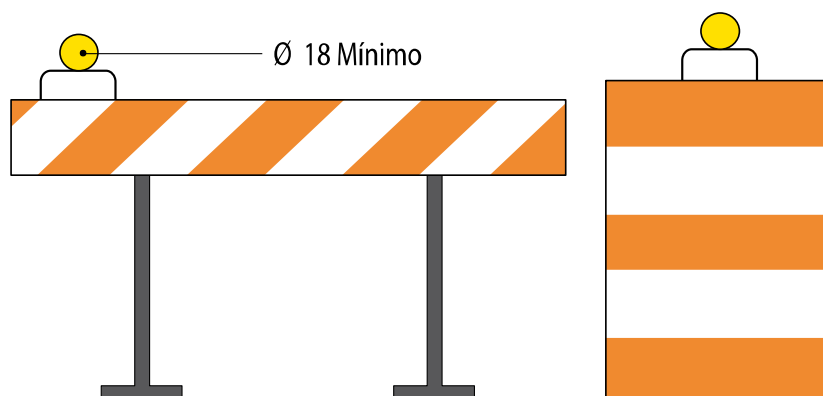
a) Faros

Consisten en un foco de luz amarilla de un diámetro mínimo de 18 cm, que debe instalarse alternadamente sobre los elementos de canalización (conos, barreras, delineadores, etc.), a partir del que la inicia.

Cuando son intermitentes la frecuencia de encendido de la luz debe ser superior o igual a 25 y menor igual a 60 destellos por minuto. Las lámparas deben estar energizadas entre el 7% y el 15% de la duración de cada ciclo. El nivel de intensidad luminosa durante este período debe ser – como mínimo - de 1,5 candelas, medidas en la superficie sobre un plano paralelo al lente y limitado por líneas a 5 grados sobre y bajo el eje óptico, y 10 grados a la izquierda y derecha del mismo.

Si la luz es continua debe tener una intensidad mínima de 0,5 candelas, medida en las condiciones especificadas para la luz intermitente.

**Figura 5.3-10
Faro Tipo Ubicado en Barrera y Tambor**



Cotas en centímetros

b) Balizas de Alta Intensidad

Estas balizas se pueden utilizar para llamar la atención sobre un peligro especial existente en un sitio en particular. Su color debe ser amarillo.

La intensidad luminosa de estos elementos debe superar las 2 candelas y su frecuencia de destellos debe encontrarse entre 25 y 60 por minuto.

c) Reflectores

Estas luces se utilizan en lugares donde los usuarios de la vía y los trabajadores de la obra requieren permanentemente una visión del conjunto del área involucrada para percibir correctamente los riesgos generados por los trabajos. Además de la noche pueden ser utilizados en otros períodos con escasa visibilidad.

Estos dispositivos, además de mejorar la visibilidad de la señalización, permiten recuperar la visión de conjunto indispensable para una conducción segura. Algunos casos a considerar son:

- Circulación de peatones
- Tramos en los cuales se presentan variaciones en la superficie de la calzada
- Control por bandereros
- Trabajos nocturnos
- Cruce de maquinarias

Los reflectores deberán colocarse en forma tal que se ilumine correctamente el área deseada sin producir encandilamiento a los conductores de los vehículos motorizados.

5.3.1.12 Hitos de Vértice

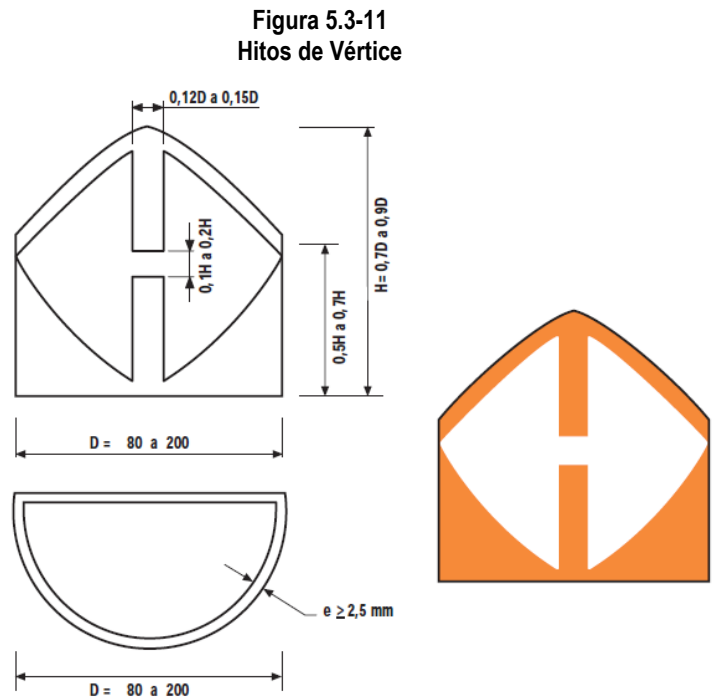
Estos dispositivos se usan para indicar la existencia de un vértice de separación de flujos que circulan en un mismo sentido, debiendo los vehículos que transitan por la pista izquierda continuar por ella y los que lo hacen por la derecha, seguir por ese costado.

El diámetro del hito de vértice debe situarse en los siguientes rangos:

- Vías con velocidad máxima permitida igual o superior a 90 km/h: 1,5 – 2,0 m.
- Vías con velocidad máxima permitida menor o igual a 80 km/h: 0,8 – 1,5 m.

Su color de fondo es naranja, con flechas blancas retrorreflectantes, como lo muestra la Figura 5.3-11.

Para lograr que los hitos de vértice se mantengan estables y bien afianzados pueden ser lastrados con arena, según las recomendaciones del fabricante.



Cotas en centímetros

5.3.1.13 Flechas Direccionales Luminosas

Este tipo de señalización se utiliza, tanto de día como de noche, cuando es necesario entregar advertencias adicionales sobre un cambio en la dirección de una vía o desvío o cuando es necesario guiar el tráfico a través de una zona de trabajos, con grandes densidades de tráfico y/o altas velocidades de circulación. Siempre se deben utilizar como complemento de otras señales o elementos de canalización, por ejemplo, conos o barreras.

Son señales construidas a partir de una matriz de elementos luminosos o panel; la cual es capaz de destellar o desplegarse secuencialmente, simulando una flecha.

Se pueden ubicar:

- Al inicio de la transición por angostamiento, detrás de los elementos de canalización, en el lado que se produce la transición
- En cierre de pistas o vías, detrás de las barreras que advierten dicha situación
- A lo largo de Áreas de Transición, el panel disponiendo de tal manera con respecto a los conductores que la señal indique la dirección y sentido de circulación que deben seguir los vehículos. En estos casos el panel no debe destellar
- En sistemas móviles donde se cierra una pista.

Para mejorar su visibilidad, la parte inferior de la flecha debe estar a más de 1,80 m sobre la calzada.

En la Tabla 5.3-4 y Figura 5.3-12 se entregan especificaciones recomendadas para el tamaño, la forma, legibilidad y elementos que conforman las flechas direccionales luminosas.

Tabla 5.3-4
Paneles Luminosos para Zonas de Trabajo

Tipo de Vía	Tamaño Mínimo (cm)	Distancia de Legibilidad Mínima (m)	Mínimo Número de Elementos o Celdas	Frecuencia Destello (destellos/minuto)
Vía urbana con velocidad máxima 50 km/h	50x100	400	12	25 a 60
Vías con velocidad máxima menor o igual a 70 km/h	70x140	1000	13	25 a 60
Vías con velocidad máxima superior a 70 km/h	120x240	1600	15	25 a 60

Figura 5.3-12
Flechas Direccionales Luminosas

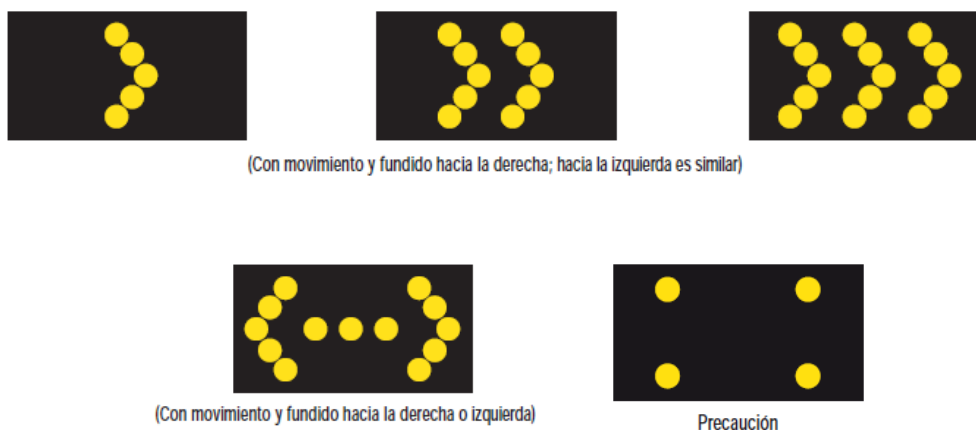


(Indicando hacia la derecha; hacia la izquierda es similar)



(Con movimiento y fundido hacia la derecha; hacia la izquierda es similar)

Flechas Direccionales Luminosas (continuación)



5.3.2 Diseño Geométrico

En general, la canalización en una zona de trabajos está compuesta por sectores en que se deben materializar transiciones y alineamientos de la vía. El diseño geométrico de las primeras debe ceñirse a las especificaciones entregadas a continuación, mientras que el de los segundos debe respetar las normativas que la autoridad competente haya definido. En todo caso, las canalizaciones deben hacerse con elementos homogéneos, dispuestos en forma uniforme, evitando los cambios frecuentes y abruptos de la geometría, ya que éstos exigen maniobras más rápidas a los conductores y por lo tanto de mayor riesgo.

En la Figura 5.3-14 se muestra un esquema tipo con los sectores detallados a continuación.

5.3.2.1 Transiciones

Cuando en una zona de trabajos se deba realizar una transición que implique un angostamiento de la calzada, la longitud de dicha transición debe asegurar una disminución gradual del ancho, de tal manera que los conductores puedan maniobrar apropiadamente sin producir congestión.

En estos casos, la longitud mínima de la transición queda determinada por las siguientes relaciones:

- $L_t = 0,6 \cdot a \cdot V$; en vías cuya velocidad máxima permitida sea mayor a 60 km/h.
- $L_t = 0,8 \cdot a \cdot V^2/150$; en vías cuya velocidad máxima permitida sea menor o igual a 60 km/h.

donde:

L_t = longitud de transición en m. L_t no debe ser nunca menor a 10 m.

a = diferencia de ancho de la calzada entre los extremos de la zona de transición, en m.

V = velocidad máxima permitida, en km/h.

Las longitudes obtenidas de estas relaciones son las mínimas recomendadas para la situación más favorable: una vía sin pendientes y recta. En las Tablas 5.3-5 y 5.3-6 se entregan los valores que arrojan dichas relaciones para este caso.

Tabla 5.3-5
Longitud Mínima de Transición en Vías con $V > 60$ km/h.

v(km/h)	Longitud mínima de transición (m)						
	a(m)						
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
60	20	40	60	75	95	115	135
70	25	45	70	90	110	135	155
80	25	50	75	100	125	150	175
90	30	60	85	115	145	170	200
100	35	65	95	125	160	190	220
110	35	70	100	135	170	200	240
120	40	75	110	145	180	220	260

Tabla 5.3-6
Longitud Mínima de Transición en Vías con $V \leq 60$ km/h.

Longitud mínima de transición (m)							
v(km/h)	a(m)						
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
40	10	15	20	25	30	35	40
50	10	20	25	35	45	50	60

Nota: los valores están aproximados a múltiplos de 5.

Sólo en casos que se establezca algún sistema de control de tránsito, en el área de transición los elementos de canalización podrán formar un ángulo de 45° con la solera o berma, debiendo existir un espaciamiento máximo de 1,2 m entre elementos de canalización.

5.3.2.2 Área de Seguridad

a) Longitud de Seguridad (Ls)

La longitud mínima del Área de Seguridad, entendida como la distancia entre el fin del Área de Transición y el inicio del Área de Trabajos, está determinada por la velocidad máxima permitida en la Zona de Trabajos, según la Tabla 5.3-7.

Tabla 5.3-7
Longitud de Seguridad (Ls)

Velocidad (km/h)	Ls (m)
40	20
50	30
60	45
70	70
80	90
90	110
100	130

b) Ancho de Seguridad (As)

La separación mínima entre el Área de Tránsito y el Área de Trabajos se denomina Ancho de Seguridad y varía con la velocidad máxima permitida en la Zona de Trabajos, según se detalla en la Tabla 5.3-8.

Tabla 5.3-8
Ancho Mínimo de Seguridad (As)

Velocidad (km/h)	As (m)
40	0,5
50	1,2
60	1,2
70	1,2
80	2,0
90	2,0
100	2,0

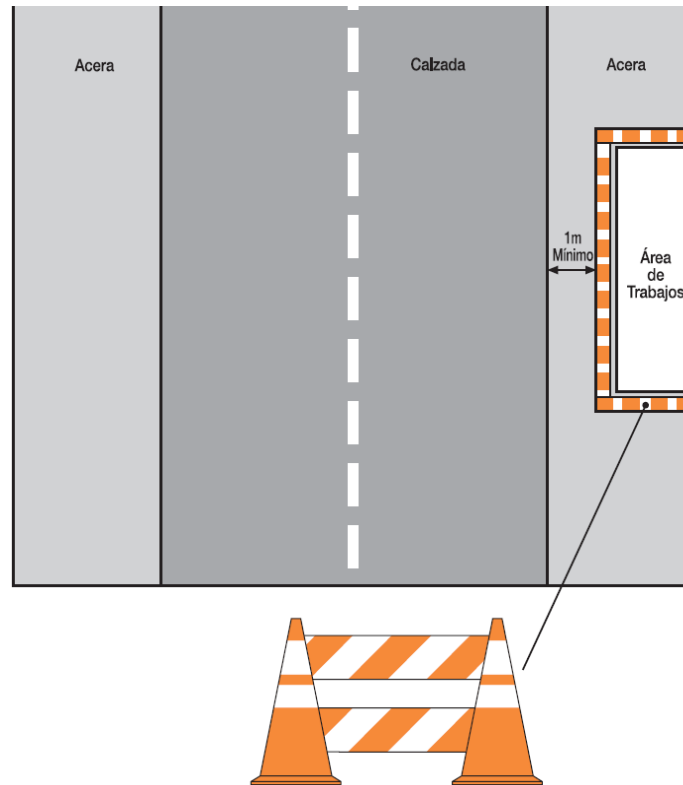
Cuando las características de la Zona de Trabajos impidan cumplir con las dimensiones mínimas del Área de Seguridad (Ls o As), se debe reducir la velocidad máxima permitida en la vía, modificando, a la vez, el diseño de la zona de trabajos y su señalización.

Alternativamente, se pueden instalar elementos de segregación y contención que efectivamente impidan el ingreso al Área de Trabajos, como barreras de hormigón tipo F.

5.3.2.3 Protección a Peatones

Cuando producto de las obras a realizar se utilice parte o la totalidad de la acera, debe habilitarse una ruta peatonal alternativa, que en caso de ocupar parte de la calzada debe estar segregada físicamente del flujo vehicular. Ver Figura 5.3-13 y Esquema mostrado en 5.7.3.2.

Figura 5.3-13
Esquema Tipo Protección de Peatones



5.3.2.4 Trabajos de Corta Duración y/o Móviles

Existen trabajos de corta duración -aquellos que no duran más de 60 minutos- ó móviles, en que las actividades se detienen de manera intermitente y se desplazan luego más adelante en la vía, donde se presentan dificultades prácticas para la implementación de una Zona de Trabajos como la definida anteriormente.

En estos casos, alternativamente, puede usarse el esquema de señalización de la

Figura 5.3-15

En éste se utiliza como advertencia un vehículo, ubicado antes de las faenas, en el que se debe instalar señalización iluminada, Flecha Direccional Luminosa o señal PASO OBLIGADO (RO-6a, RO-6b).

La distancia entre el Área de Trabajos y el vehículo que porta la señal luminosa, es función de la velocidad máxima permitida en la vía, como lo muestra la Tabla 5.3-9.

Tabla 5.3-9
Distancias Recomendadas en Trabajos de Corta Duración y/o Móviles

Velocidad Máxima Antes Zona de Trabajos (km/h)	Distancia entre Vehículo y Área de Trabajos (m)
Menor o igual 50	20 a 40
60	30 a 50
70	50 a 80
80	70 a 100
90	100 a 120
100	120 a 140
110	140 a 160
120	150 a 180

Se recomienda que el vehículo de advertencia cuente con un amortiguador de impacto certificado.

Además del vehículo de advertencia, es conveniente disponer elementos de canalización para delinear la vía, entre dicho vehículo y el Área de Trabajos y a lo largo de ésta.

Figura 5.3-14
Esquema Tipo de Canalización

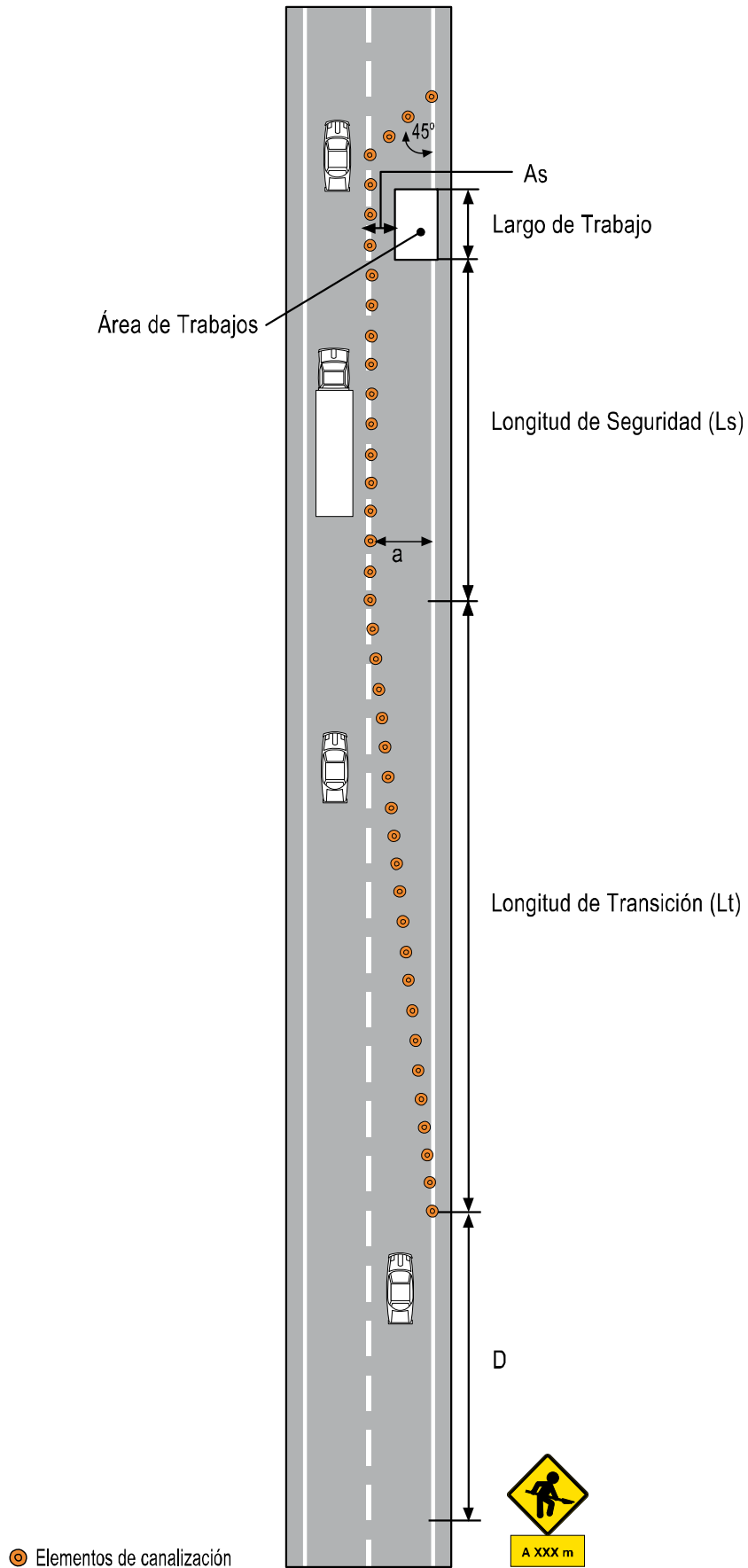
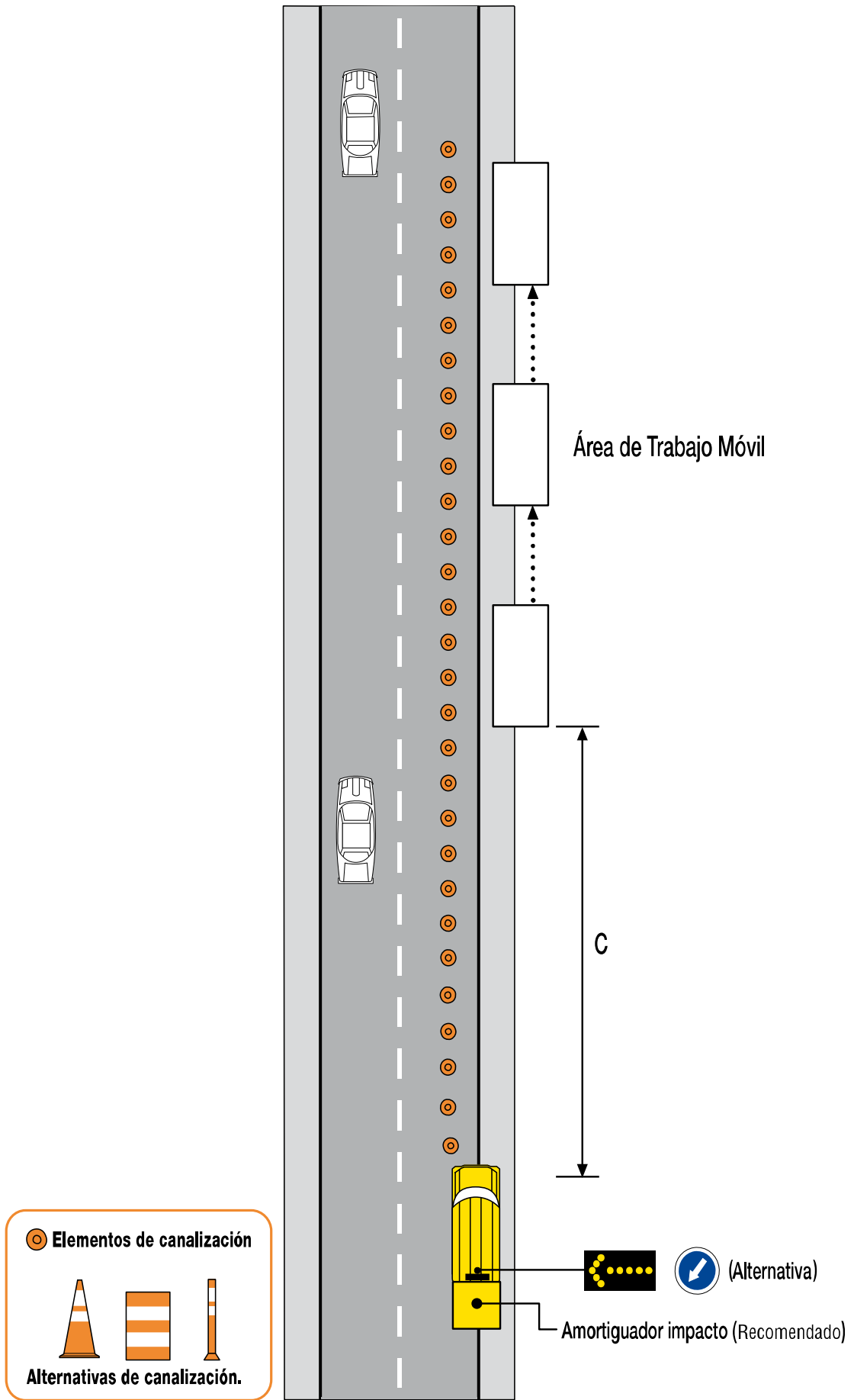


Figura 5.3-15
Esquema Tipo Trabajos de Corta Duración y/o Móviles



5.4 DEMARCACIONES

En general, todo lo señalado en el Capítulo 3 acerca de las demarcaciones tiene validez cuando se trata de marcas en zonas de trabajo. Sin embargo, por su especial aplicación en estos casos, más adelante se detalla la señal Desvío de Tránsito

5.4.1 Tratamiento de las Demarcaciones en Zonas de Trabajo

Cuando el alineamiento, número y características de las pistas de circulación, definidas en el Plan de Señalización y Medidas de Seguridad no es consistente con la demarcación existente, esta última debe borrarse o cubrirse, con el fin de evitar confundir a los usuarios, desacreditar otras señales y generar accidentes.

Los materiales utilizados para cubrir la demarcación existente, generalmente de color negro, deben ser no reflectantes y antideslizantes.

Cuando en una zona de trabajos no sea posible proveer una apropiada demarcación de pistas, éstas deben ser definidas con elementos de canalización y señales de advertencia.

5.4.2 Eliminación de Demarcaciones Provisorias

Una vez concluidas las obras o las condiciones impuestas por éstas dejan de regir o aplicarse, la empresa que realiza los trabajos debe eliminar la demarcación que no se aplique a las condiciones normales de circulación. Las demarcaciones obsoletas deben ser removidas antes de que las nuevas condiciones físicas y/o de operación se implementen.

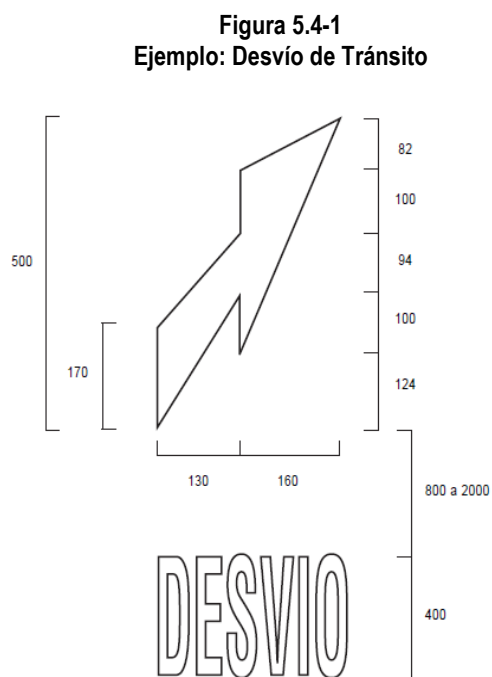
Se puede utilizar cualquier proceso que elimine totalmente la demarcación obsoleta en forma ambientalmente aceptable y que no afecte la integridad del pavimento, tales como chorro de arena, cepillado, quemadura, aplicación de agentes químicos u otros. No debe utilizarse el recubrimiento con pintura gris o negra, ya que ésta se desgasta con el tiempo dejando visible la demarcación que se ha intentado eliminar.

Las demarcaciones elevadas innecesarias deben ser removidas en su totalidad.

5.4.3 Desvío de Tránsito

Esta señal, compuesta de una flecha y leyenda, se puede utilizar para indicar la proximidad de un desvío de tránsito. Se debe ubicar a no menos de 100 m del inicio de éste, en el centro de cada una de las pistas que cambian de alineamiento, con la punta de la flecha en la dirección en que se encuentra el desvío, izquierda o derecha, seguida de la leyenda "DESVIO".

La Figura 5.4-1 ilustra esta demarcación para una velocidad superior a 60 km/h. Para una velocidad menor o igual a 60 km/h, ver punto 3.4 del Capítulo 3.



5.5 SISTEMAS DE CONTROL DE TRÁNSITO

Cuando a lo largo de una zona de trabajos o en tramos de ella, sólo es posible permitir la circulación de vehículos en un sentido, en forma alternada, se debe asegurar que exista una coordinación tal en el derecho de paso que evite accidentes y demoras excesivas. Ello se logra mediante sistemas de control de tránsito.

El sistema de control de tránsito debe:

- otorgar derecho de paso alternadamente;
- asegurar que al otorgar derecho de paso en un sentido, el tramo se encuentre despejado de vehículos que transiten en sentido contrario, y
- evitar la generación de demoras excesivas al tránsito, cualquiera sea el sentido de circulación, ya que éstas son un estímulo al no respeto de las indicaciones del sistema.

5.5.1 Clasificación

Según su tipo los sistemas se clasifican en:

- Señales PARE / SIGA
- Semáforos

5.5.2 Emplazamiento

Los elementos del sistema que indican a los conductores el derecho de paso o la obligación de detenerse – PARE / SIGA o Semáforo - deben ubicarse en los extremos del tramo en que se utiliza el tránsito en un sentido. En dichos extremos, la calzada disponible debe permitir la circulación en ambos sentidos simultáneamente.

5.5.3 Control PARE / SIGA

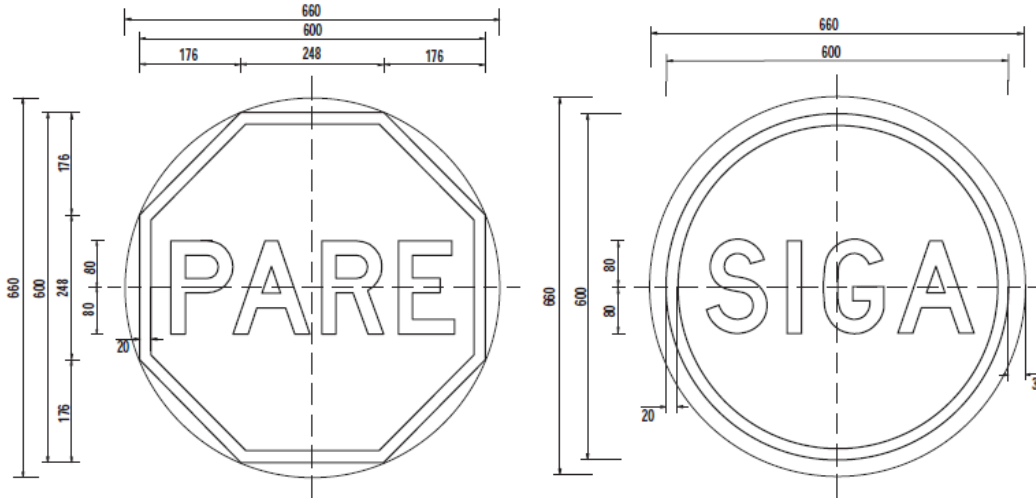
En este sistema de control de tránsito, personal de la obra - trabajadores comúnmente llamados Bandereros - otorgan el derecho de paso alternado, utilizando la señal PARE / SIGA. Ver

Figura 5.5-1.

Figura 5.5-1



5.5.3.1 Señal PARE / SIGA



Cotas en milímetros

Esta señal debe ser indeformable por la acción del viento u otros factores. Sus colores de fondo son verde en la cara donde se ubica la palabra SIGA y rojo en la que lleva la leyenda PARE, y ambos textos son blancos. Estos colores deben cumplir siempre con los niveles mínimos de retrorreflexión que se entregan en la Tabla 5.5-1.

Tabla 5.5-1
Niveles Mínimos de Retrorreflexión
(Cd / lx m²)

Ángulo		Colores		
Entrada	Observación	Blanco	Verde	Rojo
-4°	0,2°	200	36	36
-4°	0,5°	76	12	12
30°	0,2°	120	20	20
30°	0,5°	52	8	8

5.5.3.2 Banderero

En el sistema de control PARE / SIGA el Banderero es responsable de la seguridad de los usuarios de la vía, por lo que debe ser seleccionado cuidadosamente, debiendo cumplir, a lo menos, con los siguientes requisitos:

- Haber aprobado la Educación Básica
- Haber aprobado un curso que lo habilite como Banderero, y
- Poseer visión y audición compatibles con sus labores, aceptándose que estos aspectos puedan estar corregidos por dispositivos tales como lentes o audífonos.

El banderero debe ser siempre visible para todos los conductores, por ello debe usar permanentemente la vestimenta especificada más adelante en la sección 5.6.

Debe ubicarse frente al tránsito que se acerca al área de actividad. Su puesto de trabajo debe situarse fuera de la calzada y detrás de barreras u otros elementos de segregación, excluidos conos y cilindros.

Durante la noche el puesto de trabajo debe iluminarse apropiadamente.

La velocidad máxima permitida en la vía, en el sector donde se ubica el Banderero, nunca debe superar los 50 km/h.

5.5.3.3 Operación del Sistema

La duración del derecho de paso en cada sentido de circulación debe ser determinada sólo por uno de los Bandereros, el que tiene la misión de coordinar los movimientos vehiculares y es responsable de la operación general. Cuando no exista visibilidad directa entre los Bandereros, lo que puede ocurrir durante la noche, ante la presencia de neblina y en otros casos de visibilidad reducida, se deben utilizar equipos de radiotelefonía u otros que garanticen la comunicación entre ellos.

Para indicar a los conductores si deben avanzar o detenerse, el Banderero debe realizar los siguientes pasos:

- **Detención del tránsito.** El Banderero debe ubicarse de frente a los conductores que deben detenerse, con la paleta en posición vertical enfrentando a éstos con la señal PARE. Cuando se hayan detenido los primeros vehículos, puede dejar la paleta en un soporte adecuado, que la mantenga siempre en posición vertical y con la señal PARE hacia dichos conductores.
- **Permitido avanzar.** El Banderero girará la paleta hasta que la señal SIGA enfrente a los conductores detenidos. Cuando los primeros vehículos hayan avanzado, puede dejar la paleta en un soporte adecuado que la mantenga siempre en posición vertical y con la señal SIGA hacia los conductores.

5.5.4 Semáforos

El control con semáforos se recomienda en donde, por distancia u otras condiciones especiales, no exista contacto visual entre los extremos. También se utiliza para controlar intersecciones de la zona de trabajos con otras vías.

Los semáforos deben cumplir lo estipulado en el Capítulo 4, con las siguientes excepciones:

- a) Su instalación se justifica en función de las características de la zona de trabajos, por lo que uno o más de los criterios definidos para justificar semáforos permanentes puede no aplicarse.
- b) La altura mínima –medida desde el nivel del terreno hasta la parte inferior del cabezal- es de 1,5m.
- c) El semáforo debe desenergizarse cuando su operación no sea necesaria.

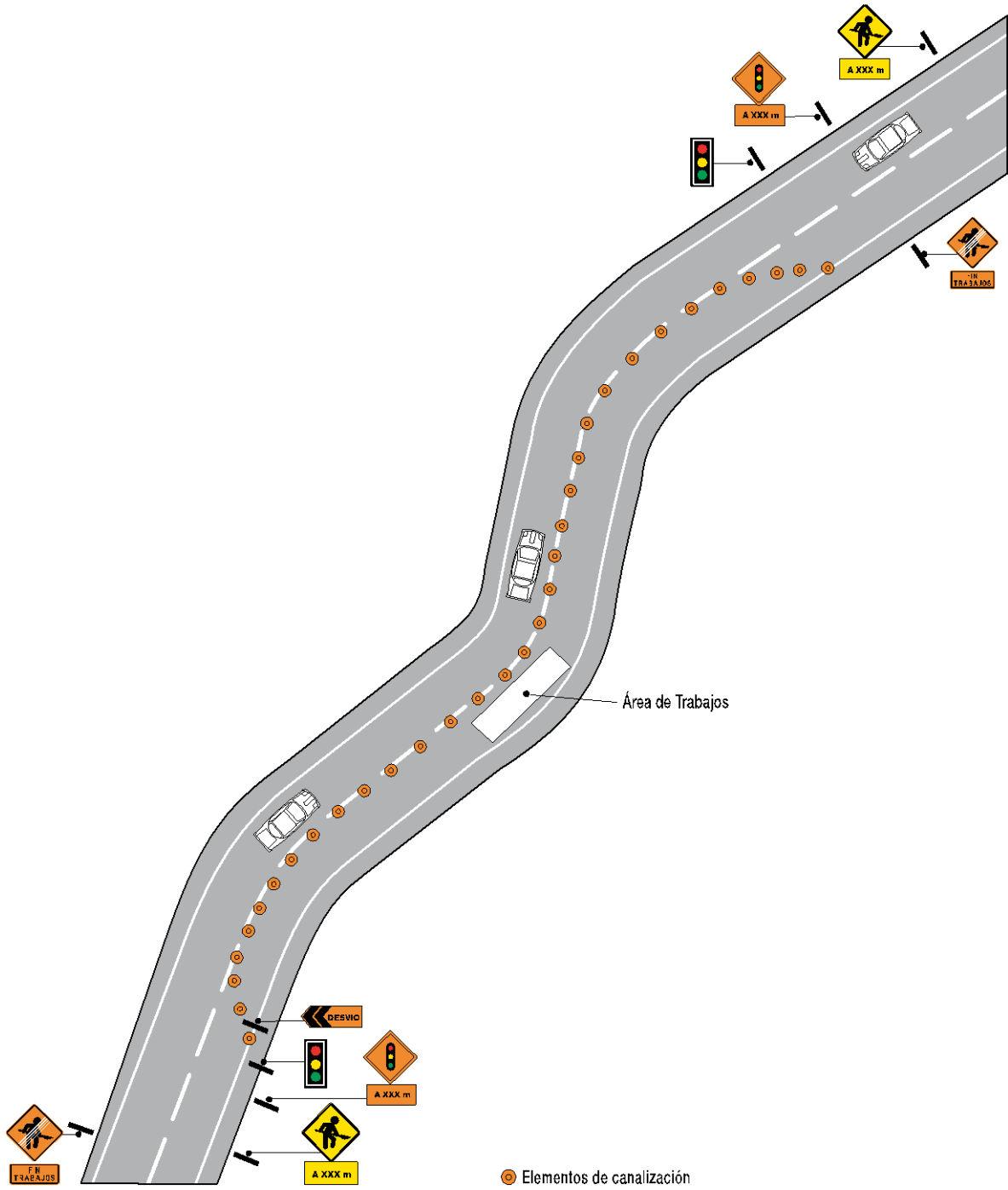
Para asegurar que el tramo se encuentra despejado de vehículos, antes de otorgar derecho de paso en un sentido, el sistema de control con semáforos también puede utilizar bandereros, los que en estos casos realizan labores de coordinación, control y operación del dispositivo.

Se recomienda instalar dos cabezales en cada extremo del tramo, lo que asegura el correcto funcionamiento del sistema, aun cuando una de las lámparas deje de operar, por quema de sus luces u otras circunstancias.

La

Figura 5.5-2 muestra, a modo de ejemplo, una zona de trabajos controlada por semáforo.

Figura 5.5-2



5.6 ELEMENTOS PARA AUMENTAR VISIBILIDAD DE TRABAJADORES Y VEHÍCULOS

En toda zona de trabajos, es necesario que el accionar de los trabajadores y vehículos de la obra sea percibido por los conductores con anticipación, especialmente en la noche y en períodos de visibilidad reducida. Esto exige la utilización de elementos luminosos o que retrorreflecten la luz proyectada por los focos de los vehículos y que garanticen un alto grado de contraste con el entorno.

En esta sección se detallan los estándares mínimos requeridos para los materiales de alta visibilidad que se deben usar en la indumentaria de todo el personal y vehículos presentes en la obra.

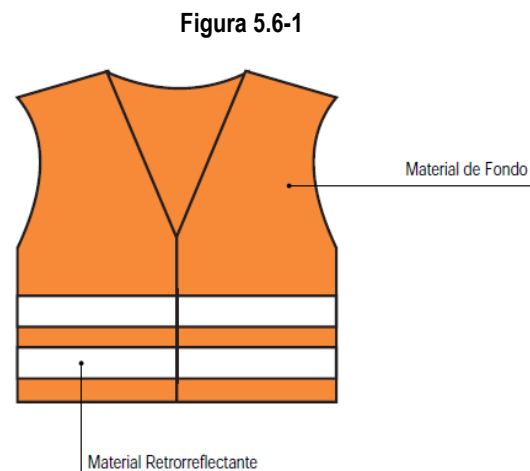
5.6.1 Vestimenta de Trabajo de Alta Visibilidad

La vestimenta de trabajo de alta visibilidad está destinada a destacar visualmente la presencia de un trabajador, con el fin de que éste, en cualquier circunstancia, sea apropiada y oportunamente percibido.

Dicha vestimenta está compuesta por una parte fluorescente, o fondo, y otra de material retrorreflectante. Ver

Figura 5.6-1.

La porción fluorescente de la prenda tiene la función de destacarla durante el día, cuando existe baja luminosidad y los vehículos pueden llevar sus focos apagados, como ocurre al amanecer, al atardecer, cuando llueve o nieva. La parte retrorreflectante destaca la prenda cuando los vehículos llevan sus focos encendidos durante la noche y otros períodos de oscuridad.



5.6.1.1 Clasificación

Según el grado de visibilidad que otorga y el área que cubre, la vestimenta de trabajo que debe utilizar el personal que labora o permanece en la obra se clasifica en:

- a) **Clase I:** Corresponde a las vestimentas que se pueden utilizar en:
 - zonas de trabajos donde el entorno no sea complejo; esto es, que la visibilidad de la persona no se encuentre comprometida por otros elementos;
 - donde exista una separación amplia entre el lugar en que se realizan los trabajos y el tránsito vehicular, o haya segregación física continua entre ellos, y
 - donde la velocidad máxima permitida en la zona de trabajos no supere los 40 km/h, por ejemplo, trabajos en la acera.
- b) **Clase II:** Esta clase de vestimenta se debe utilizar en:
 - situaciones en las cuales el entorno sea complejo, como ocurre en regiones de clima lluvioso o con frecuente neblina;
 - donde la velocidad máxima permitida sea superior a 40 km/h e inferior a 80 km/h, y
 - en trabajos que tengan lugar en o muy cerca del tránsito vehicular y no exista segregación física continua entre ellos.
- c) **Clase III:** Esta vestimenta se debe utilizar en:
 - zonas de trabajos con velocidades máximas permitidas superiores a 80 km/h;
 - donde los vehículos que operan en la obra sean de tal dimensión y peso que constituyan un riesgo

para el resto de los trabajadores de la obra, y

- labores de control de tránsito en la obra, vale decir por los Bandereros.

Según su clase, la indumentaria de alta visibilidad debe tener incorporadas a la prenda las superficies mínimas de materiales que se indican en la Tabla 5.6-1. Alternativamente, se puede optar, en vestimentas Clase I, por la superficie exigida de material combinado, entendiéndose éste como aquel que es fluorescente y retrorreflectante a la vez.

Tabla 5.6-1
Superficies mínimas de cada material visible (en m²)

Material	Clase III	Clase II	Clase I
de Fondo	0,80	0,50	0,14
Retrorreflectivo	0,20	0,13	0,10
Combinado	-----	-----	0,20

Estas superficies mínimas deben estar distribuidas uniformemente en la prenda.

5.6.1.2 Características

a) Color

Se han definido sólo tres colores de fondo para la vestimenta: verde limón, naranja y rojo. Los tres confieren, durante el día, visibilidad en la mayor parte de los ambientes rurales y urbanos. Sin embargo, se debe tener en cuenta el entorno específico en el que se desarrolla la obra para determinar la protección requerida y así seleccionar el color que proporcione el mejor contraste con el medio. Por ejemplo, en lugares con abundante vegetación el color naranja es más apropiado que el verde.

No obstante, los Bandereros deben usar siempre prendas cuyo color de fondo sea naranja.

b) Retrorreflexión

Niveles más altos de retrorreflexión aseguran mayor contraste y mejor visibilidad. Por lo tanto, cuando se requiera mayor visibilidad se deben utilizar materiales con mayores coeficientes de retrorreflexión.

Por lo anterior, se han definido dos niveles mínimos para el material retrorreflectante o combinado que se debe utilizar en la vestimenta de trabajo de alta visibilidad, los que se detallan en las Tablas 5.6-2 y 5.6-3.

Tabla 5.6-2
Valores mínimos del coeficiente de retrorreflexión
(cd / lux m²) Nivel 1

Ángulo de observación	Ángulo de iluminación (o entrada)			
	5°	20°	30°	40°
12'	250	220	135	50
20'	120	100	75	30
1°	25	15	12	10
1°30'	10	7	5	4

Tabla 5.6-3
Valores mínimos del coeficiente de retrorreflexión
(cd / lux m²) Nivel 2

Ángulo de observación	Ángulo de iluminación (o entrada)			
	5°	20°	30°	40°
12'	330	290	180	65
20'	250	200	170	60
1°	25	15	12	10
1°30'	10	7	5	4

5.6.1.3 Diseño

La vestimenta de trabajo de alta visibilidad incluye, entre otras prendas, arneses, pecheras, petos, chalecos, chaquetas, overoles y pantalones.

Con la excepción de los arneses, pecheras y petos, el material de fondo debe rodear horizontal y totalmente el torso, las mangas y la parte inferior del pantalón.

El material retrorreflectante se debe disponer en bandas de ancho no menor a 50 mm, excepto para los arneses, en los que no será menor que 30 mm.

a) Chaquetas, chalecos, pecheras y petos

Estas prendas deben presentar alguna de las siguientes configuraciones de material retrorreflectante:

i) Configuración 1

- dos bandas horizontales de material retrorreflectante alrededor del torso, espaciadas como mínimo 50 mm una de otra.
- dos bandas verticales del mismo material, que unan la parte frontal (pecho) y posterior (espalda) de la banda horizontal superior, pasando por encima de cada hombro y cruzándose en la espalda.

ii) Configuración 2

- una banda horizontal de material retrorreflectante alrededor del torso.
- dos bandas del mismo material, que unan la parte frontal (pecho) y posterior (espalda) de la banda horizontal, pasando por encima de cada hombro y cruzándose en la espalda.

iii) Configuración 3

- dos bandas horizontales de material retrorreflectante alrededor del torso, espaciadas como mínimo 50 mm

En las 3 configuraciones, la parte baja de la banda horizontal inferior no debe estar a menos de 50 mm del borde inferior de la prenda.

Las pecheras y petos deben ser confeccionados de forma tal que una persona de la talla para la que están diseñados, pueda usarlos con aberturas laterales no mayores a 50 mm medidas horizontalmente.

b) Overol y chaquetas de manga larga

Estas prendas deben considerar:

- dos bandas de material retrorreflectante en las mangas, situadas a la misma altura y alineadas con las del torso
- que la banda superior rodee la parte superior de las mangas, entre el codo y el hombro
- que la parte baja de la banda inferior no esté a menos de 50 mm del borde inferior de la manga

c) Overol y pantalones con o sin pechera

Esta vestimenta debe considerar:

- dos bandas de material retrorreflectante espaciadas 50 mm como mínimo, rodeando horizontalmente cada pierna
- que la parte alta de la banda superior esté a menos de 350 mm del borde inferior del pantalón
- que la parte baja de la banda inferior esté a más de 50 mm del borde inferior del pantalón
- que cuando se trate de pantalón con pechera, ésta tenga una banda de material retrorreflectante alrededor del torso

d) Arnese

Estas prendas deben considerar:

- una banda retrorreflectante o de material combinado rodeando la cintura
- dos bandas retrorreflectantes o de material combinado uniendo la banda de la cintura desde atrás (la espalda) al frente, pasando sobre los hombros
- que el ancho de las bandas sea superior a 30 mm

e) Sistema de cierre

Este no debe tener aberturas horizontales mayores a 50 mm.

5.6.1.4 Uniforme del Banderero

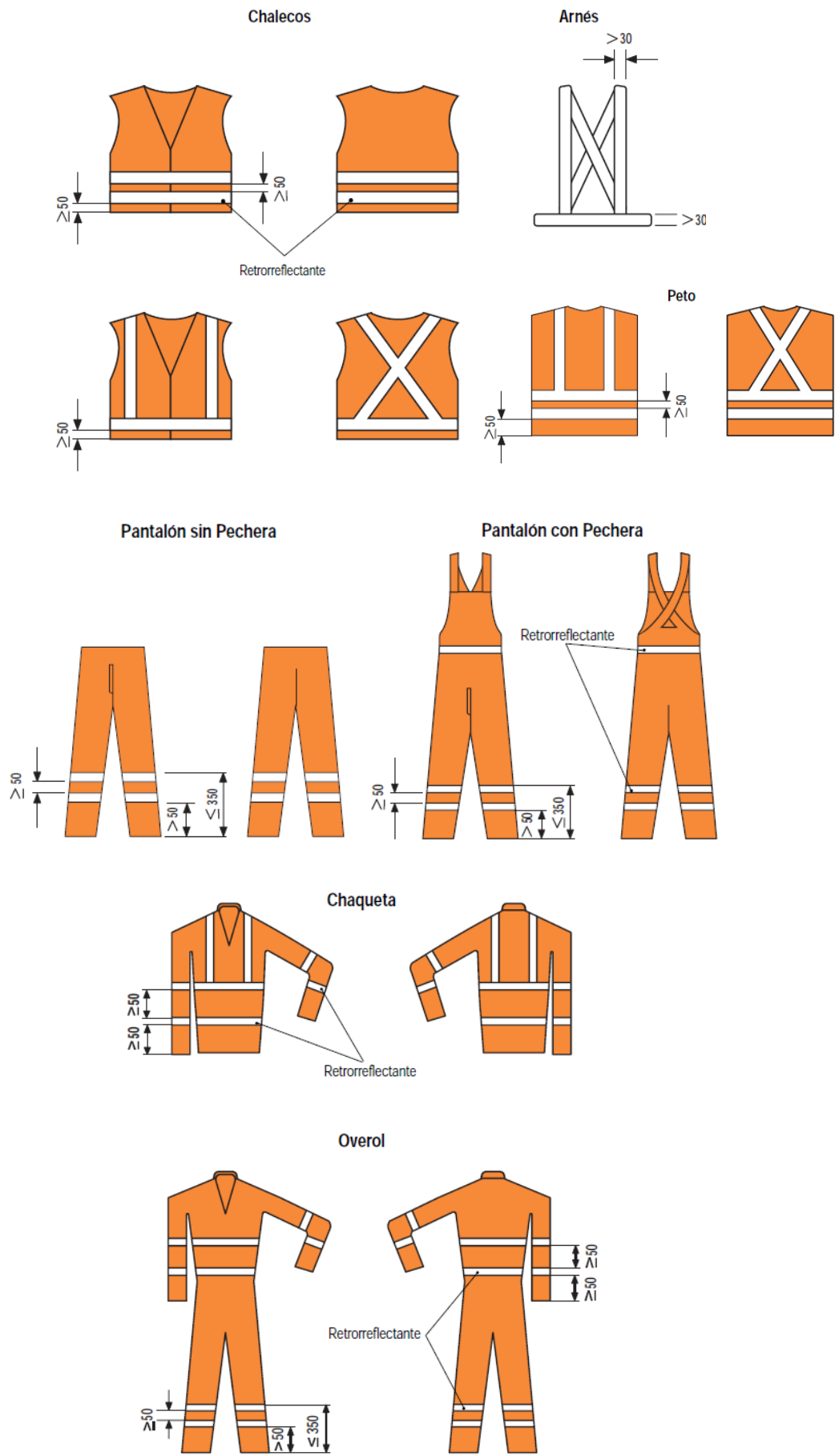
Los trabajadores que desempeñen labores de Banderero deben usar vestimenta Clase III, con materiales retrorreflectantes al menos iguales al Nivel 2, más las siguientes prendas:

- Casco de color naranja, con una franja horizontal retrorreflectante blanca en la parte trasera y delantera. Estas franjas deben ser de 10 cm de largo por 5 cm de ancho.
- Capa impermeable de color naranja, a utilizar en caso de lluvia o cuando las condiciones climáticas lo requieran. Ésta debe llevar una franja retrorreflectante blanca, de 15 cm de ancho, colocada horizontalmente en el tercio superior a la altura del tórax.

5.6.1.5 Ejemplos

En la Figura 5.6-2 se presentan ejemplos típicos de vestimentas de trabajo de alta visibilidad.

Figura 5.6-2
Ejemplos Vestimentas



Cotas en milímetros

5.6.2 Elementos Retrorreflectantes para Vehículos

En este punto se abordan los elementos retrorreflectantes con que deben contar todos los vehículos, livianos y pesados, que participen en los trabajos. Con esto se busca asegurar que en toda condición, incluso cuando dichos vehículos no hacen uso de sus luces, sean percibidos oportunamente por los usuarios de la vía y por los conductores de otros vehículos que participan en la obra.

5.6.2.1 Forma y Color

Los elementos retrorreflectantes utilizados en los vehículos de obras son cintas de color rojo y blanco alternadas, de las siguientes dimensiones:

Cinta	Largo Retrorreflectante	Ancho Mínimo Retrorreflectante
Color rojo	280mm±20mm	50 mm
Color blanco	180mm±20mm	50 mm

5.6.2.2 Ubicación

Las cintas se ubican en la parte posterior y en los costados de los vehículos, de acuerdo a los siguientes criterios:

a) Parte Posterior

La cinta retrorreflectante de colores rojo y blanco alternados se debe ubicar en forma horizontal a todo lo ancho del vehículo, a una altura sobre el suelo de 1,25 m, como se muestra a modo de ejemplo en la Figura 5.6-3. Cuando por las características del vehículo ello no sea posible, se debe ubicar a una altura lo más cercana posible a la indicada.

En los vértices superiores traseros de la carrocería se deben ubicar dos pares de cintas retrorreflectantes blancas, de 300 mm. de largo y 50 mm. de ancho mínimo cada una, formando un ángulo recto cuando sea posible para indicar la forma del vehículo.

b) Costados

A cada costado del vehículo se deben ubicar cintas retrorreflectantes de color rojo y blanco alternado, cubriendo al menos la mitad de cada costado. Estas cintas deben originarse en los extremos delanteros y posteriores del vehículo, y se deben distribuir lo más equitativamente posible, como lo muestra la Figura 5.6-3. Su altura sobre el suelo debe ser lo más cercana posible a 1,25 m.

5.6.2.3 Retrorreflexión

Las referidas cintas retrorreflectantes deben cumplir con lo detallado en la Tabla 5.6-4.

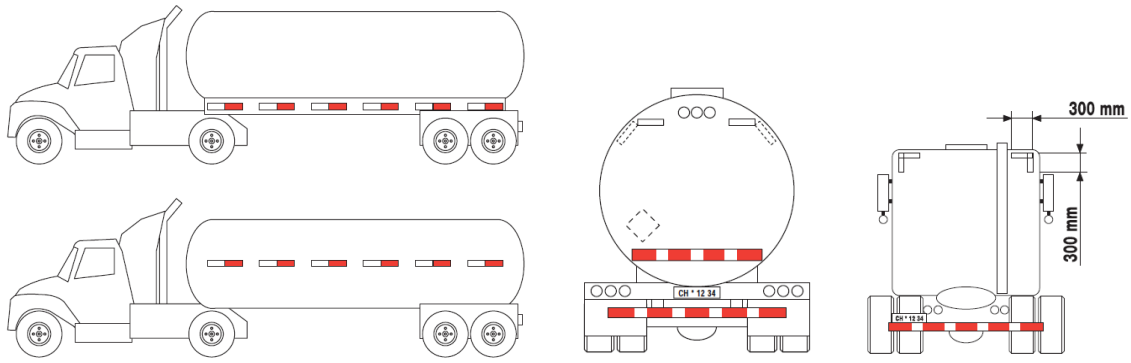
Tabla 5.6-4
Niveles de Retrorreflexión Mínimos
(cd/lux m²)

Ángulo de Entrada	Ángulo de Observación			
	0,2°		0,5°	
	Blanco	Rojo	Blanco	Rojo
-4°	250	60	65	15
30°	250	60	65	15
45°	60	15	15	4

Este desempeño fotométrico mínimo se acreditará mediante la inscripción de los caracteres DOT-C2 en las cintas, con lo que el fabricante certificará que éstas cumplen con los niveles de retrorreflexión exigidos. Los caracteres se ubicarán entre el elemento retrorreflectante y la película que lo cubra en su parte frontal, no podrán tener menos de 3 mm de alto y deberán estar permanentemente estampados, grabados, moldeados o impresos con tinta indeleble.

La inscripción DOT-C2 deberá aparecer al menos una vez en la superficie expuesta de cada segmento de color rojo o blanco de la cinta retrorreflectante alternada, y al menos una vez cada 300 mm en la cinta de color blanco.

Figura 5.6-3
Ejemplos Ubicación Retroreflectantes



5.7 ESQUEMAS TIPO

En esta sección se presentan esquemas tipo de señalización y de medidas de seguridad, tanto para vías urbanas como rurales, a través de los cuales se ilustra cómo aplicar los criterios enunciados en las secciones anteriores.

En la práctica, se debe incorporar el criterio profesional para adaptar estos esquemas a las características y condiciones de cada caso en particular. Asimismo, es probable que en algunos casos las señales y medidas de seguridad que en definitiva deban implementarse correspondan a combinaciones de uno o más esquemas de los aquí presentados.

5.7.1 Nomenclatura

En los esquemas mostrados a continuación se utiliza la siguiente nomenclatura:

D : Distancia entre primera señal TRABAJOS EN LA VÍA (PT-1) e Inicio Área de Transición (Tabla 5.2 -)

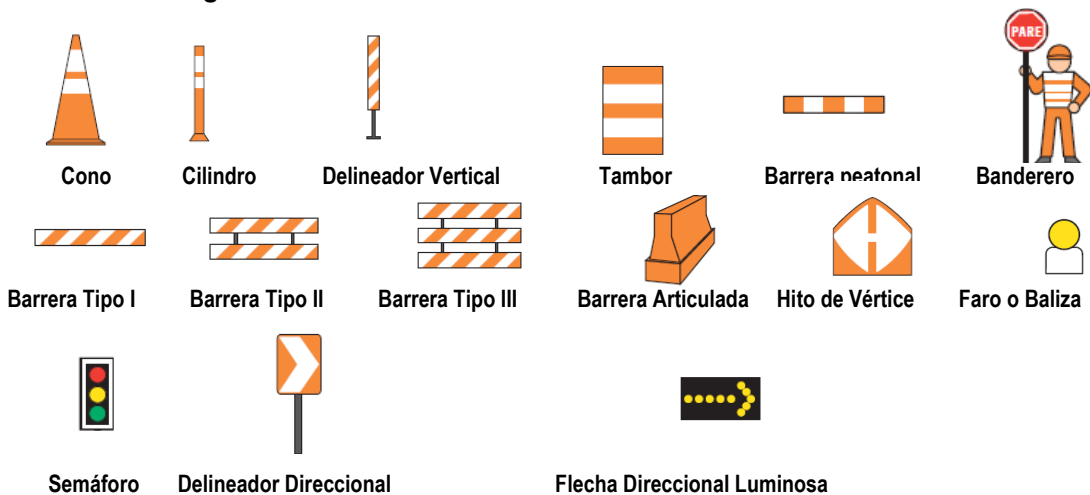
Lt : Longitud de Transición (Tablas 5.3-5 y 5.3-6)

Ls : Longitud de Seguridad (Tabla 5.3-7)

As : Ancho de Seguridad (Tabla 5.3-8)

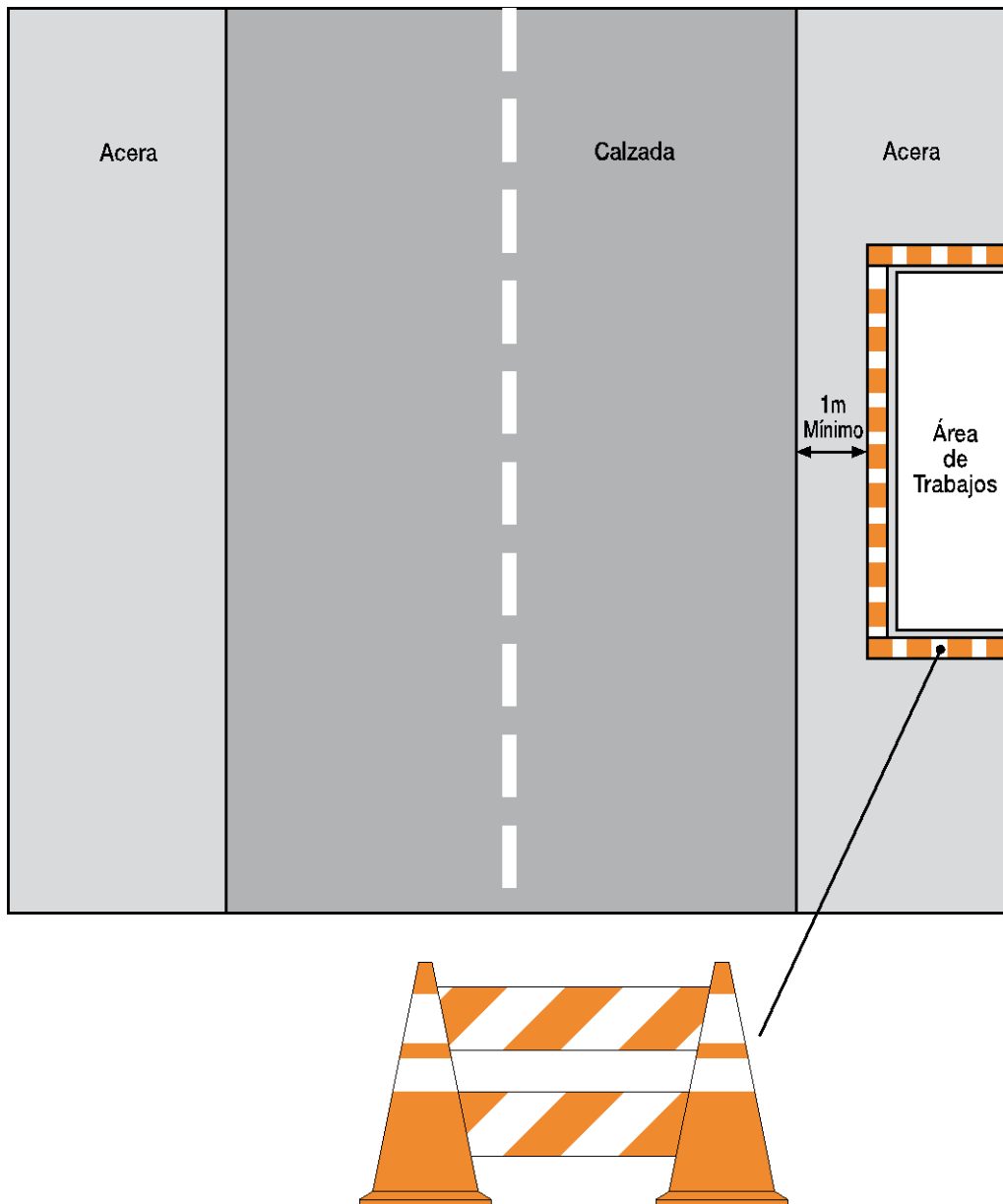
C : Distancia entre Vehículo y Área de Trabajos en trabajos de Corta Duración y/o Móviles (Tabla 5.3-9)

5.7.2 Simbología

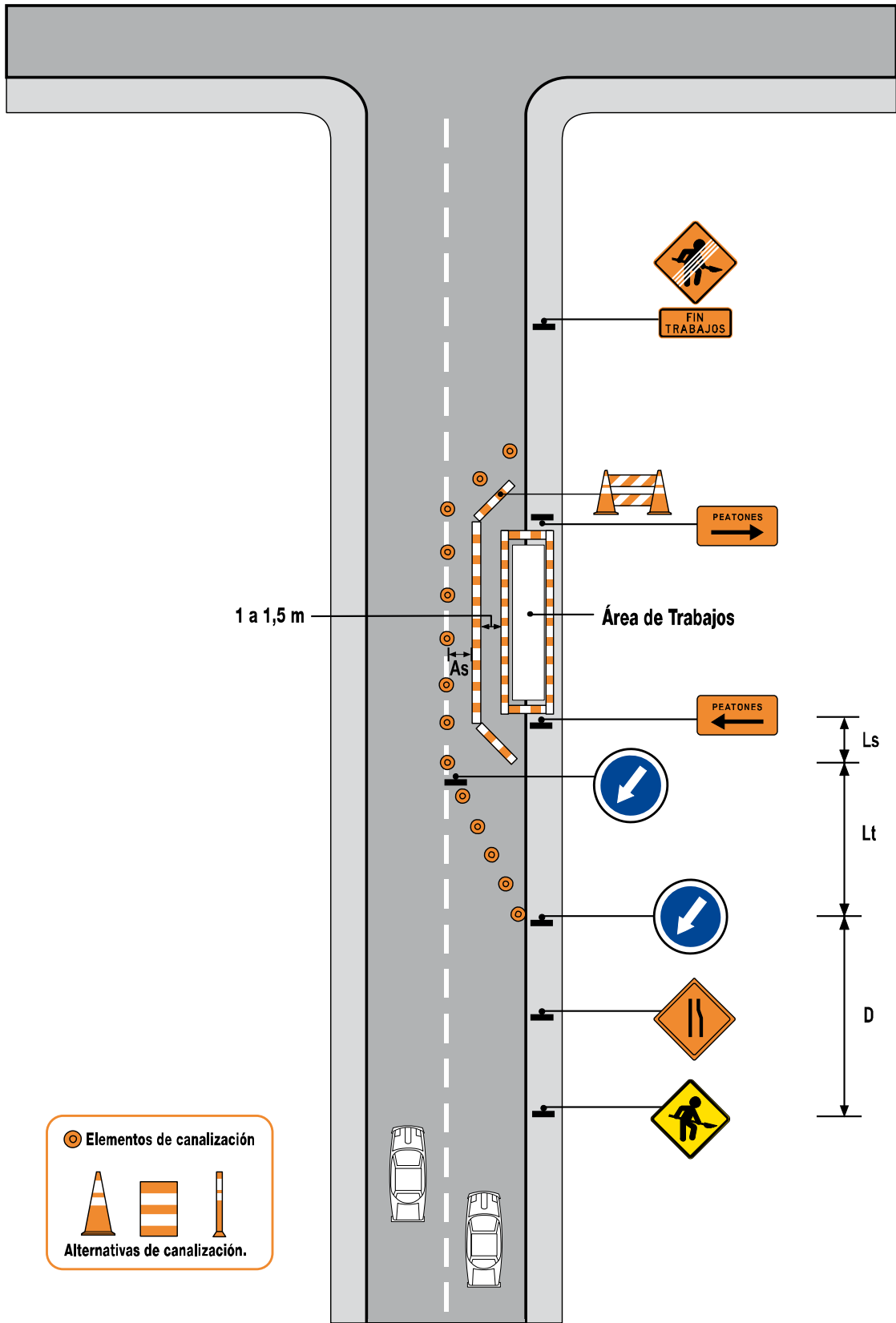


5.7.3 ESQUEMAS TIPO - VÍAS URBANAS

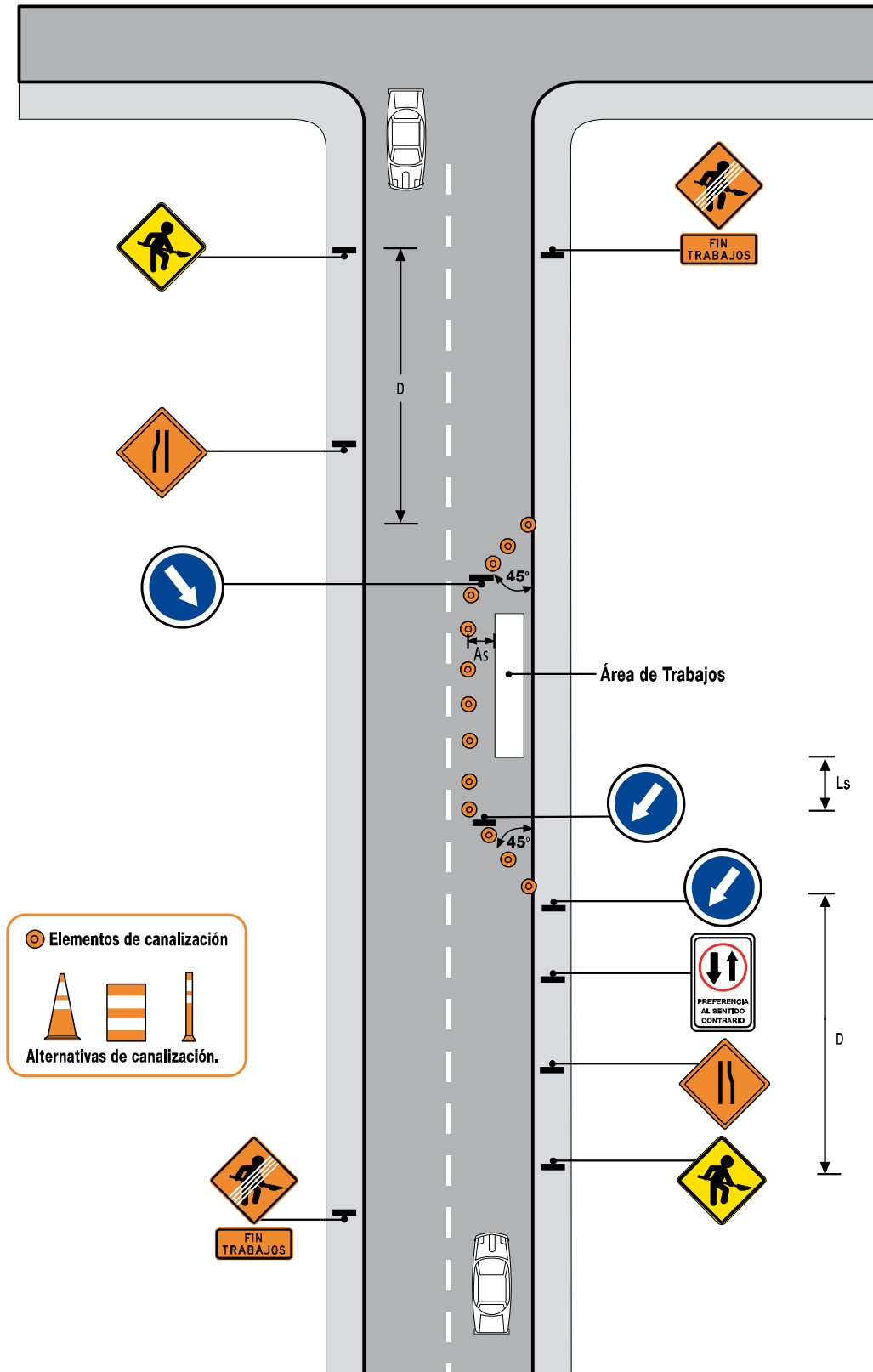
5.7.3.1 Trabajos en Aceras



5.7.3.2 Trabajos en Aceras con Paso Temporal de Peatones por la Calzada



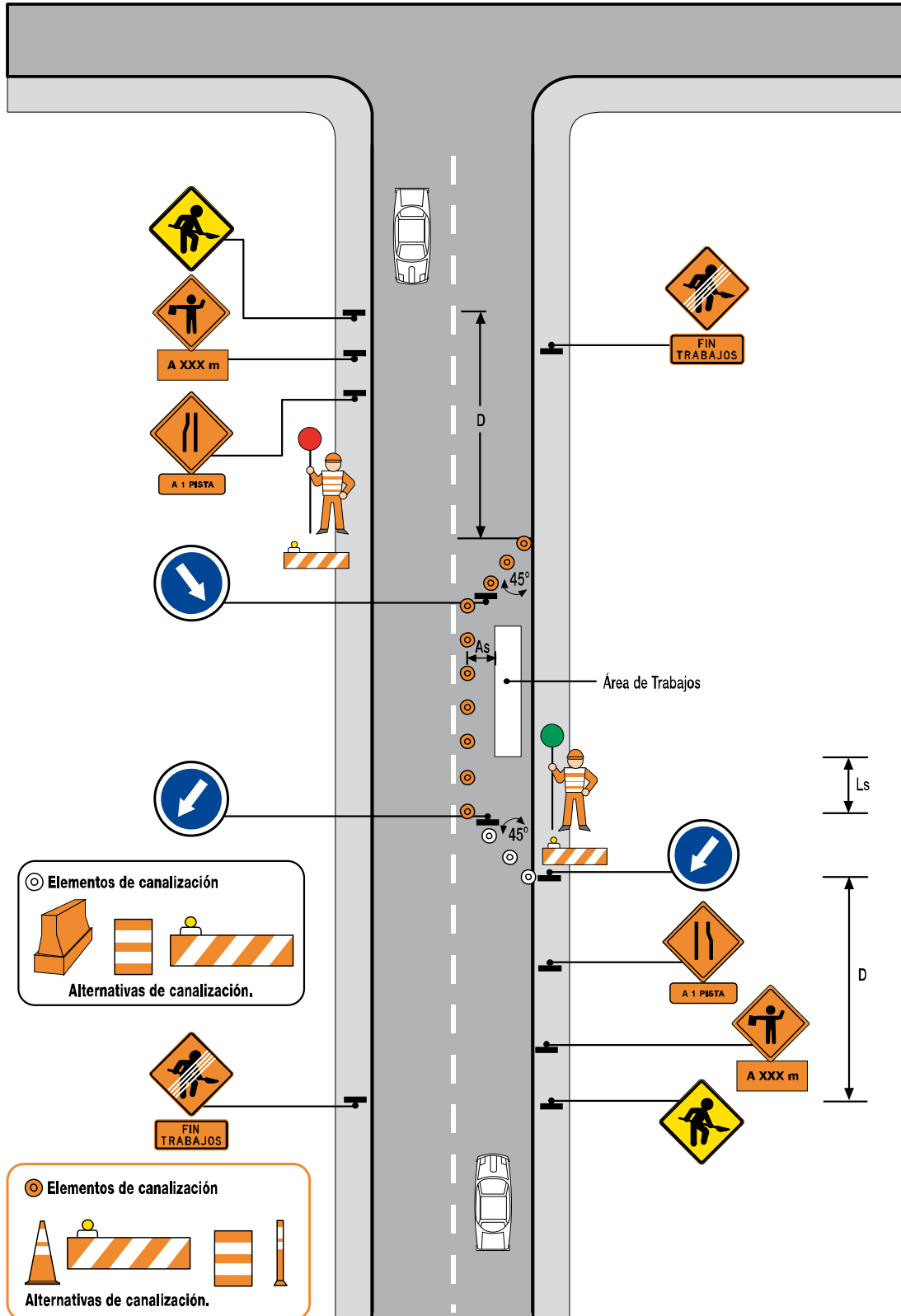
5.7.3.3 Control Vehicular por Medio de Señales que Indiquen Preferencia en el Uso de las Vías



Este esquema es aplicable, siempre y cuando se cumplan cada una de las siguientes condiciones:

- El flujo bidireccional es menor a 800 vehículos/día.
- La distancia L_s + Largo de Trabajo es menor a 75 m.
- Los conductores que se aproximan por ambos sentidos tienen una visibilidad de al menos 100 m desde el lugar donde se ubica la señal TRABAJOS EN LA VÍA (PT-1).

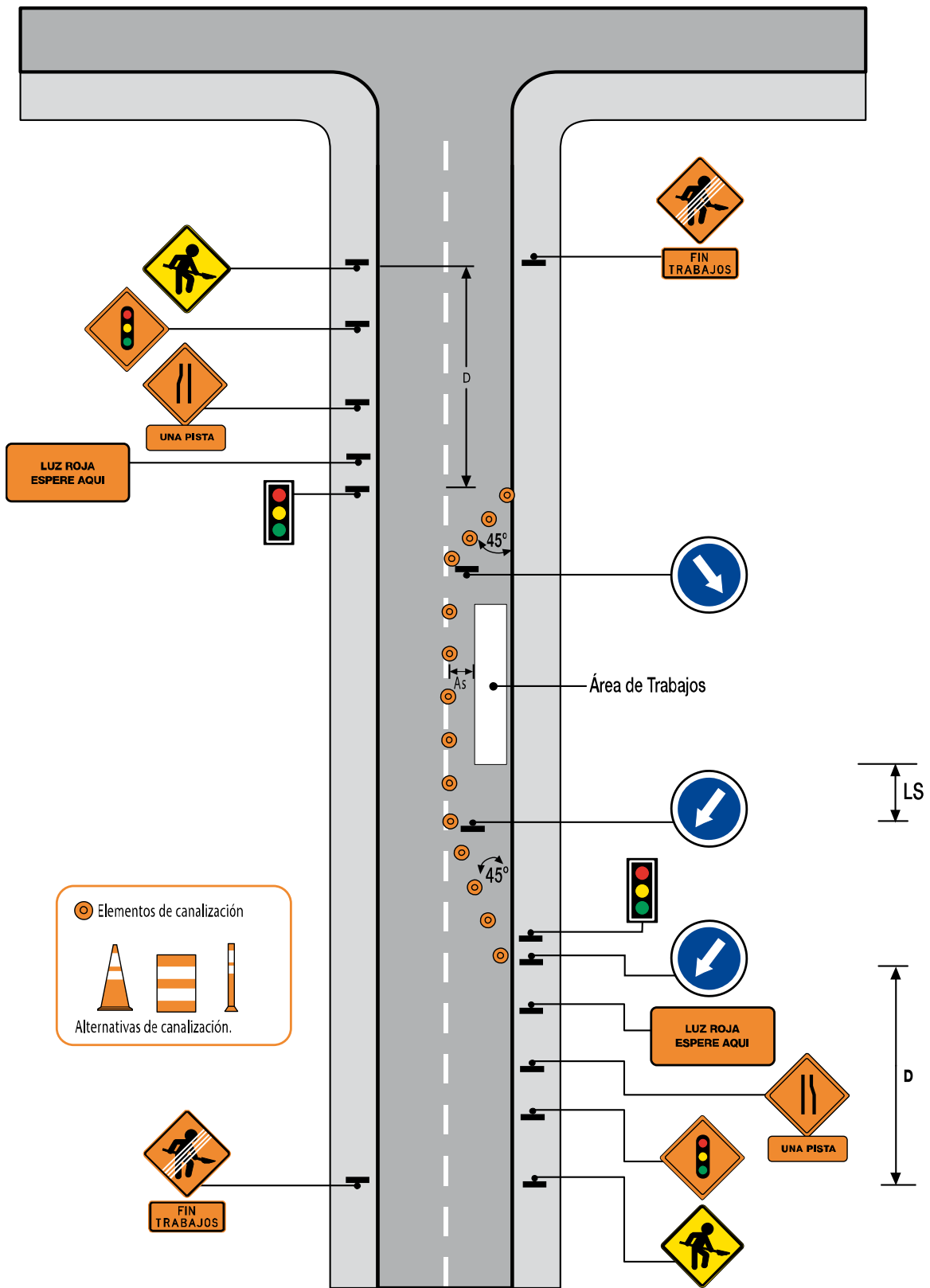
5.7.3.4 Control Vehicular por Medio de Letreros Pare/Siga y Banderero



Este esquema es aplicable, siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

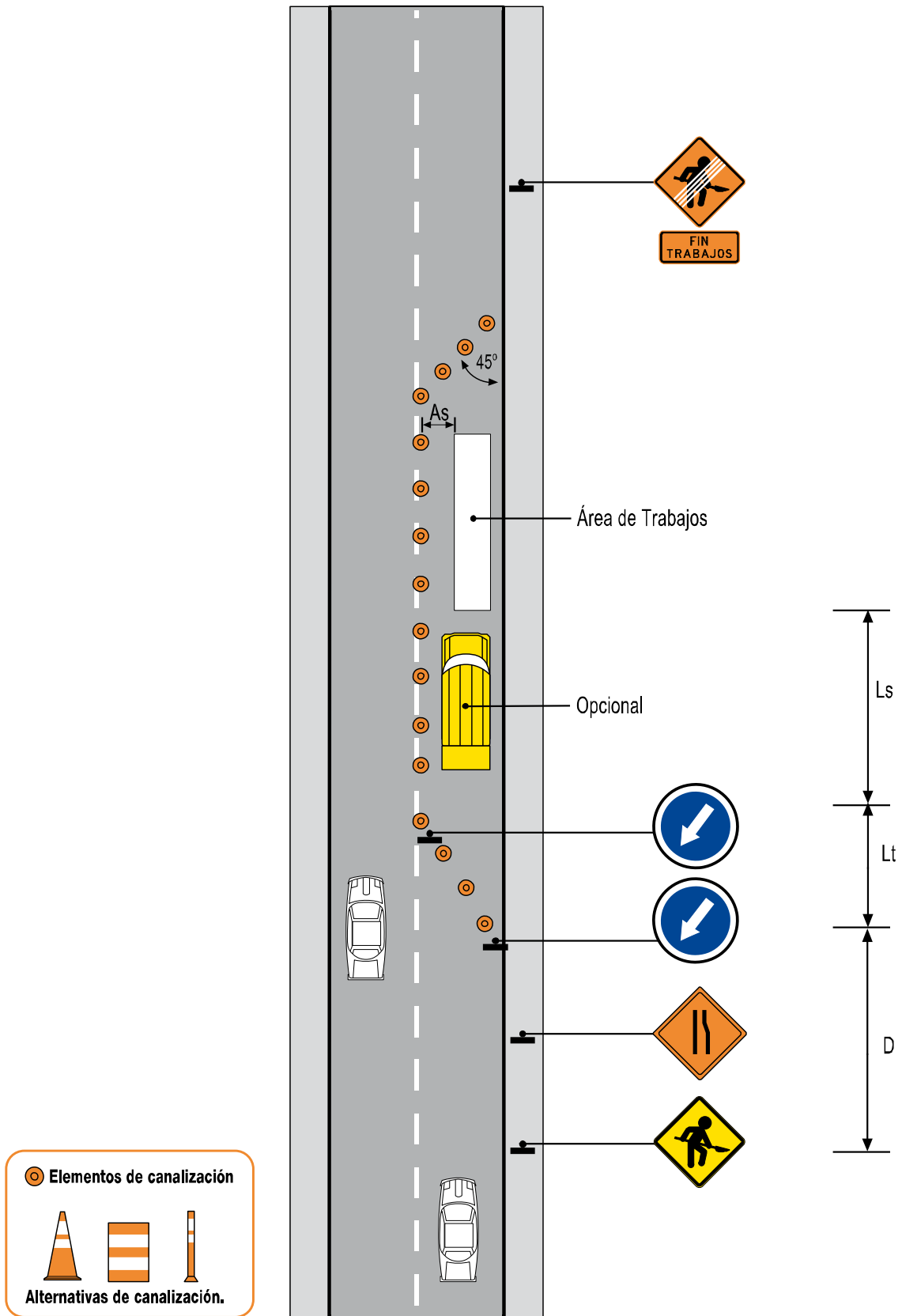
- El flujo bidireccional es menor a 1400 veh/h.
- La distancia $L_s + \text{Largo Trabajo}$ es mayor a 100 m.

5.7.3.5 Control de Tráfico por Medio de Semáforos

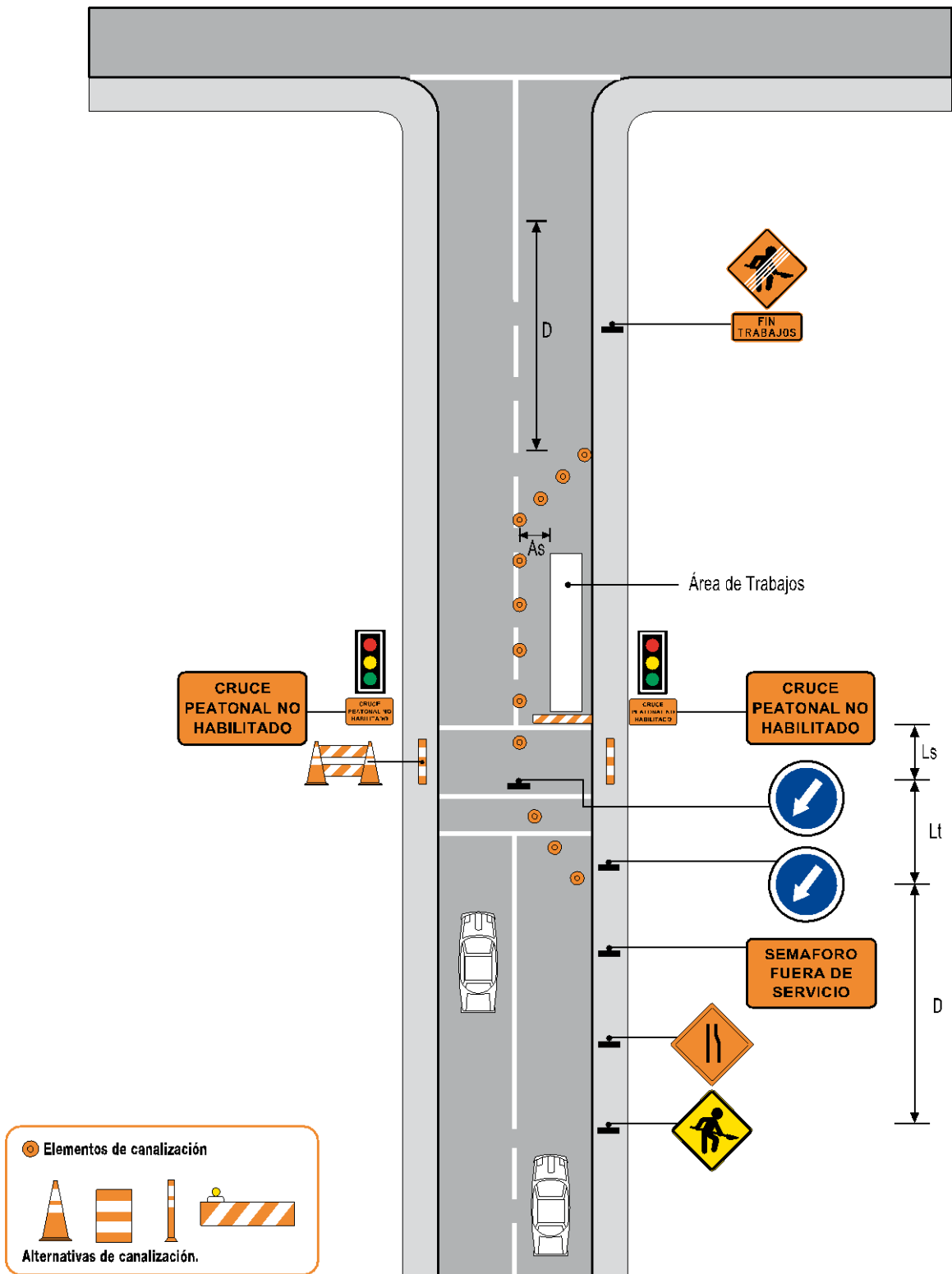


Este esquema se puede aplicar cuando el Largo de Trabajo + L_s supere los 200 m.

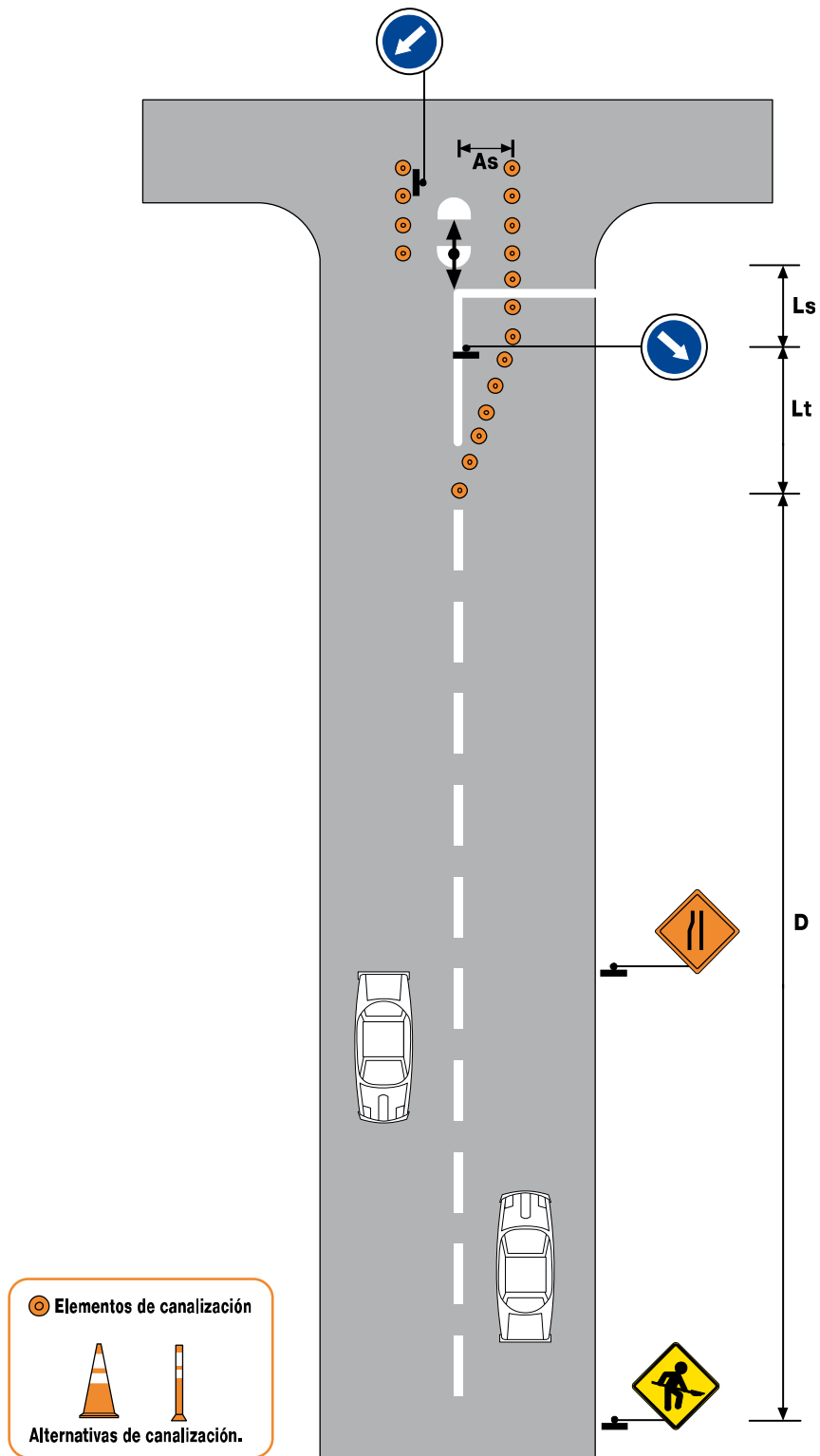
5.7.3.6 Trabajos en Vías de una Calzada Unidireccional



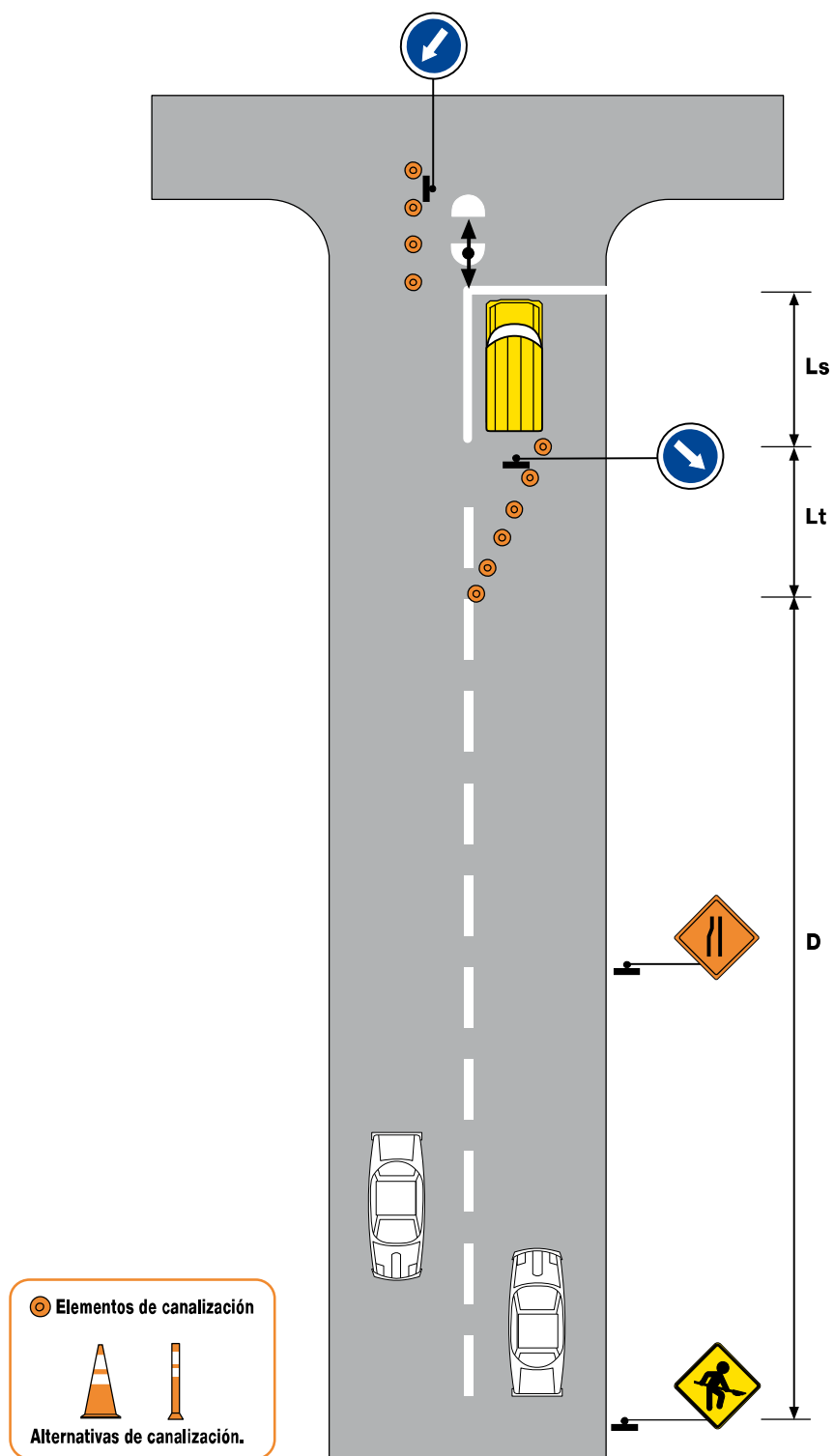
5.7.3.7 Trabajos en Paso Peatonal Semaforizado



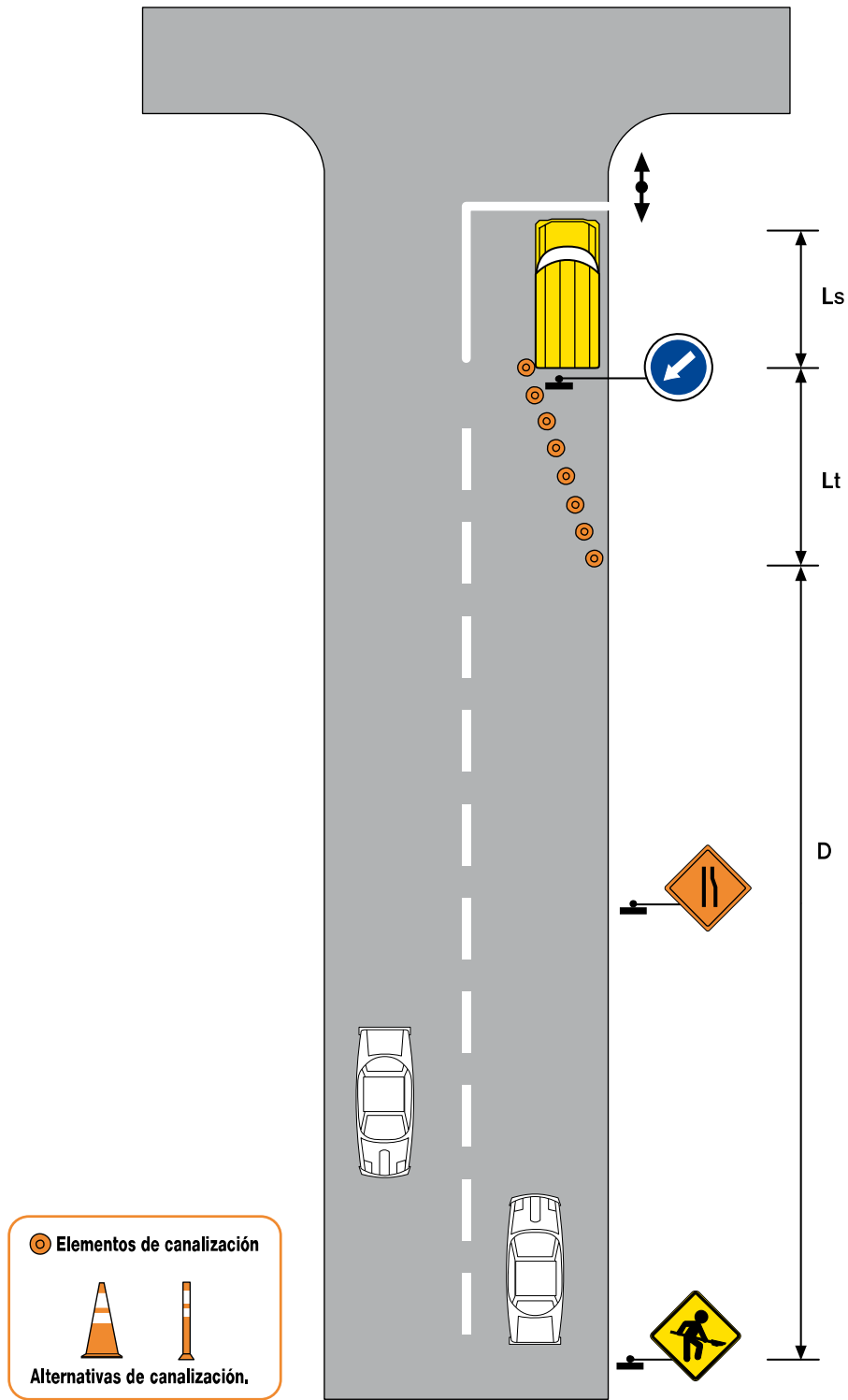
5.7.3.8 Trabajos en Semáforos



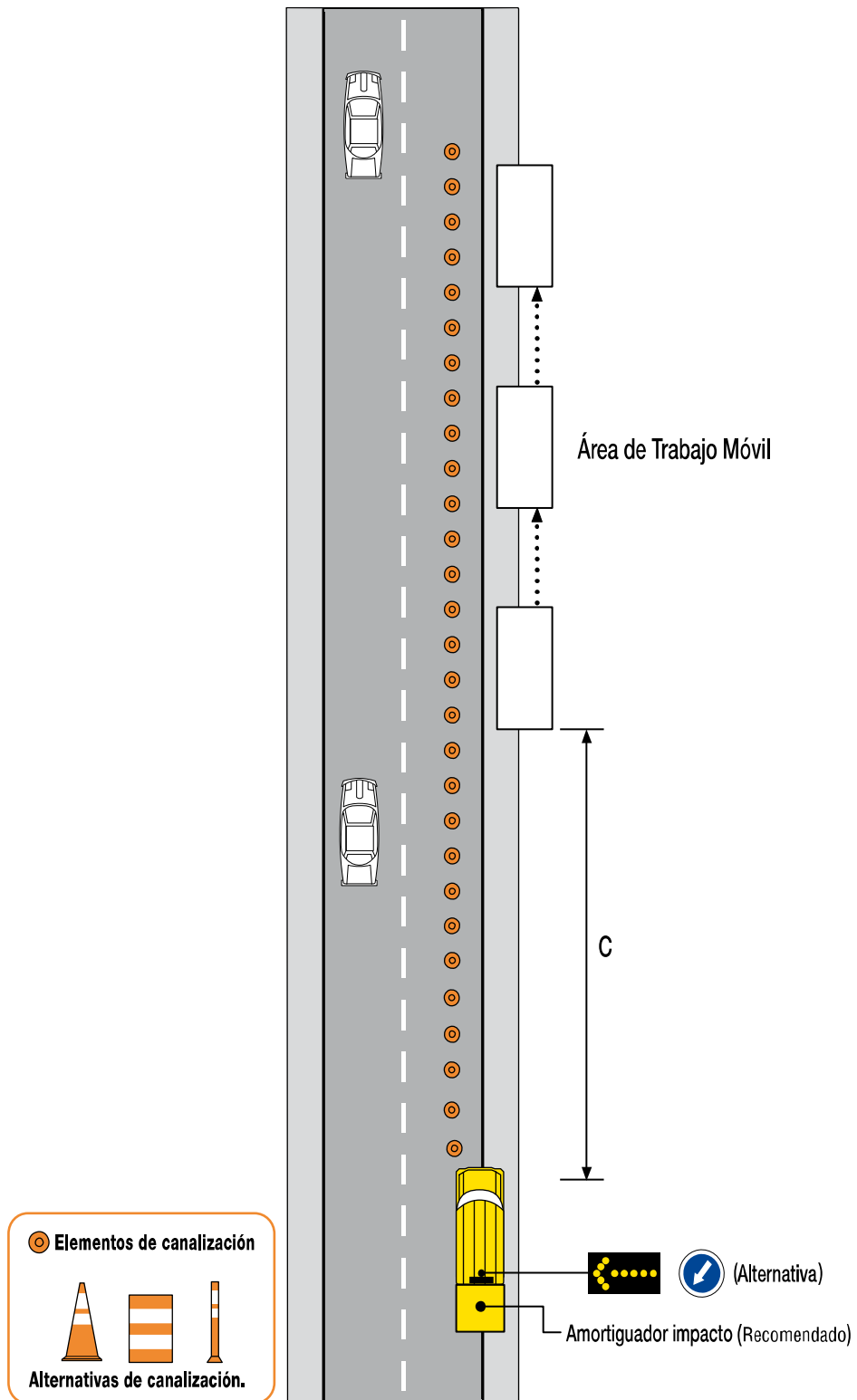
5.7.3.9 Trabajos en Semáforos



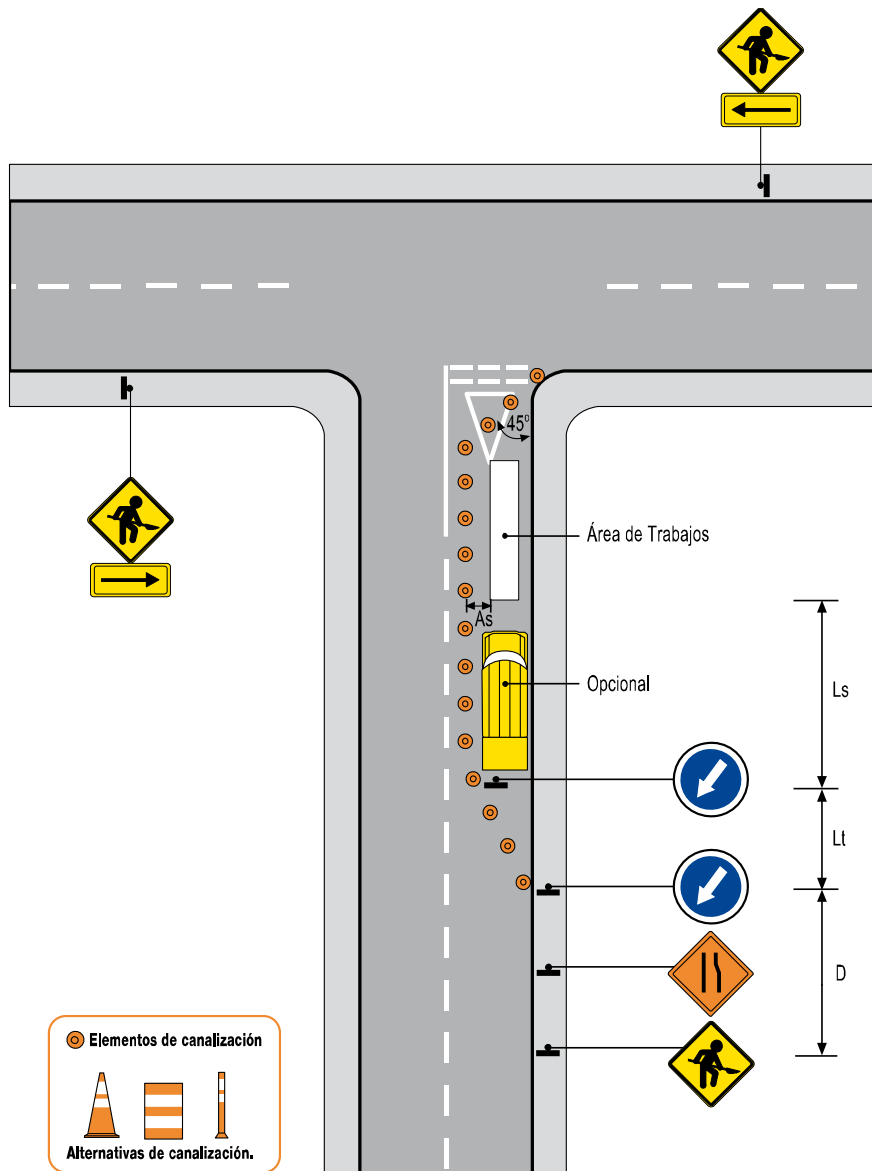
5.7.3.10 Trabajos en Semáforos



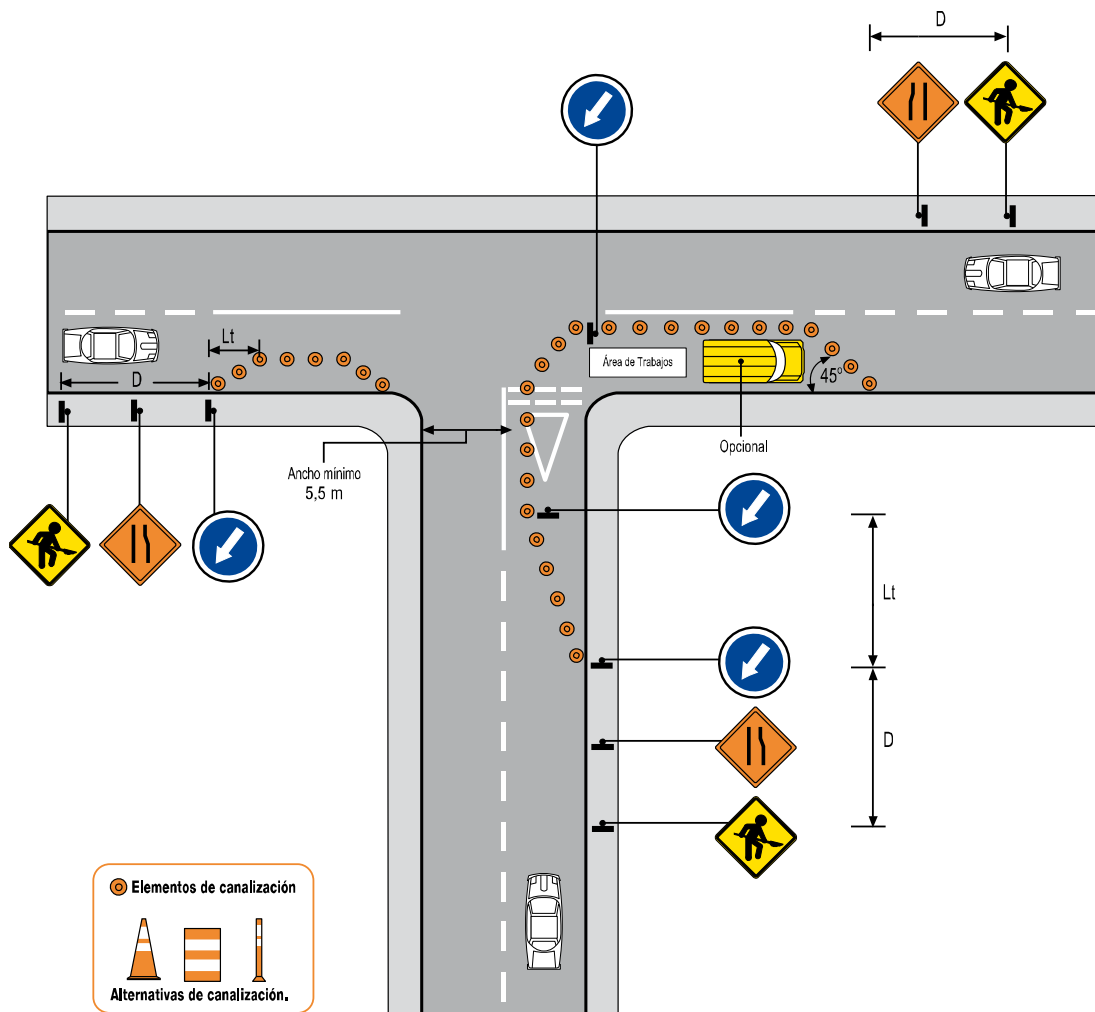
5.7.3.11 Trabajos de Corta Duración y/o Móviles en Vía Unidireccional



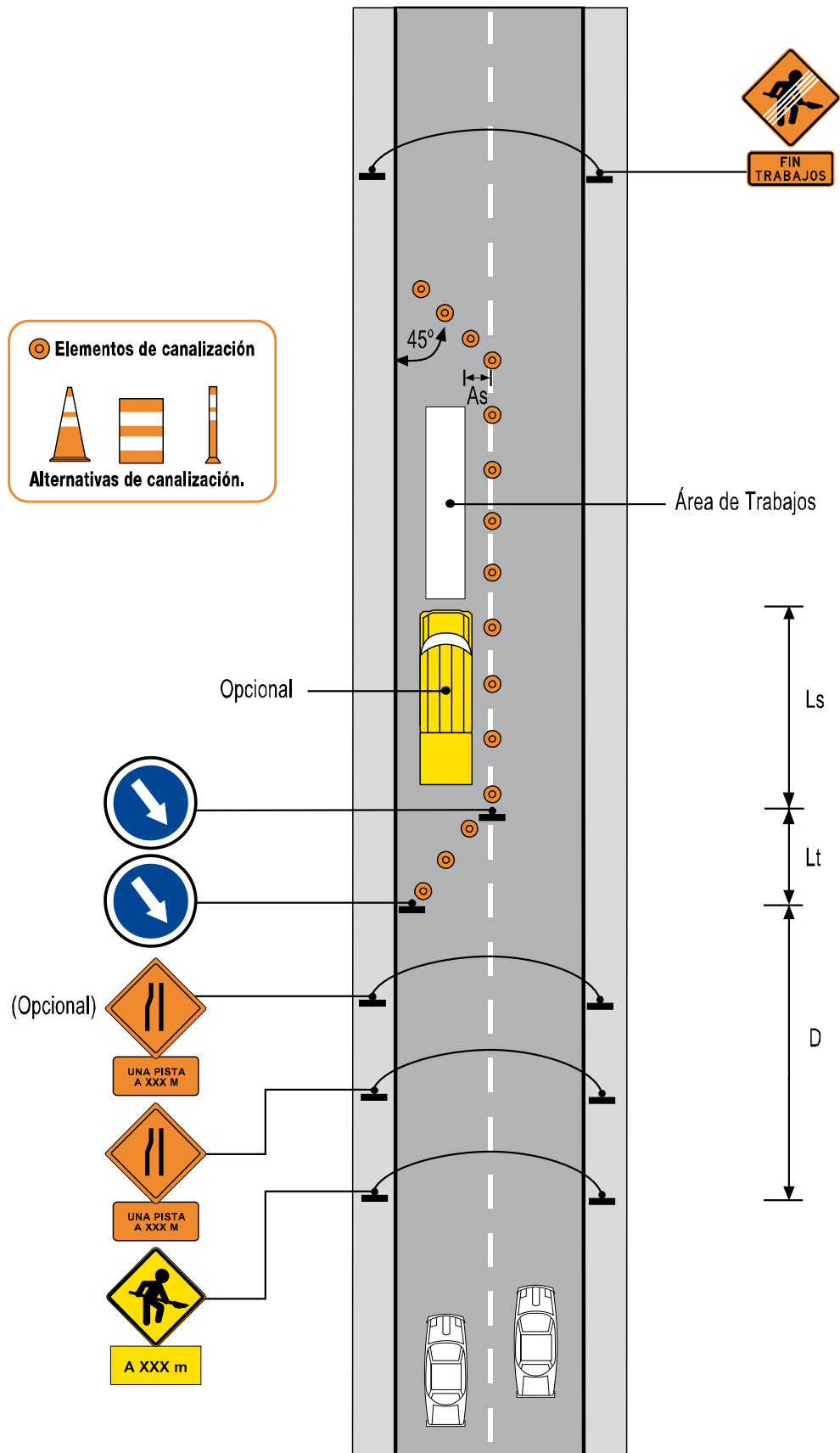
5.7.3.12 Trabajos en Intersecciones



5.7.3.13 Trabajos en Intersecciones

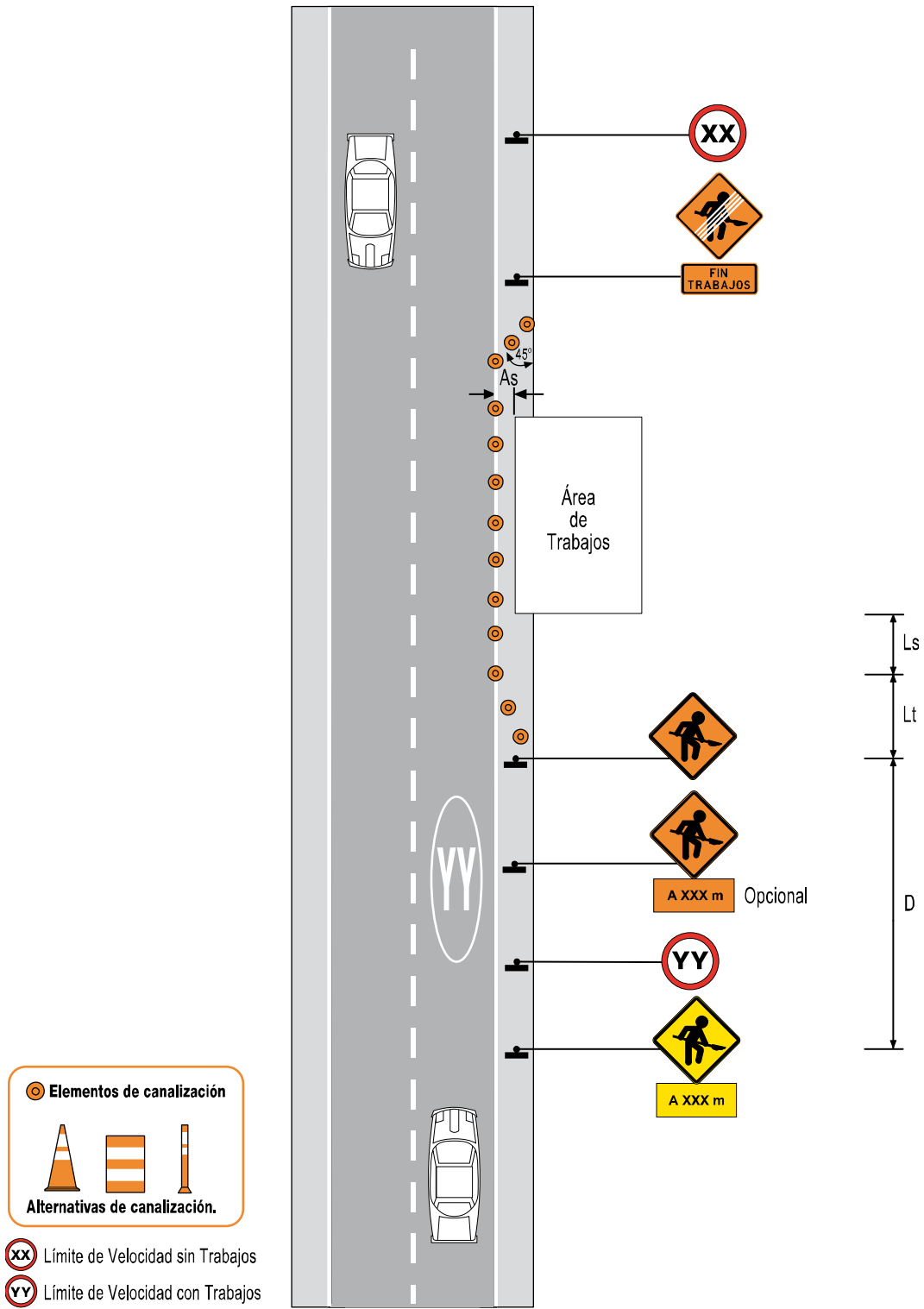


5.7.3.14 Cierre Pista Izquierda en Calzada Unidireccional

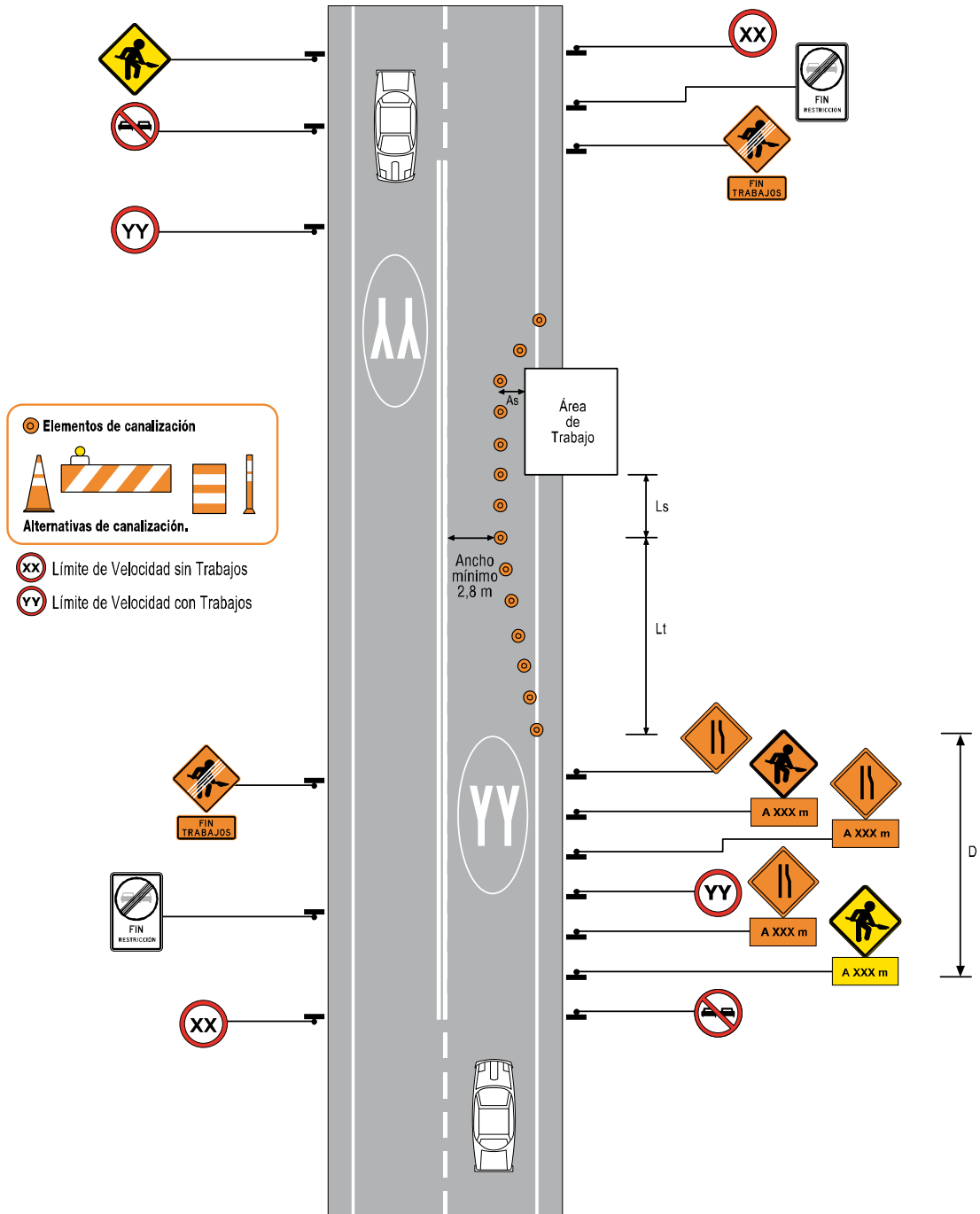


5.7.4 ESQUEMAS TIPO - VÍAS RURALES

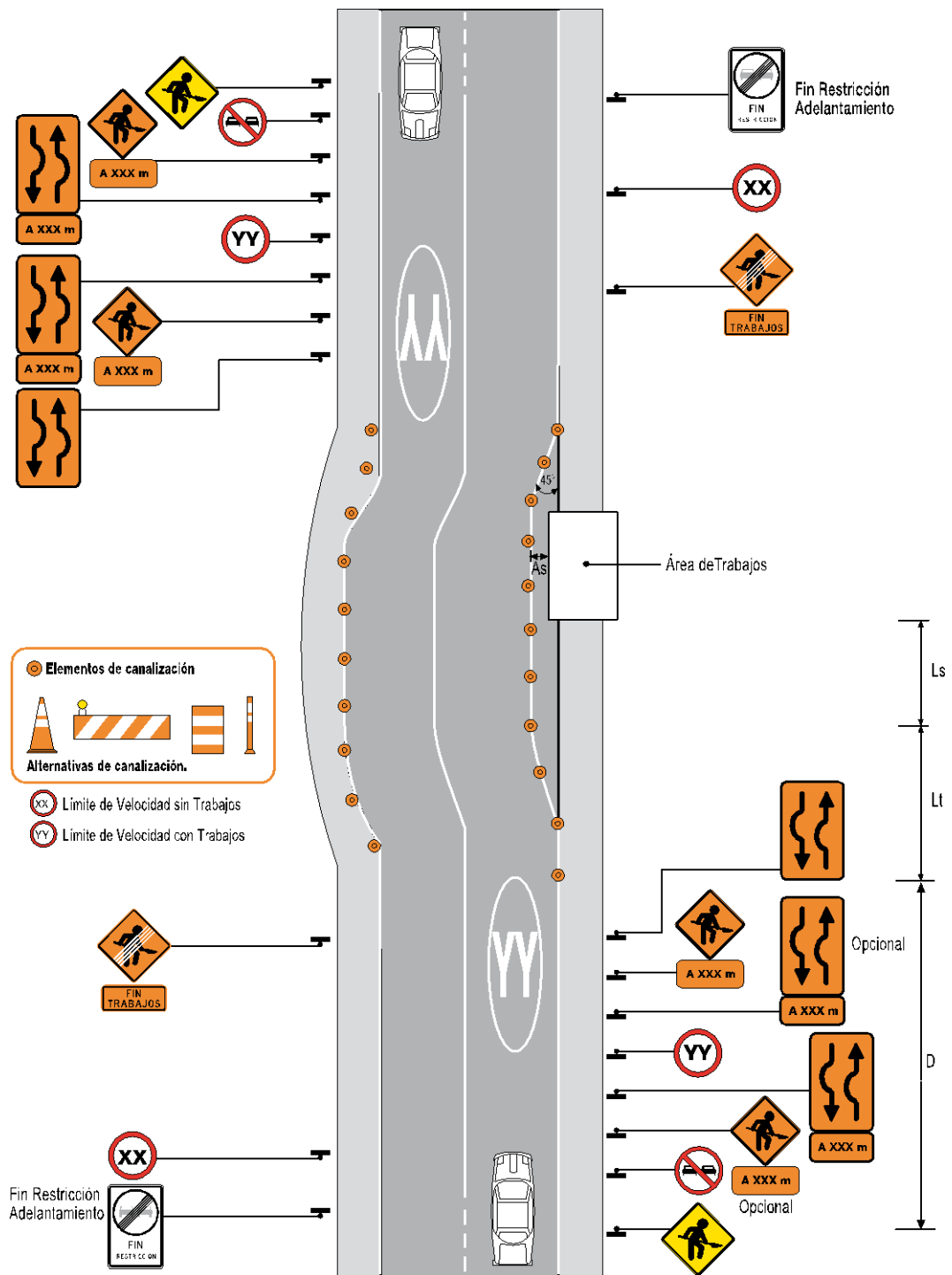
5.7.4.1 Trabajo en la Berma Calzada Bidireccional



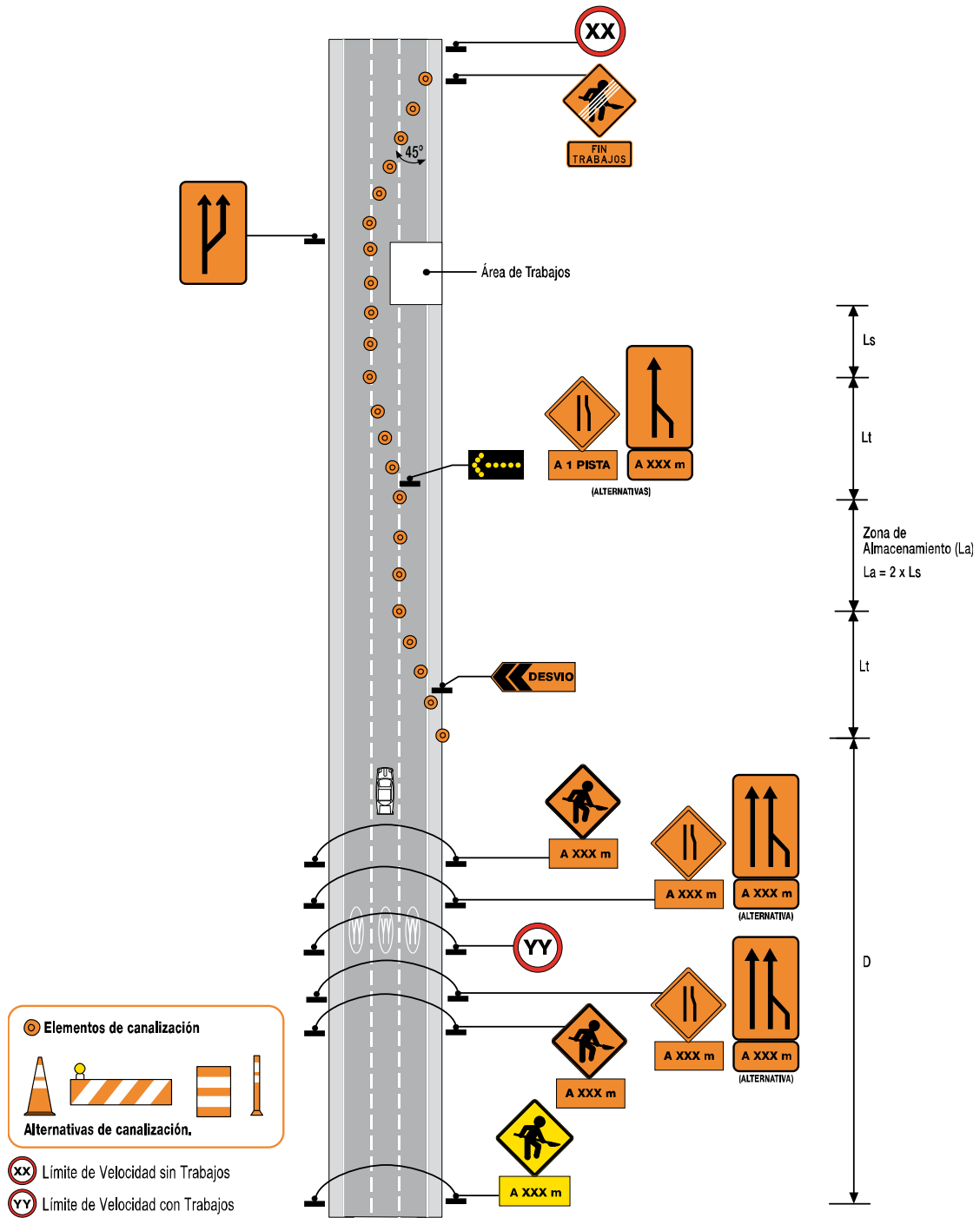
5.7.4.2 Trabajo en la Berma y Pista



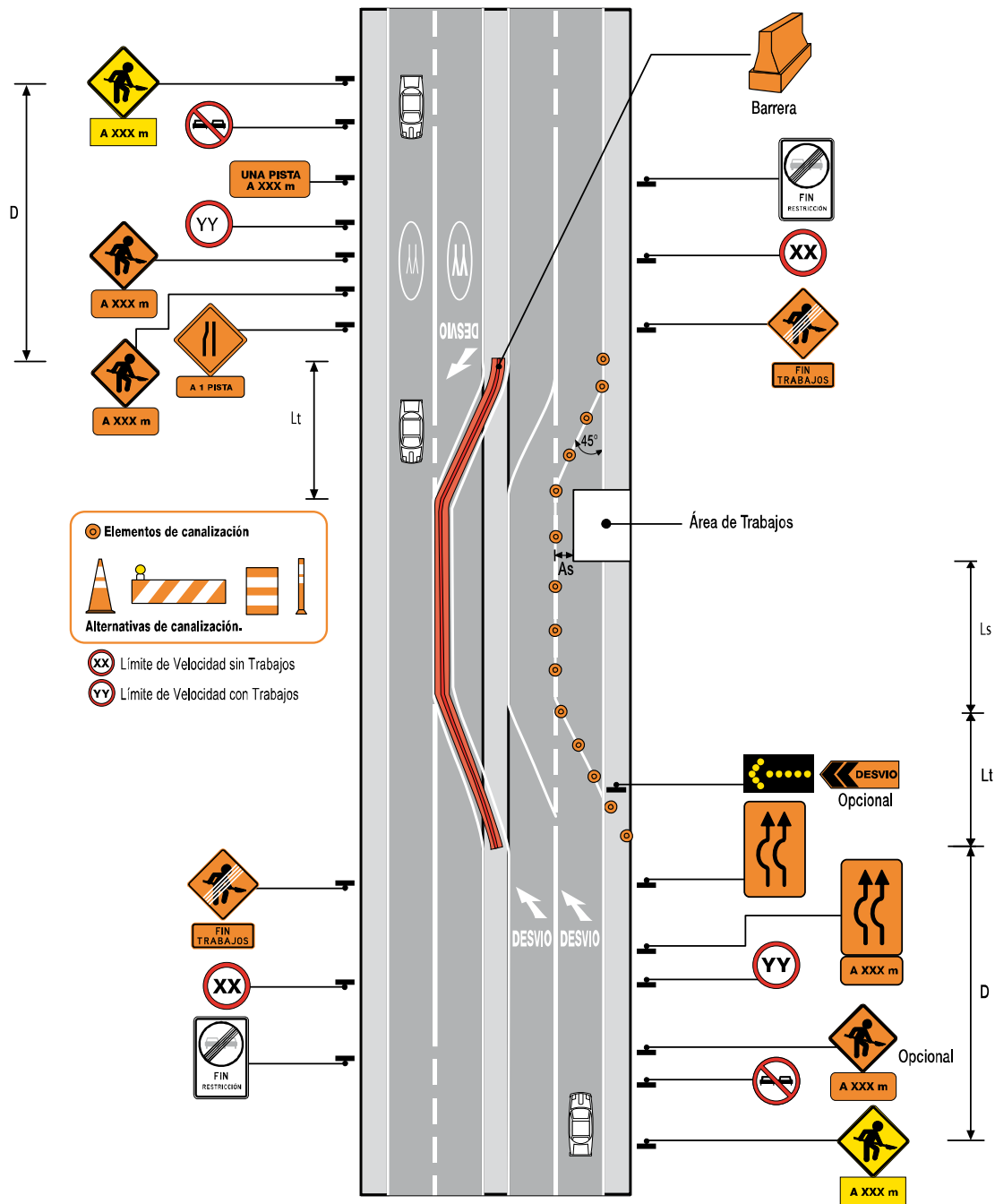
5.7.4.3 Trabajo en la Berma y Parte de Pista



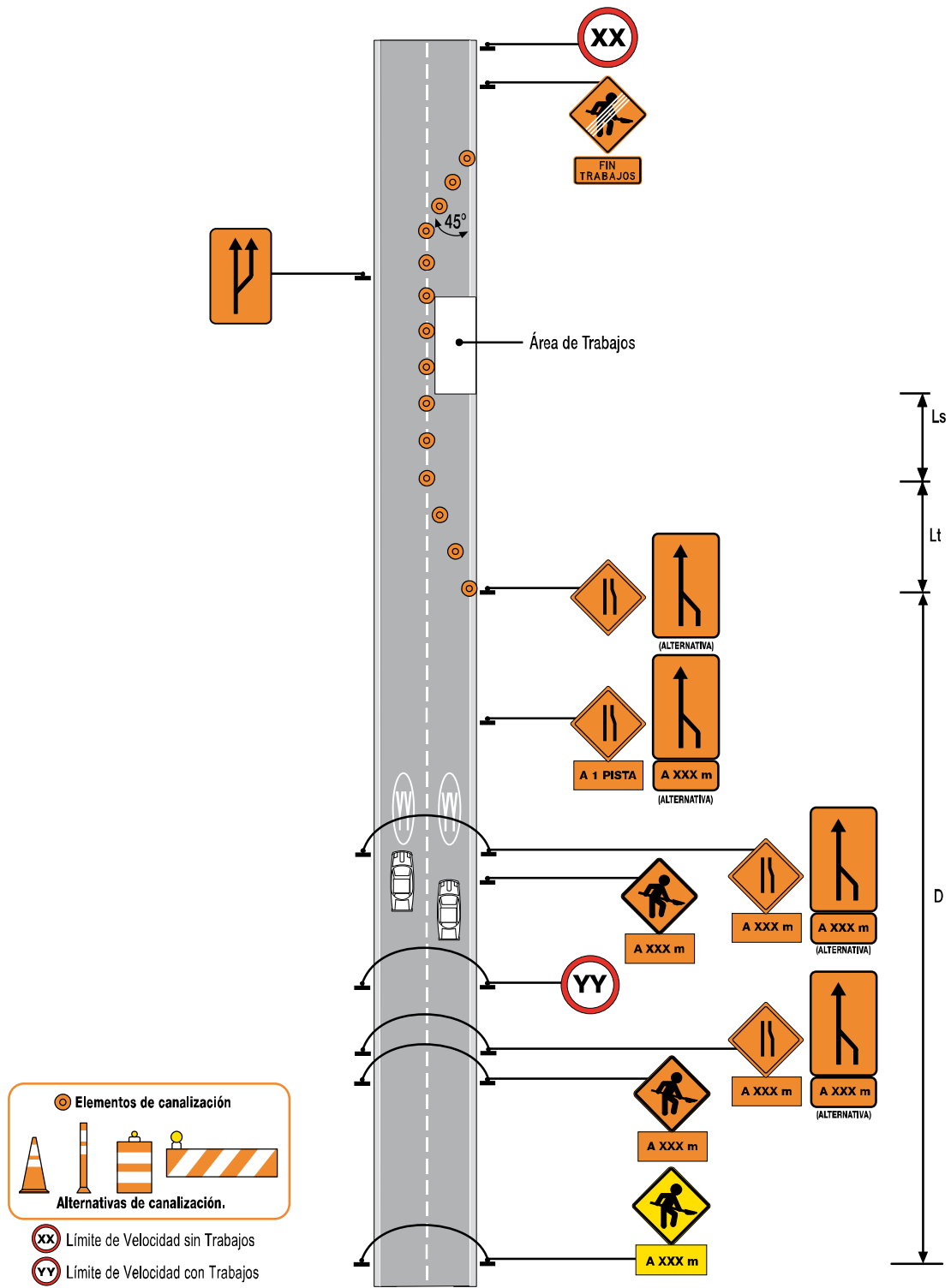
5.7.4.4 Trabajos en Berma y dos Pistas



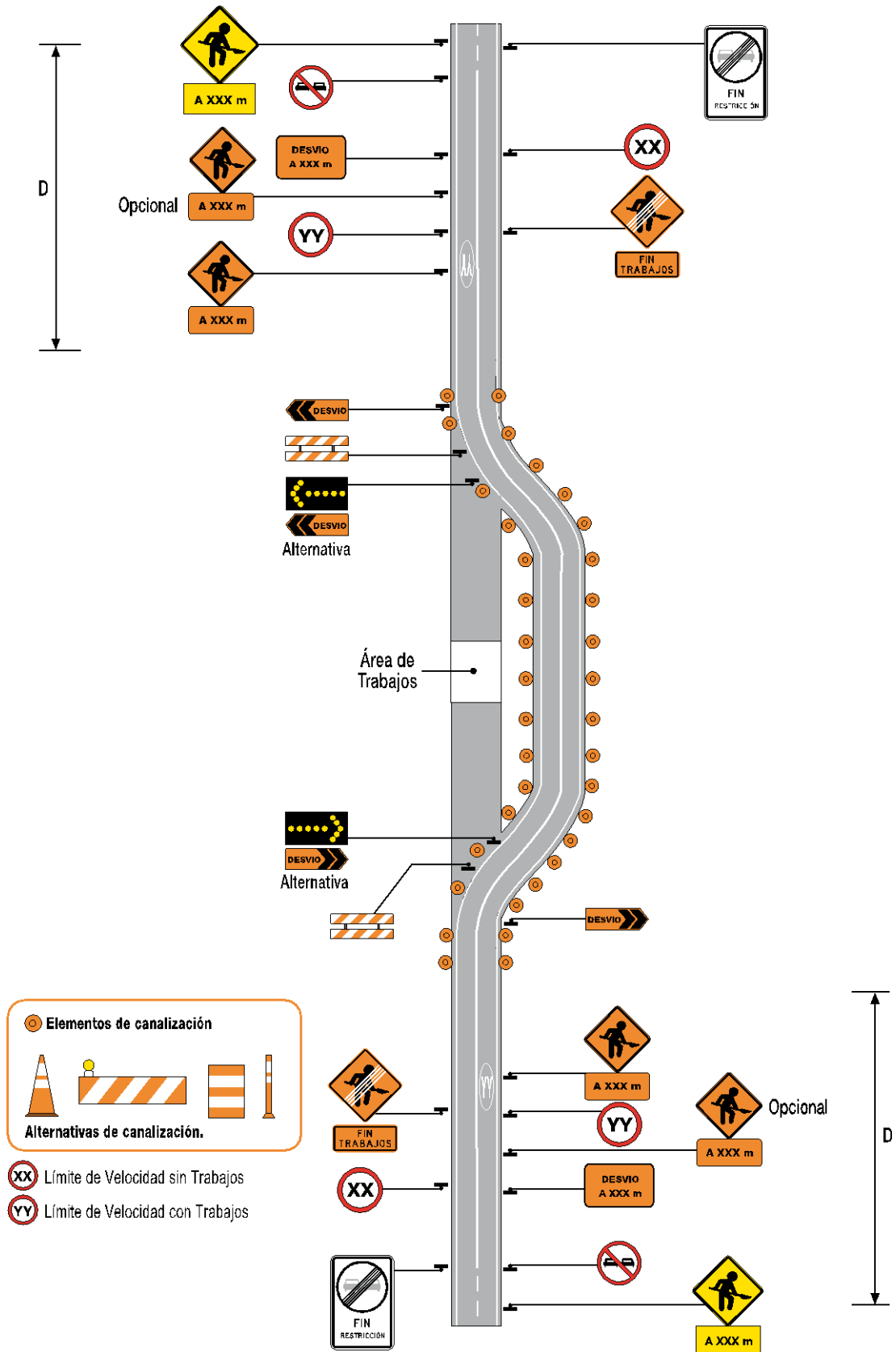
5.7.4.5 Trabajo Ocupando la Berma y una Pista en Doble Calzada



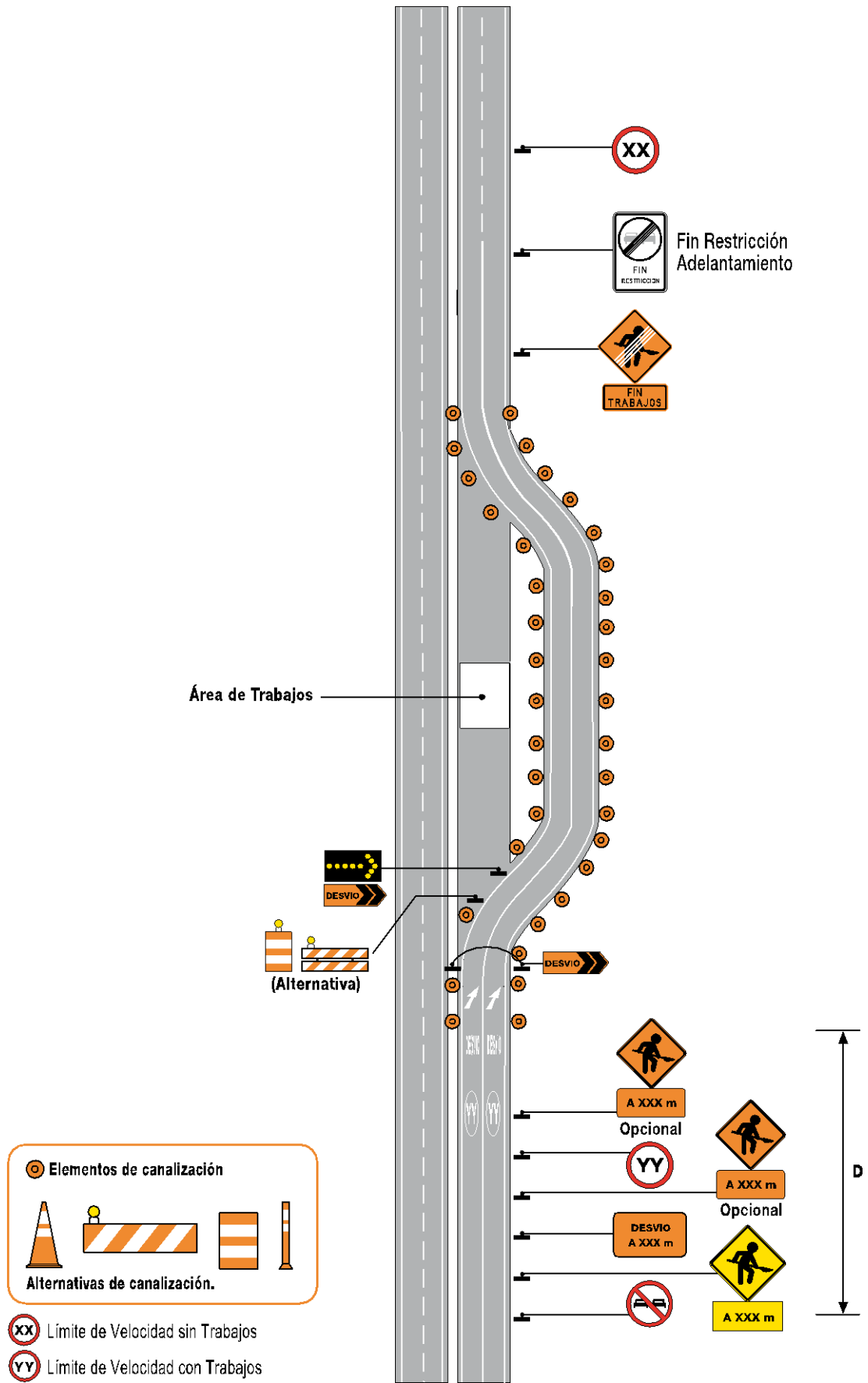
5.7.4.6 Cierre de Pista Derecha en Calzada Unidireccional de Dos Pistas



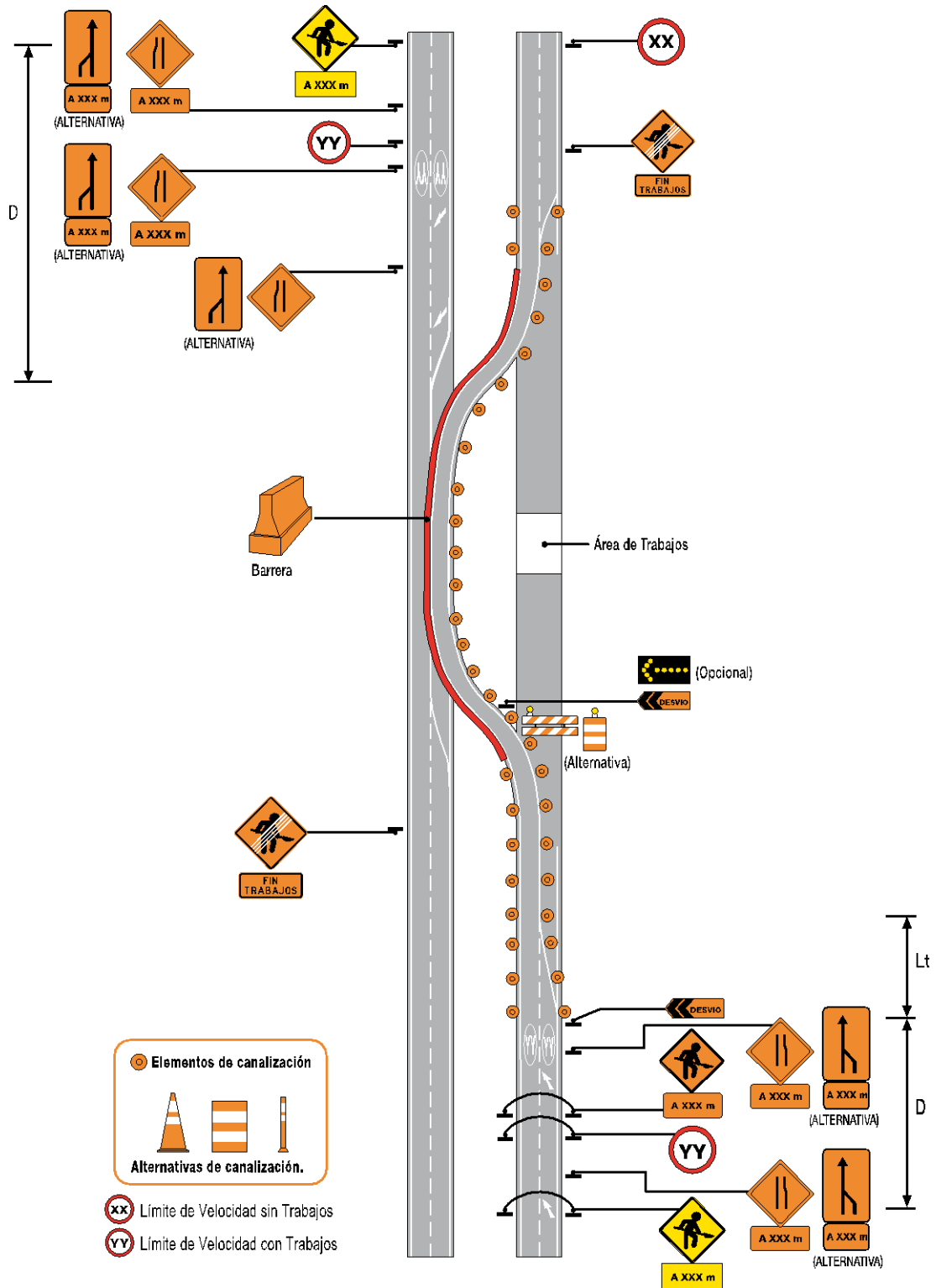
5.7.4.7 Desvío por Cierre de Calzada Simple



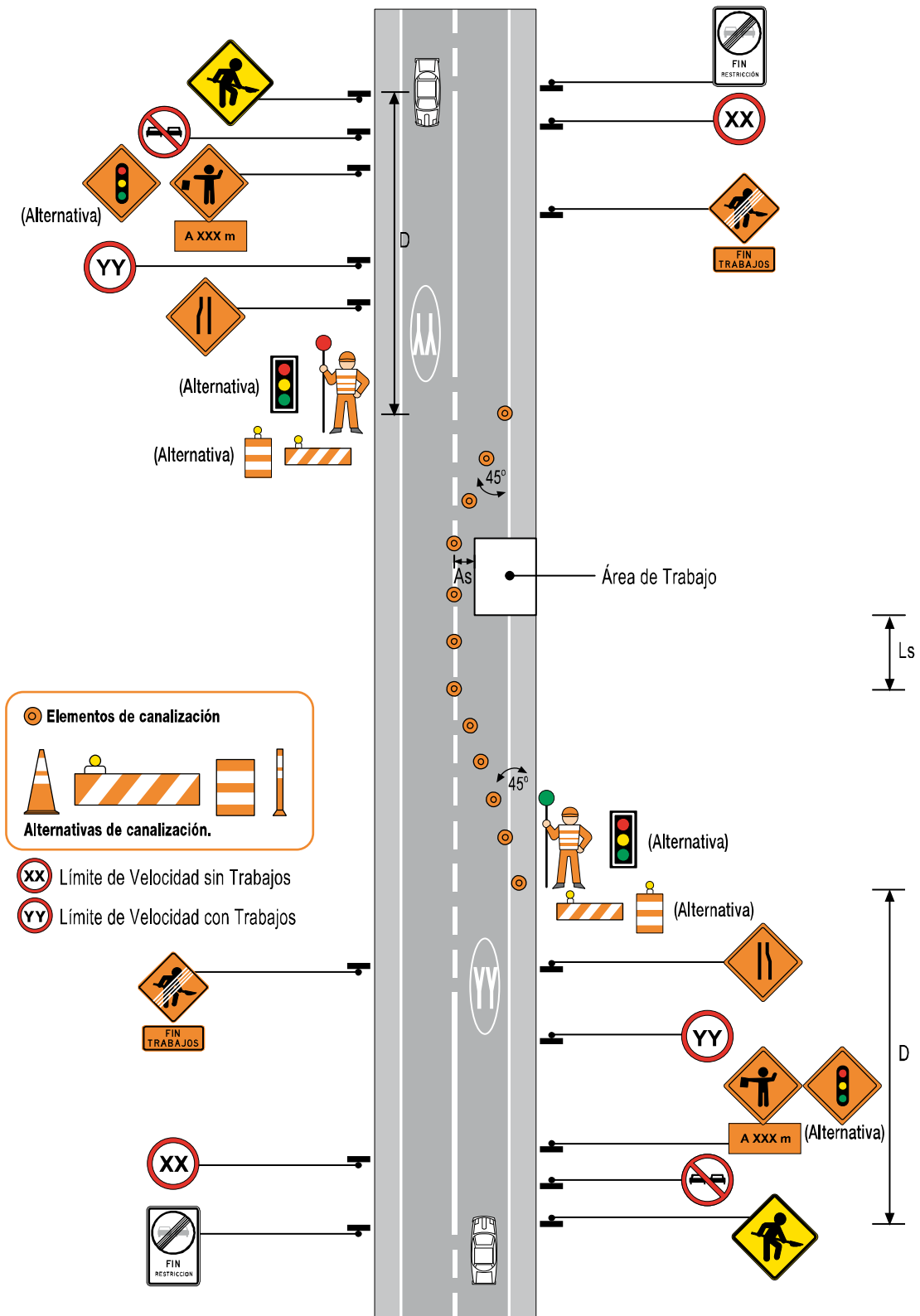
5.7.4.8 Desvío por Cierre Calzada de Doble Calzada



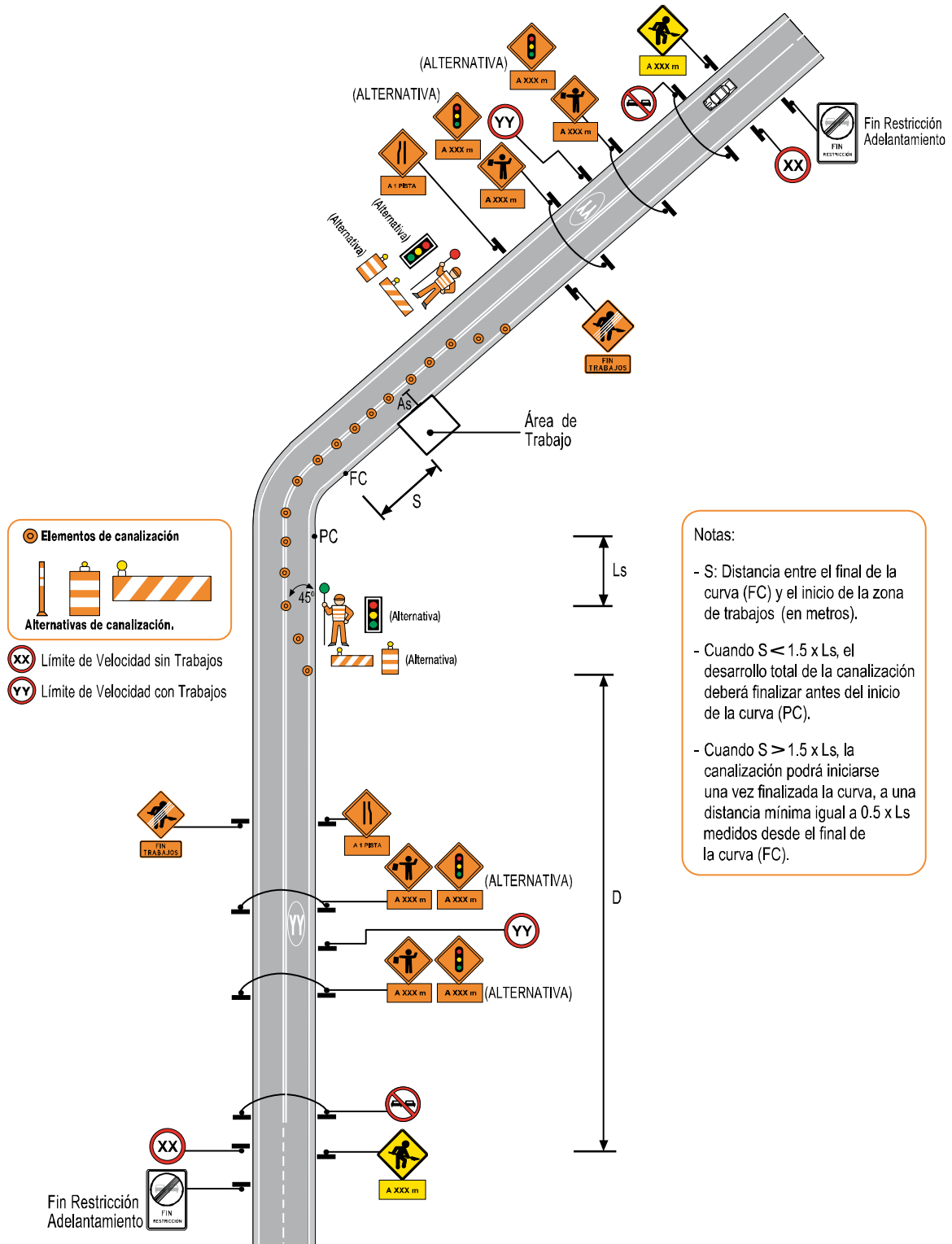
5.7.4.9 Desvío en Doble Calzada por Calzada Opuesta



5.7.4.10 Control de Tráfico con Banderero o Semáforo



5.7.4.11 Control de Tráfico con Banderero o Semáforo en Curva



Elementos de canalización

Alternativas de canalización.

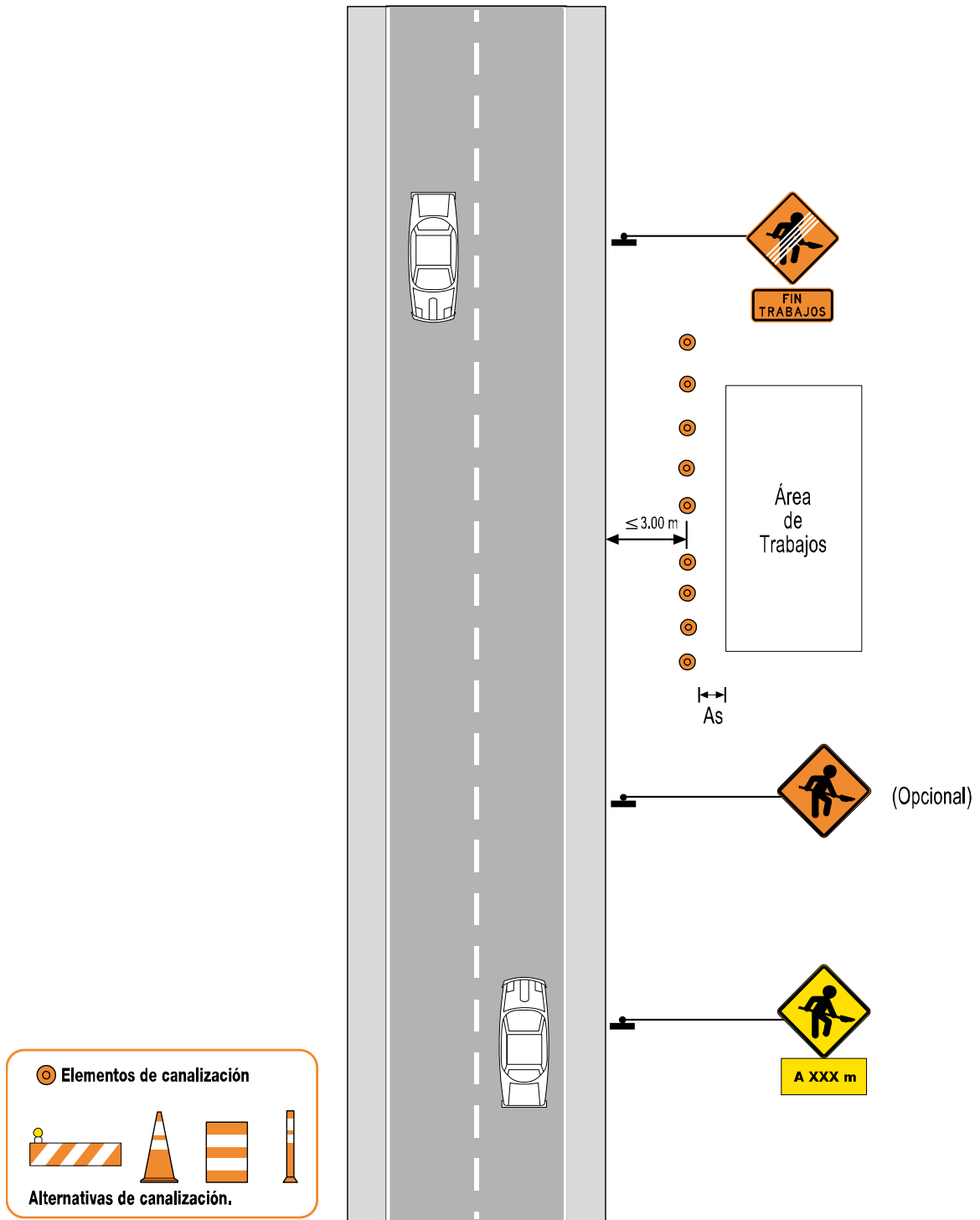
XX Límite de Velocidad sin Trabajos

YY Límite de Velocidad con Trabajos

Notas:

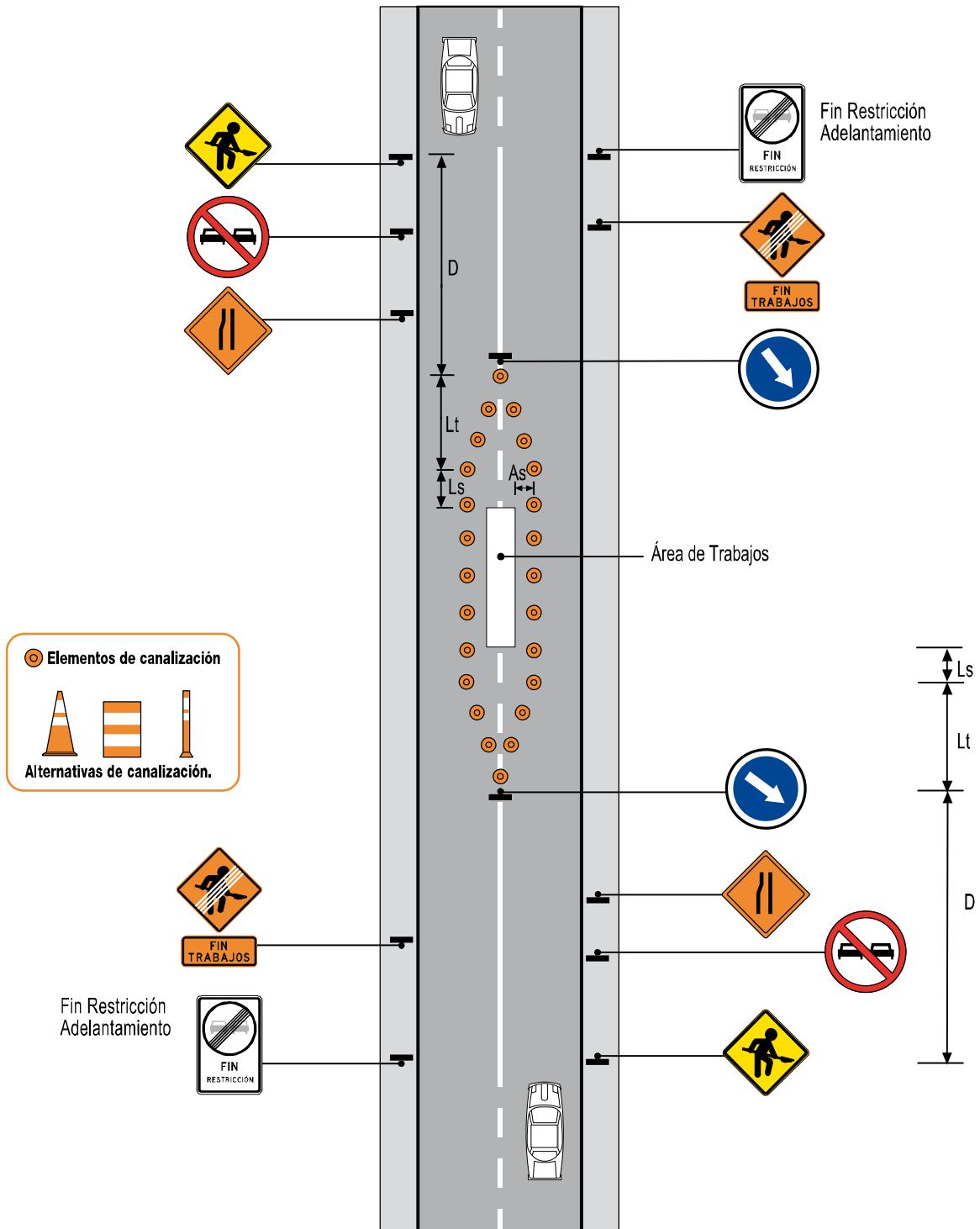
- S : Distancia entre el final de la curva (FC) y el inicio de la zona de trabajos (en metros).
- Cuando $S < 1.5 \times L_s$, el desarrollo total de la canalización deberá finalizar antes del inicio de la curva (PC).
- Cuando $S > 1.5 \times L_s$, la canalización podrá iniciarse una vez finalizada la curva, a una distancia mínima igual a $0.5 \times L_s$ medidos desde el final de la curva (FC).

5.7.4.12 Trabajo Exterior Plataforma

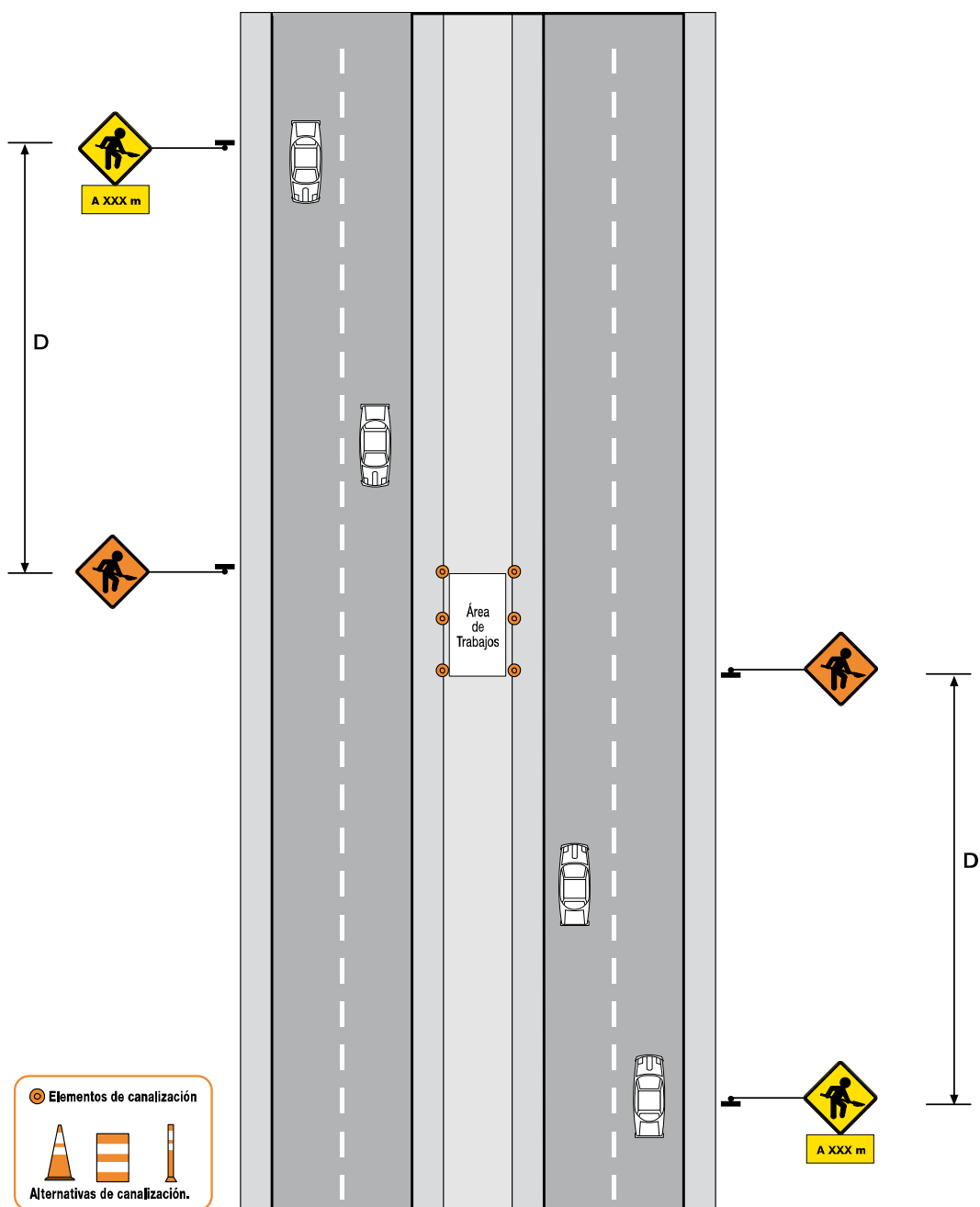


5.7.5 ESQUEMAS TIPO - VÍAS URBANAS Y/O RURALES

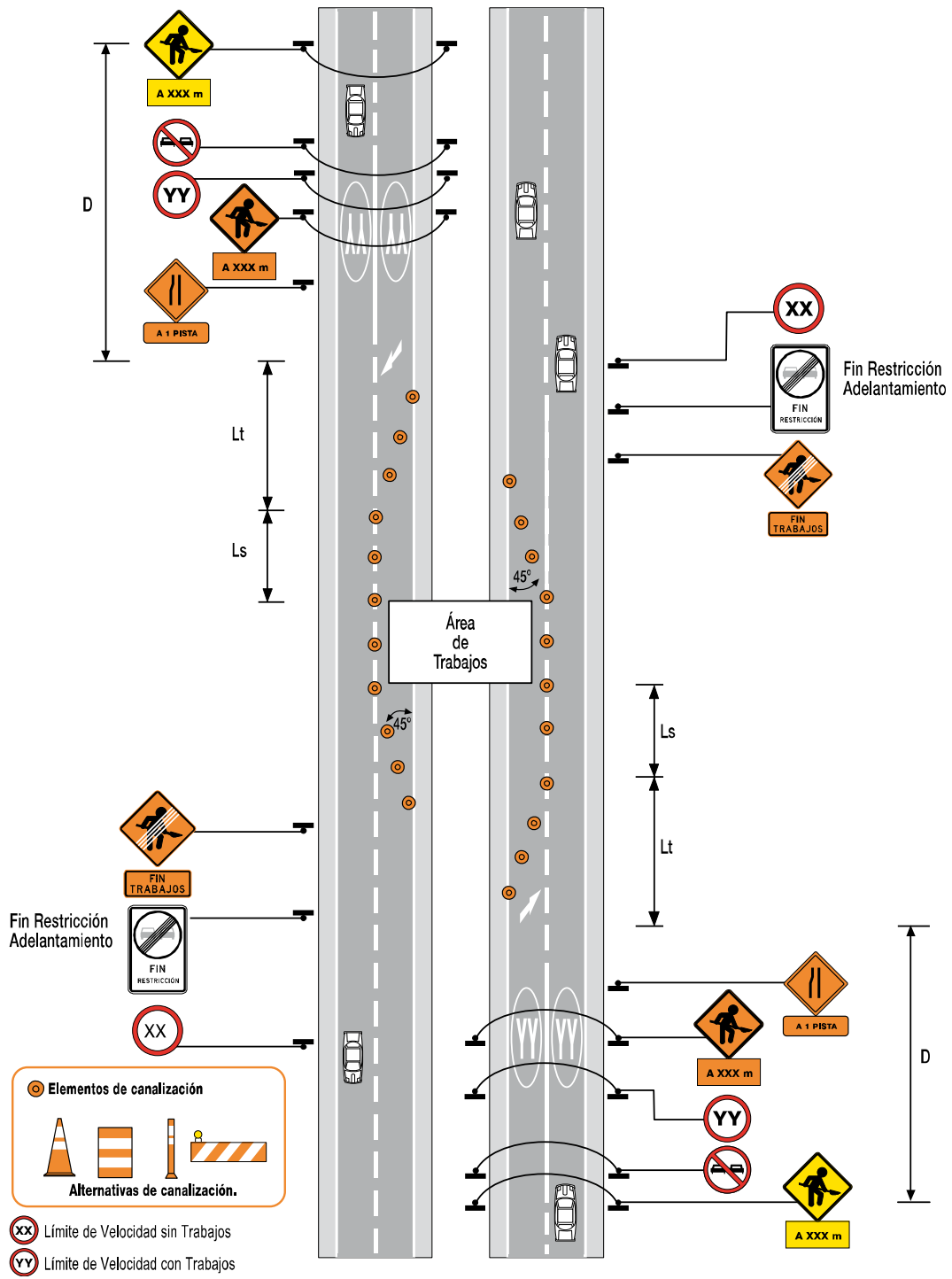
5.7.5.1 Trabajos en el Centro de una Calzada Bidireccional de dos Pistas



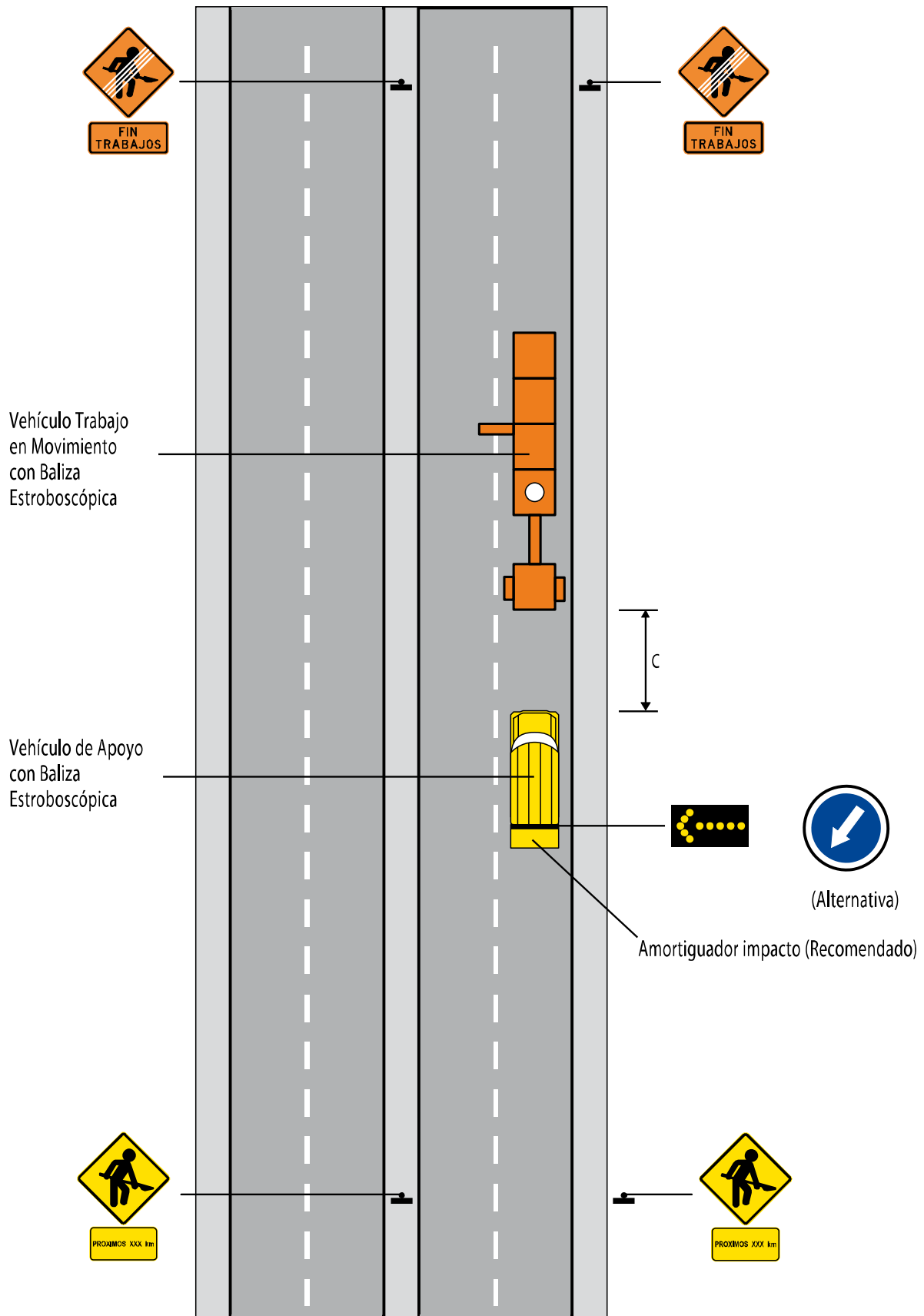
5.7.5.2 Trabajo en la Mediana



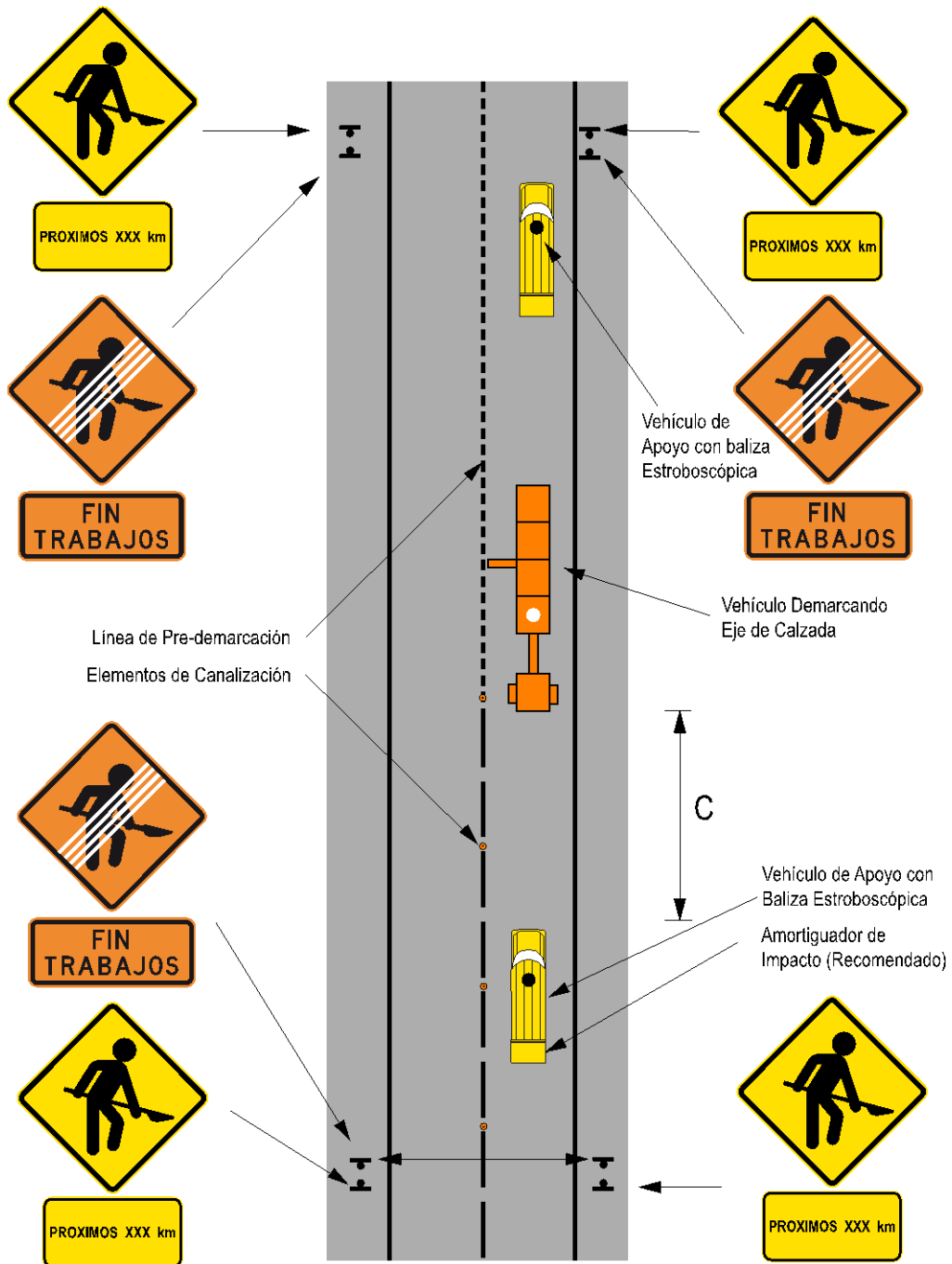
5.7.5.3 Trabajos Ocupando una Pista en cada Sentido



5.7.5.4 Trabajos Móviles en una Vía de Doble Calzada



5.7.5.5 Faena Móvil en Calzada Simple Bidireccional



CAPÍTULO 6
FACILIDADES EXPLÍCITAS
PARA PEATONES Y CICLISTAS

6	FACILIDADES EXPLÍCITAS PARA PEATONES Y CICLISTAS.....	6—5
6.1	FACILIDADES PARA PEATONES.....	6—5
6.1.1	Función	6—5
6.1.2	Clasificación.....	6—5
6.1.3	Características Físicas.....	6—6
6.1.4	Criterios de Instalación.....	6—12
6.1.5	Emplazamiento	6—14
6.1.6	Señales Audibles en Semáforos Peatonales	6—18
6.1.7	Veredas y Accesos Peatonales	6—19
6.1.8	Vallas Peatonales	6—19
6.1.9	Cumplimiento.....	6—19
6.2	FACILIDADES PARA CICLISTAS.....	6—20
6.2.1	Función	6—20
6.2.2	Definiciones	6—20
6.2.3	Señales verticales.....	6—20
6.2.4	Demarcaciones	6—28
6.2.5	Semáforos.....	6—36
6.2.6	Luces	6—36

6 FACILIDADES EXPLÍCITAS PARA PEATONES Y CICLISTAS

6.1 FACILIDADES PARA PEATONES

La primera parte de este Capítulo se refiere a las facilidades explícitas que deben habilitarse en las vías públicas para permitir que los peatones puedan cruzar las calzadas en adecuadas condiciones de seguridad cuando existen riesgos para realizar dicha maniobra. Se describe la función, los criterios técnicos a considerar para su provisión, así como las características de las distintas facilidades, algunas de las cuales ya han sido descritas en los capítulos 2 y 3, y aquí se complementan.

Sin perjuicio de los criterios que aquí se entregan para la habilitación de facilidades peatonales, es importante mencionar que en muchas ocasiones, al intentar resolver un problema puntual de cruce de peatones, debiera aprovecharse la oportunidad - si fuera del caso - para efectuar un análisis integral de toda el área en las inmediaciones del lugar en estudio y evaluar la conveniencia de tornar el tránsito vehicular por ella menos agresivo para los peatones, "calmándolo" mediante estrechamientos de calzada, transferencia de espacios utilizados como estacionamientos a veredas, instalación de resaltos, u otros. Este tipo de medidas permite mejorar las condiciones de tránsito de los peatones en áreas más extensas que las que son influenciadas por la introducción de mejoras como las analizadas en este Capítulo.

6.1.1 Función

La principal función de las facilidades peatonales explícitas es dar seguridad a los peatones que desean cruzar la vía en una sección determinada, reduciendo y previniendo los riesgos de accidentes, en particular de atropellos, y reduciendo las demoras peatonales que se experimenten al cruzar.

Lo anterior puede lograrse:

- a) evitando que los peatones enfrenten más de un flujo de tránsito y/o que crucen más de 2 pistas de circulación de una sola vez,
- b) otorgándoles derecho a paso sobre la calzada en forma permanente o durante un lapso de tiempo, o bien,
- c) proporcionándoles una ruta alternativa, segregada del tránsito de vehículos motorizados, de modo de eliminar todo conflicto con éstos últimos.

6.1.2 Clasificación

Las facilidades peatonales explícitas se clasifican en:

- **Isla o Refugio Peatonal**

Zona de protección para los peatones instalada generalmente en la parte central de la calzada, con el objeto de posibilitar el cruce de una vía en 2 etapas. Para los efectos de este Manual, cuando la zona de protección forme parte de un paso peatonal sin constituir por sí sola una facilidad peatonal, y su superficie sea significativamente mayor que la de una isla convencional, se le denominará refugio.

- **Paso Cebra**

Senda demarcada en la calzada, normalmente perpendicular al eje de ésta y eventualmente a nivel de la acera, en la cual los peatones tienen prioridad permanente sobre los vehículos que se aproximan a ella. Esto es, los vehículos siempre deben detenerse cuando el peatón accede al Paso Cebra.

- **Paso Peatonal Regulado por Semáforo**

Senda demarcada en la calzada, generalmente perpendicular al eje de ésta, respecto de la cual un semáforo reparte alternadamente el derecho a paso de peatones y vehículos. La senda peatonal puede ser cruzada por vehículos sólo cuando éstos enfrenten luz verde, debiendo ceder el paso a los peatones que ingresaron a ella antes del inicio de dicha luz y/o a los que cruzan enfrentando también una luz verde. Se ubican en cruces semaforizados - en ocasiones, levemente alejados de la intersección - o en tramos de vía. En estos últimos, el semáforo otorga una fase exclusiva para los peatones. En el primer caso, esto es, cuando el semáforo atiende a la necesidad de regular la circulación de vehículos en un cruce, su instalación responde a los criterios contenidos en el Capítulo 4 de este Manual.

- **Paso Peatonal a Desnivel**

Estructura elevada sobre el nivel de la calzada, comúnmente denominada "Pasarela", o paso bajo la calzada (túnel), que posibilita cruzar la vía sin que haya interferencia alguna entre vehículos y peatones.

Se habilitan generalmente en autopistas y autovías, pudiendo usarse también en otras vías donde los vehículos circulan a altas velocidades y/o el flujo vehicular es muy elevado, o donde se registran atropellos frecuentemente.

También, especialmente en vías que concentran altos flujos peatonales, se puede privilegiar la circulación de éstos a lo largo de ellas mediante la no interrupción de aceras en los cruces, debiendo los vehículos subir una leve pendiente para cruzarlas. La implantación de esta medida responde en general a proyectos urbanísticos, por lo que no es abordada en esta sección, aun cuando constituye evidentemente una facilidad peatonal. De igual modo, tampoco este capítulo es aplicable a los pasos peatonales - semaforizados o no - que se emplazan en vías destinadas exclusivamente al tránsito de peatones, ni cuando en un proyecto de diseño y gestión vial urbana la zona de la calzada compartida por vehículos y peatones es a nivel de acera, siendo su superficie marcadamente distinta de la del resto de las calzadas.

6.1.3 Características Físicas

6.1.3.1 Isla Peatonal

Las islas peatonales deben tener como mínimo 1,2 m de ancho para poder alojar con seguridad a los peatones que esperan para cruzar la segunda etapa de la calzada, evitando que los espejos retrovisores exteriores de vehículos puedan lesionarlos. Excepcionalmente, el ancho puede ser reducido a 0,80 m, en cuyo caso, con demarcación, debe aumentarse ficticiamente el ancho a 1,2 m. Además, deben ser diseñadas de manera que:

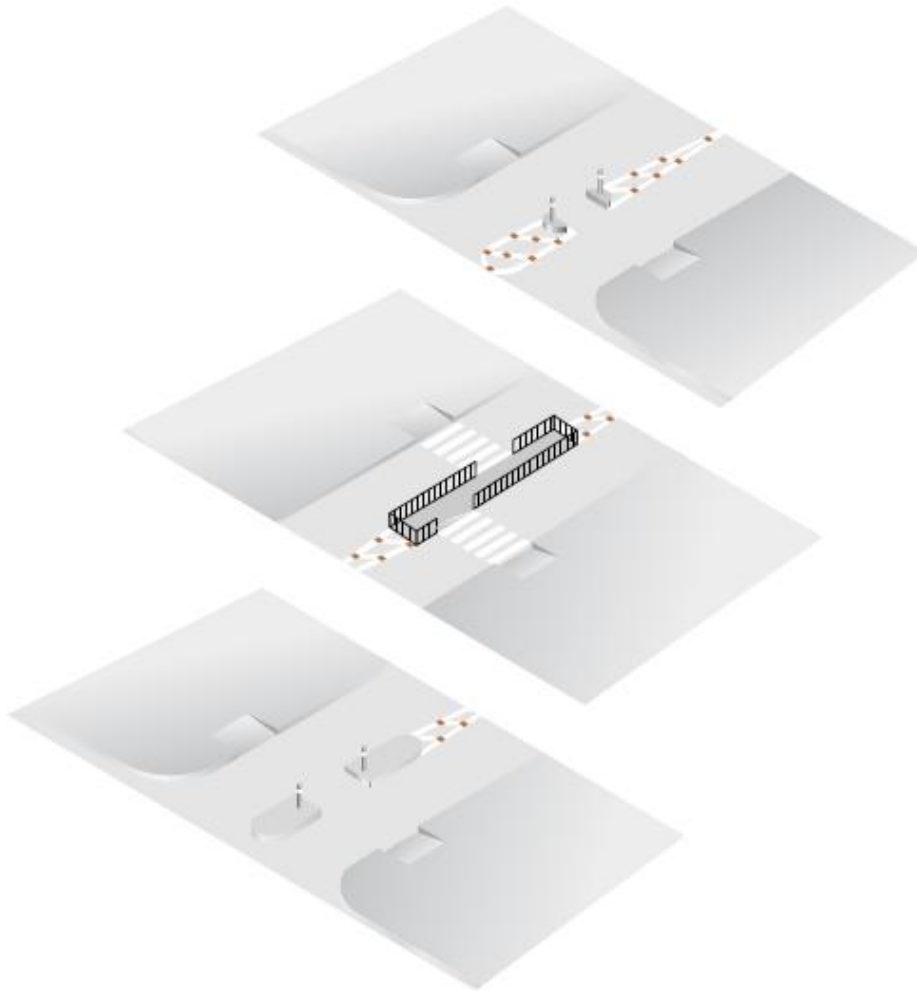
- a) den un adecuado refugio a peatones y a personas que se desplazan en sillas de ruedas o con coches;
- b) no impongan desniveles difíciles de sortear por personas con discapacidad física, coches y otros;
- c) posean iluminación y/o señalización vertical y horizontal que permita una apropiada visibilidad de la facilidad en la noche y en otros períodos de baja luminosidad, y
- d) cuenten con dispositivos - claramente visibles para los peatones - que impidan que el espacio destinado a éstos sea usado por vehículos, cuando sus dimensiones lo permitan.

En la Figura 6.1 - 1 se muestran diseños tipo de estas facilidades.

6.1.3.2 Paso Cebra

Las características de los Pasos Cebra difieren según éstos se encuentren ubicados en tramos de vía, o bien, en cruces o muy próximos a éstos. Para estos efectos, se entiende que un Paso Cebra se encuentra en un tramo de vía cuando entre él y la intersección más próxima existe a lo menos una distancia de 30 m, o cuando en una intersección en T, se ubica en la vía que no comienza y/o termina ahí.

Figura 6.1 - 1
Ejemplos de Islas y Refugios Peatonales



6.1.3.2.1 Paso Cebra en Tramo de Vía

Esta facilidad peatonal se caracteriza por las siguientes demarcaciones y señales verticales y luminosas:

a) Demarcaciones

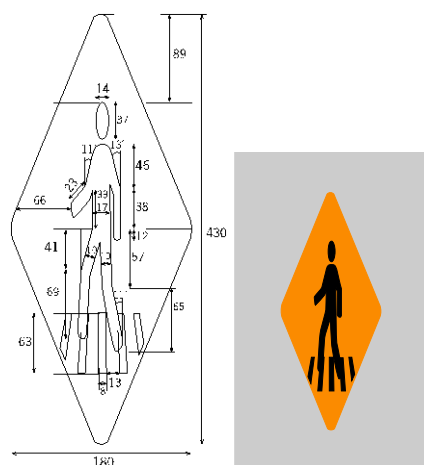
- **Bandas blancas, línea de detención y líneas zig - zag**

Estas marcas viales se detallan en el punto 3.3.6.2 del Capítulo 3.

- **Demarcación de Advertencia de Paso Cebra**

Esta demarcación se utiliza como complemento de la señalización vertical PROXIMIDAD DE PASO CEBRA (PO - 8), debiendo ubicarse junto a ésta y en cada una de las pistas en que la circulación se dirige hacia la facilidad peatonal. Su uso es opcional cuando el paso peatonal cuenta con balizas. Su color de fondo es amarillo con el símbolo en negro. Las dimensiones de esta señal horizontal se muestran en la Figura 6.1 - 2.

Figura 6.1 - 2



Cotas en centímetros

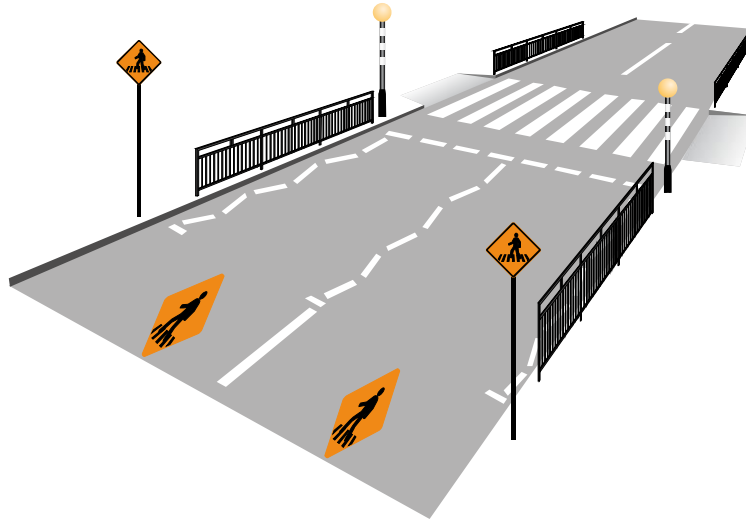
b) Señalización Vertical y Luminosa

- Señal PROXIMIDAD DE PASO CEBRA (PO - 8)

Esta señal preventiva, cuyas especificaciones se detallan en el Capítulo 2, debe instalarse poco antes de donde se inician las líneas zigzag, para reforzar la advertencia sobre la proximidad del Paso Cebra. En calzadas unidireccionales debe ser instalada a ambos costados de la calzada.

- Balizas Iluminadas

Figura 6.1 - 3
Paso Cebra en Tramo de Vía



En ambos costados de la calzada, en las aceras, entre la línea de detención y la senda peatonal, debe instalarse una baliza iluminada de color ámbar, que emita luz intermitente con una frecuencia de 25 a 60 destellos por minuto. Ver Figura 6.1 - 13. Las características de la baliza se muestran en la

Figura 6.1 - 4.

Tratándose de vías bidireccionales de 2 pistas por sentidos de circulación en las que existe una isla o refugio peatonal, una tercera baliza deberá instalarse en la isla o refugio. Ello, en todo caso, también es recomendable cuando haya una sola pista por sentido de circulación.

Figura 6.1 - 4
Especificaciones de la Baliza

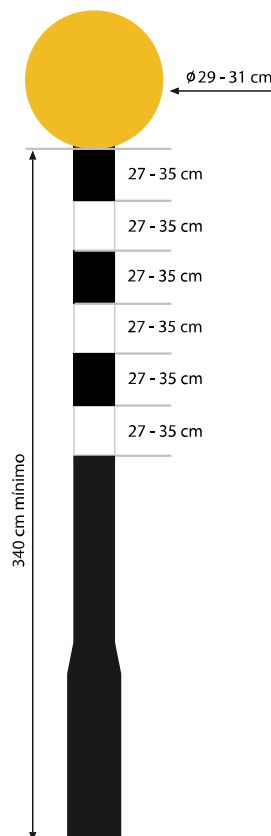
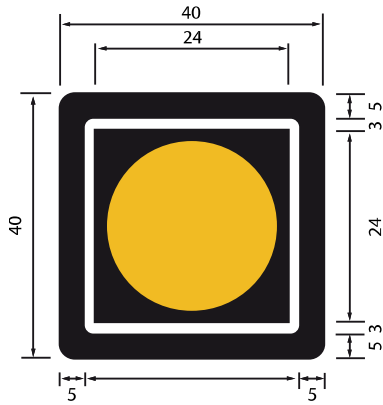


Figura 6.1 - 5

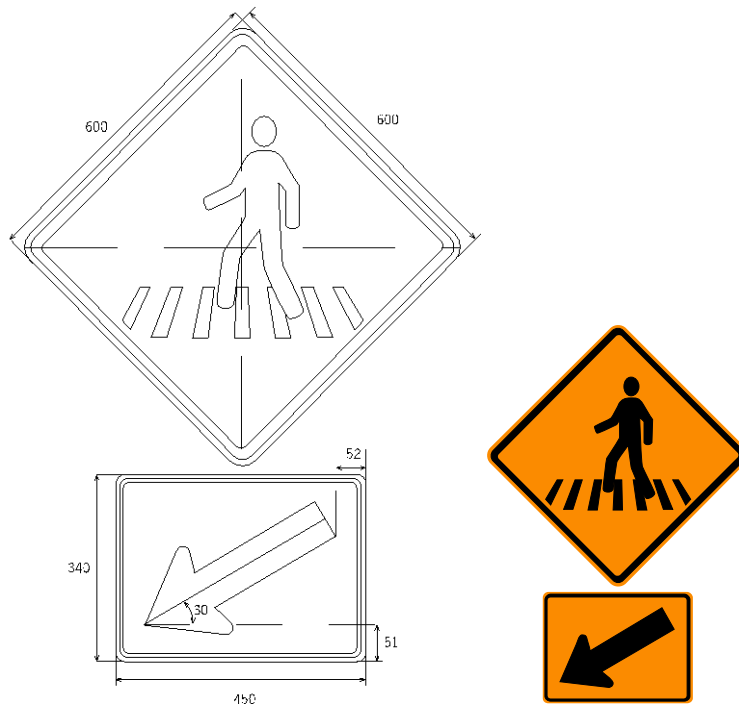


Cotas en centímetros

En vías unidireccionales, la esfera de la baliza puede ser reemplazada por una luz intermitente adosada a una placa metálica, como la referida en el Capítulo 7 y cuyas dimensiones se muestran en la Figura 6.1 - 5

Excepcionalmente, en casos justificados, en reemplazo de las balizas o luces podrá instalarse una reiteración de la señal fluorescente PROXIMIDAD DE PASO CEBRA (PO - 8), a la cual deberá agregarse una placa adicional conteniendo una flecha inclinada apuntando al paso peatonal. Ver figura 6.1 - 6. En vías de calzada bidireccional esta señal con la placa adicional sólo se ubicará al costado derecho según el sentido del tránsito, a menos que exista una isla o refugio peatonal, en cuyo caso la señal deberá ser reiterada sobre la isla o refugio enfrentando al flujo vehicular.

Figura 6.1 - 6



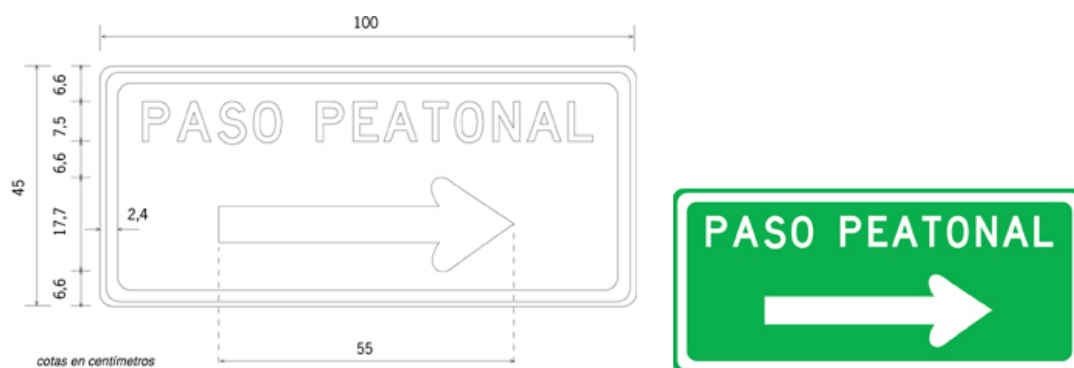
Cotas en milímetros

Cuando no se instalen balizas será obligatoria la demarcación de advertencia de Paso Cebra en cada una de las pistas de circulación en dirección a la facilidad peatonal, conforme a lo expresado en la letra a) anterior.

- **Señal Informativa para Peatones**

En algunas ocasiones puede resultar conveniente complementar la señalización del Paso Cebra con una señal informativa, dirigida a los peatones, que indique a éstos la presencia de un paso de peatones por donde debe efectuarse el cruce. Ésta debe ser de color de fondo verde y tanto la leyenda que contenga como la flecha que apunte en la dirección del paso peatonal deben ser de color blanco. Su diseño y dimensiones mínimas se muestran en la Figura 6.1 - 7. La ubicación y orientación de esta señal dependerá de las condiciones del lugar donde ella sea necesaria, pudiendo incluso estar adosada a vallas peatonales instaladas con el propósito de encauzar el flujo peatonal.

Figura 6.1 - 7



A esta señal no le es aplicable el requisito de retrorreflexión con que deben cumplir las señales de tránsito en general.

6.1.3.2.2 Paso Cebra en Cruce

Los Pasos Cebra emplazados en cruces o muy próximos a éstos se caracterizan sólo por la demarcación de las bandas blancas referidas en el Capítulo 3 y en la letra a) de 6.1.3.2.1. No obstante, opcionalmente pueden complementarse con las demás demarcaciones y señales verticales y luminosas previstas para los pasos ubicados en tramos de vía.

6.1.3.2.3 Otras Características y Requerimientos aplicables a los Pasos Cebra en general

a) Señal VELOCIDAD MÁXIMA

Al proveerse un Paso Cebra - en un tramo de vía, en la proximidad de un cruce o en un cruce mismo - es importante tener en cuenta que éste requiere que la velocidad de operación en el lugar en que se proyecte su emplazamiento no sea superior a 50 km/h. Esto, eventualmente, puede requerir modificaciones del diseño de la vía y la instalación de la señal Vertical VELOCIDAD MÁXIMA (RR - 1).

b) Restricción de Largo

El largo de un Paso Cebra no debe exceder de 2 pistas de circulación o de 8 m. Si el ancho de la calzada es mayor, obligatoriamente debe instalarse una isla o refugio peatonal que permita a los peatones cruzarla en etapas.

c) Elevación del Paso Cebra a Nivel de Aceras

Se recomienda que los Pasos Cebra sean a nivel de la acera (tipo resalto plano), cuando se encuentren emplazados cerca de las salidas de establecimientos educacionales.

Los Pasos Cebra a nivel de acera deben ser advertidos a los conductores 35 m antes con la señal de advertencia de peligro RESALTO (PG - 8), y en el mismo lugar del cruce, con la señal de PASO CEBRA (PO - 8) junto a una placa que contenga una flecha apuntando a éste, la que se muestra en la Figura 6.1 - 6.

La demarcación de estos pasos cebra debe considerar 2 triángulos isósceles blancos, de 1 metro de base, enfrentando la circulación de cada pista.

6.1.3.3 Paso Peatonal Regulado por Semáforo

Esta facilidad peatonal se caracteriza por las siguientes demarcaciones y señales luminosas:

a) Demarcaciones

- Líneas Continuas que definen la senda peatonal y Línea de Detención

Las especificaciones de estas líneas se contienen en el Capítulo 3. Las correspondientes marcas viales se muestran en las Figuras 3.3 - 3 y 3.3 - 4 de dicho Capítulo.

El ancho mínimo de la senda o paso peatonal queda determinado por el flujo peatonal, según se muestra en la Tabla 6.1 - 1. Para efectos de la tabla, el flujo peatonal debe determinarse como el promedio de las 4 horas de mayor demanda peatonal, a partir de las mediciones efectuadas según lo expresado en 6.1.4.1, considerando los dos sentidos de circulación.

Tabla 6.1 - 1
Ancho Mínimo Paso Peatonal Semaforizado

Flujo Peatonal (peatones/h)	Ancho Mínimo (m)
Menor o igual a 500	2,0
501 a 750	2,5
751 a 1000	3,0
1001 a 1250	3,5
1251 a 1500	4,0
1501 a 1750	4,5
Mayor a 1750	5,0

b) Señalización Vertical

• **Señales Luminosas**

Todos los flujos peatonales deben enfrentar a lo menos una lámpara de semáforo peatonal. Las especificaciones de éstas y su sistema de control se detallan en el Capítulo 4 de este Manual.

• **Señal PROXIMIDAD DE SEMÁFORO (PO - 11)**

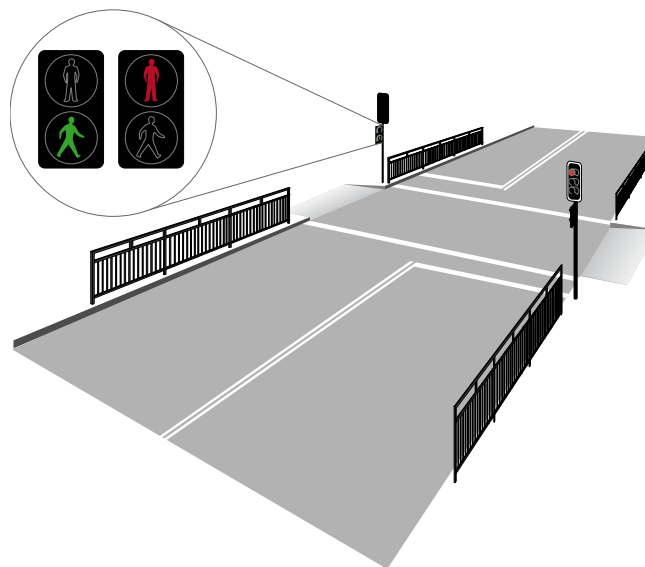
Esta señal se debe utilizar para advertir a los conductores la proximidad de un semáforo, cuando éste constituye un caso puntual y aislado, o cuando, por razones de visibilidad, a lo menos 2 cabezales no pueden ser percibidos a más de 200 m. Esta distancia se reducirá a 80 m si la velocidad máxima permitida es igual o inferior a 60 km/h.

• **Señal Informativa para Peatones**

En algunas ocasiones puede resultar conveniente complementar la señalización del Paso Peatonal con la señal informativa, referida anteriormente en 6.1.3.2.1 y dirigida a los peatones, que indique a éstos por donde debe efectuarse el cruce.

La Figura 6.1 - 8 muestra un Paso Peatonal Regulado por Semáforo emplazado en un tramo de vía.

Figura 6.1 - 8
Paso Peatonal Regulado por Semáforo en Tramo de Vía

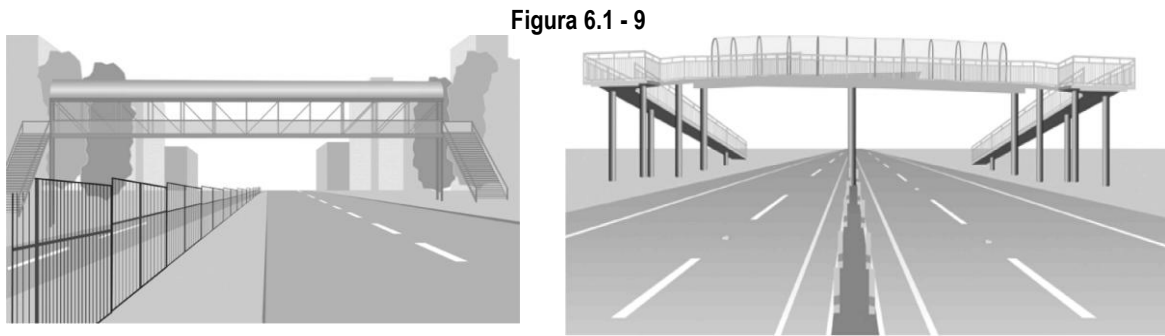


6.1.3.4 Paso Peatonal a Desnivel

El diseño de una pasarela peatonal o paso peatonal bajo nivel (túnel) debe ceñirse a las especificaciones elaboradas por la autoridad con competencia en la vía sobre la cual la facilidad se provea. No obstante, deben considerarse las siguientes recomendaciones:

- Que se ubiquen lo más cerca posible del lugar donde se concentran los mayores flujos de peatones;
- Que el cruce en la superficie, en las proximidades del paso a desnivel y bajo o sobre éste, según sea el caso, esté impedido por rejas u otros dispositivos de segregación;
- Que no existan otras facilidades peatonales a menos de 80 m del lugar donde ésta se ubique;
- Que sus entradas y salidas sean claramente distinguibles y accesibles para los peatones;
- Que cuenten con adecuada iluminación, y
- Cuando se trate de túneles, que sus salidas puedan ser visualizadas desde las entradas a ellos.

En la Figura 6.1 - 9 se muestran ejemplos de este tipo de facilidades peatonales.



6.1.4 Criterios de Instalación

Con la excepción de los pasos a desnivel, las demás facilidades peatonales referidas en este Manual tienen aplicación sólo en vías convencionales. Ello, considerando que, por definición, en una vía no convencional, además de las altas velocidades de operación que se registran, no puede haber interrupciones al flujo vehicular. En consecuencia, en el evento de requerirse una facilidad peatonal en una vía de esta naturaleza, la única alternativa posible que garantiza condiciones de seguridad es el paso peatonal a desnivel.

Sin embargo, el paso peatonal a desnivel no está restringido a vías no convencionales. En efecto, éstos resultan ser la solución más apropiada en circunstancias especiales, en las que altos flujos peatonales requieren cruzar vías con mucho tráfico y/o donde éste se desplaza a altas velocidades, o en las que la jerarquía de la vía recomiendan la implantación de una medida que no afecte al flujo vehicular.

Consecuente con lo anterior, los criterios que a continuación se entregan excluyen los pasos peatonales a desnivel, limitándose a la vez a vías convencionales.

Dado que cada facilidad presenta ventajas y desventajas, la determinación de aquélla que resulte más apropiada debe responder a criterios técnicos: grado de conflicto entre los flujos peatonales y vehiculares y/o ancho de la calzada, sin perjuicio de las consideraciones a tener en cuenta cuando se trate de facilidades peatonales a proveer próximas a establecimientos educacionales. Los criterios antes enunciados se detallan en los puntos que siguen.

6.1.4.1 Conflicto Vehículos - Peatones

La justificación para proveer un tipo de facilidad u otra está fuertemente relacionada con el grado de conflicto que presentan los movimientos o flujos peatonales y vehiculares. Un buen indicador del conflicto que se registra en el área está dado por la relación PV^2 , siendo P = peatones por hora y V = vehículos por hora; ambos valores correspondientes al promedio de 4 horas en que la cantidad de peatones multiplicada por el flujo vehicular al cuadrado (pv^2) alcanza sus valores más significativos, como se muestra en el ejemplo presentado en el punto 6.1.4.1.3.

Para determinar lo anterior, deben efectuarse conteos en forma horaria para el (los) día(s) en que un análisis preliminar indique como más conflictivo(s) y en a lo menos las 6 horas de máximo flujo vehicular y/o peatonal.

6.1.4.1.1 Conteos Peatonales

En estos conteos se deben considerar todos los peatones que cruzan la calzada en un área que se extiende, como máximo, 50 m a cada lado de la localización estudiada, en vías urbanas, y 100 m a cada lado de dicha localización en vías rurales.

6.1.4.1.2 Conteos Vehiculares

En el caso de los vehículos, se deben contabilizar simultáneamente todos los flujos vehiculares que deban ser cruzados por los peatones. Estos conteos no consideran ningún factor de equivalencia, por lo que, por ejemplo, los bicicletas son contabilizados como un vehículo más.

6.1.4.1.3 Cálculo del Parámetro PV^2 a partir de los Conteos Peatonales y Vehiculares

Según lo expresado en los puntos precedentes, para la determinación de este parámetro se debe:

- i) Calcular valores horarios de pv^2 , seleccionándose los períodos que presenten los 4 valores más altos.

- ii) En base a dichos 4 períodos se calculan promedios, tanto de vehículos como de peatones, con los que se obtiene el valor final de PV^2 . Este valor se considera como una cuantificación del grado de conflicto vehículos - peatones existente en el área.

EJEMPLO:

Horario	Peatones p	Vehículos v	pv^2	Los cuatro valores de pv^2 más significativos
07:00 - 08:00	45	600	$0,162 \times 10^8$	
08:00 - 09:00	110	1.200	$1,584 \times 10^8$	X
11:00 - 12:00	90	850	$0,650 \times 10^8$	
17:00 - 18:00	105	1.300	$1,775 \times 10^8$	X
18:00 - 19:00	120	1.500	$2,700 \times 10^8$	X
19:00 - 20:00	85	1.100	$1,029 \times 10^8$	X

Cálculo de P y V:

A partir de los valores de p y v que determinan los 4 mayores valores de pv^2 , se tiene:

$$P = \frac{\sum p_i}{4} = \frac{110 + 105 + 120 + 85}{4} = \frac{420}{4} = 105$$

$$V = \frac{\sum v_i}{4} = \frac{1.200 + 1.300 + 1.500 + 1.100}{4} = \frac{5.100}{4} = 1.275$$

Luego:

$$PV^2 = 105 \times 1.275^2 = 1,707 \times 10^8$$

6.1.4.1.4 Determinación de la Facilidad Peatonal según el Valor de PV^2

El parámetro PV^2 permite determinar si se justifica la provisión de una facilidad peatonal. Los casos en que en principio se justifica un Paso Peatonal Regulado por Semáforo o un Paso Cebra se señalan en la Tabla 6.1 - 2.

Tabla 6.1 - 2
Determinación de Facilidades según Relación PV^2

PV^2	P (Peat/h)	V (Veh/h)	Recomendación Preliminar
Sobre 10^8 (si no es posible la provisión de una zona de protección peatonal en la calzada)	50 a 1.100 50 a 1.100 sobre 1.100	300 a 500 sobre 500 sobre 300	PASO CEBRA Semáforo peatonal con botonera Semáforo peatonal con botonera
Sobre 2×10^8 (si existe o es necesaria la provisión de una zona de protección peatonal)	50 a 1.100 50 a 1.100 sobre 1.100	400 a 750 sobre 750 sobre 400	PASO CEBRA con isla o refugio peatonal Doble semáforo peatonal con refugio peatonal Doble semáforo peatonal con refugio peatonal

6.1.4.2 Ancho de Calzada

El ancho de calzada es el factor decisivo para considerar la provisión de una zona de protección peatonal en ella. Si dicha provisión es posible, las condiciones de seguridad en el área pueden mejorar sin necesidad de instalar un Paso Cebra o un Paso Peatonal Regulado por Semáforo, por lo que se debe redeterminar la facilidad peatonal requerida, esta vez considerando la existencia de aquella.

Así, en el caso de calzadas bidireccionales de 8 a 10 m (o que puedan ser ampliadas a lo menos a 8 m), la modificación de la geometría de dichas calzadas a fin de posibilitar la instalación de una isla o refugio peatonal central, puede hacer innecesaria la habilitación de otra facilidad.

En el caso de calzadas cuyo ancho sea mayor a 10 m, y en concordancia con lo expresado en 6.1.3.2.3 letra b), siempre deberá proveerse una isla o refugio peatonal sobre la calzada si la facilidad peatonal a implementar es un Paso Cebra.

La provisión de una isla o refugio central es obligatoria en calzadas bidireccionales con un ancho mayor a 13 m, cualquiera sea la facilidad - Paso Cebra o Semáforo Peatonal - a habilitar.

6.1.4.3 Colegios

En las vías que circundan un colegio o que son utilizadas por los estudiantes al acceder y/o salir de éste, se recomienda siempre instalar una facilidad peatonal explícita, la que señale como apropiada la relación PV^2 , o

un Paso Cebra - en lo posible a nivel de acera - , si dicha relación está por debajo de los valores señalados en la Tabla 6.1 - 2.

6.1.5 Emplazamiento

Las facilidades peatonales explícitas se proveen con la finalidad de mejorar las condiciones de seguridad para los peatones sin producir demoras excesivas al tráfico. Esto se logra sólo en la medida que su localización atraiga el máximo número de peatones, los que de otra forma cruzan la calzada desordenadamente. Por ello, debe prestarse especial atención para que queden localizadas adecuadamente con respecto a las rutas empleadas por los peatones. Además, deben instalarse de manera que los conductores las reconozcan oportunamente para que puedan detenerse ante ellas en forma segura.

6.1.5.1 Consideraciones en cuanto a los Tipos de Vías

Las islas peatonales y los Pasos Cebra deben ubicarse sólo en vías donde la velocidad de operación sea igual o inferior a 50 km/h. Los Pasos Peatonales Regulados por Semáforo pueden ubicarse tanto en éstas como en vías convencionales donde se registren velocidades de operación superiores.

Los Pasos Peatonales a Desnivel deben proveerse en autopistas y autovías. También pueden ser convenientes en vías convencionales con elevados flujos vehiculares y/o velocidades altas de circulación.

6.1.5.2 Red Sincronizada de Semáforos

En vías sobre la cual opere una red coordinada o sincronizada de semáforos no deben instalarse Pasos Cebra, debiendo éstos ser reemplazados por Pasos Peatonales Regulados por Semáforos.

6.1.5.3 Distancia entre Facilidades Pevtonales

Exceptuadas las facilidades peatonales ubicadas en cruces de calles y las islas peatonales, la distancia entre facilidades peatonales en una misma vía debe ser a lo menos de 80 m, es decir, entre una facilidad provista en un tramo de vía - paso cebra o semáforo peatonal - y cualquiera otra de éstas, debe mediar una distancia mínima de 80 m.

6.1.5.4 Consideraciones en cuanto a la Visibilidad

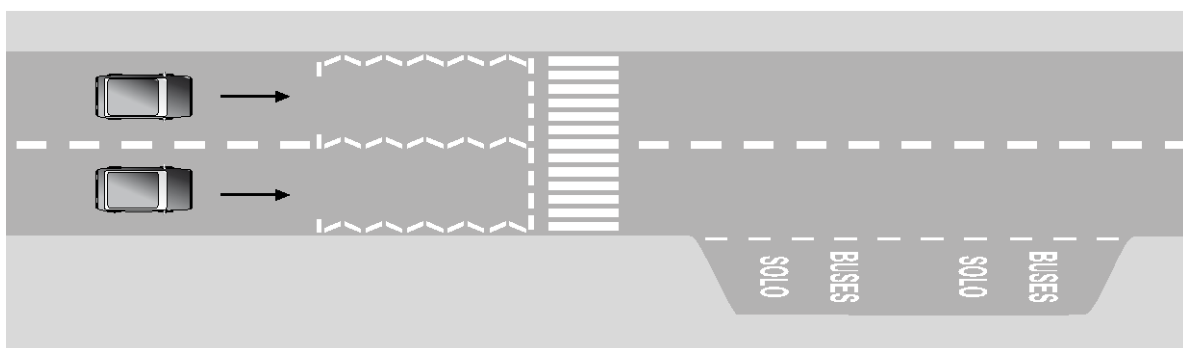
En general, las facilidades peatonales deben ubicarse de modo que tanto ellas como quienes las utilicen sean oportunamente percibidos por los conductores. Por tal razón, su emplazamiento debe considerar, entre otros, la existencia de pendientes y curvas, y la presencia de paradas de buses así como de vehículos estacionados, que puedan impedir tal visibilidad.

Con la excepción de los pasos a desnivel y los pasos regulados por semáforos en intersecciones, las demás facilidades peatonales deben ubicarse siempre antes de una parada de locomoción colectiva. También deben ubicarse antes de una zona en la que se permita el estacionamiento en la calzada, a menos que se hayan habilitado bahías o penínsulas que aseguren la visibilidad de sus accesos.

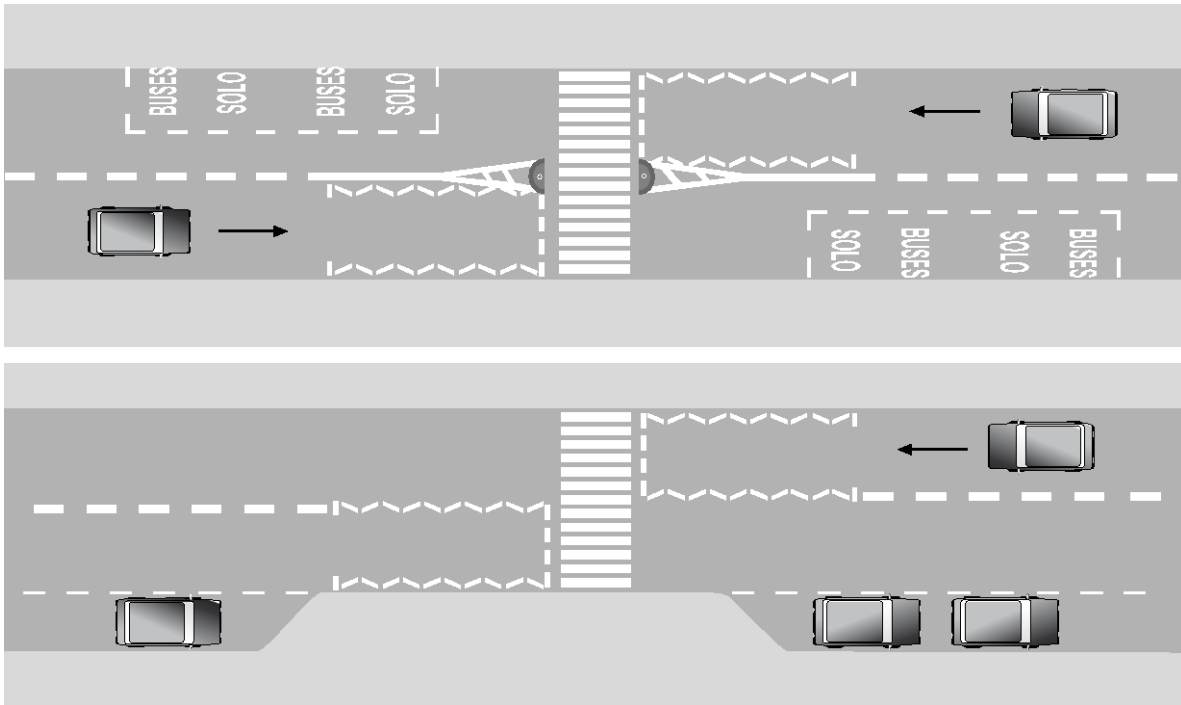
La

Figura 6.1 - 10 muestra esquemas de emplazamiento de una facilidad peatonal en estas situaciones.

Figura 6.1 - 10
Ubicación de Pasos Cebra en relación a Paradas y Zonas de Estacionamiento



Ubicación de Pasos Cebra en relación a Paradas y Zonas de Estacionamiento (continuación)



Similarmente, con el propósito de garantizar la adecuada y oportuna visibilidad de las facilidades peatonales, éstas no deben ubicarse a menos de 50 m de la cima de una cuesta con pendiente superior al 10% ni de la salida de una curva cerrada. Dicha distancia debe ser aún mayor, si la velocidad de operación en el sector es de 60 km/h o superior, debiendo, en todo caso, instalarse con anticipación la señal de advertencia de peligro PROXIMIDAD DE SEMÁFORO (PO - 11) referida en el Capítulo 2, si se trata de un paso peatonal semaforizado, o reforzarse la señalización del Paso Cebra, si ésta fuera la facilidad peatonal.

6.1.5.5 Ubicación de las Facilidades Pevtonales en relación a las Intersecciones

6.1.5.5.1 Pasos Cebra

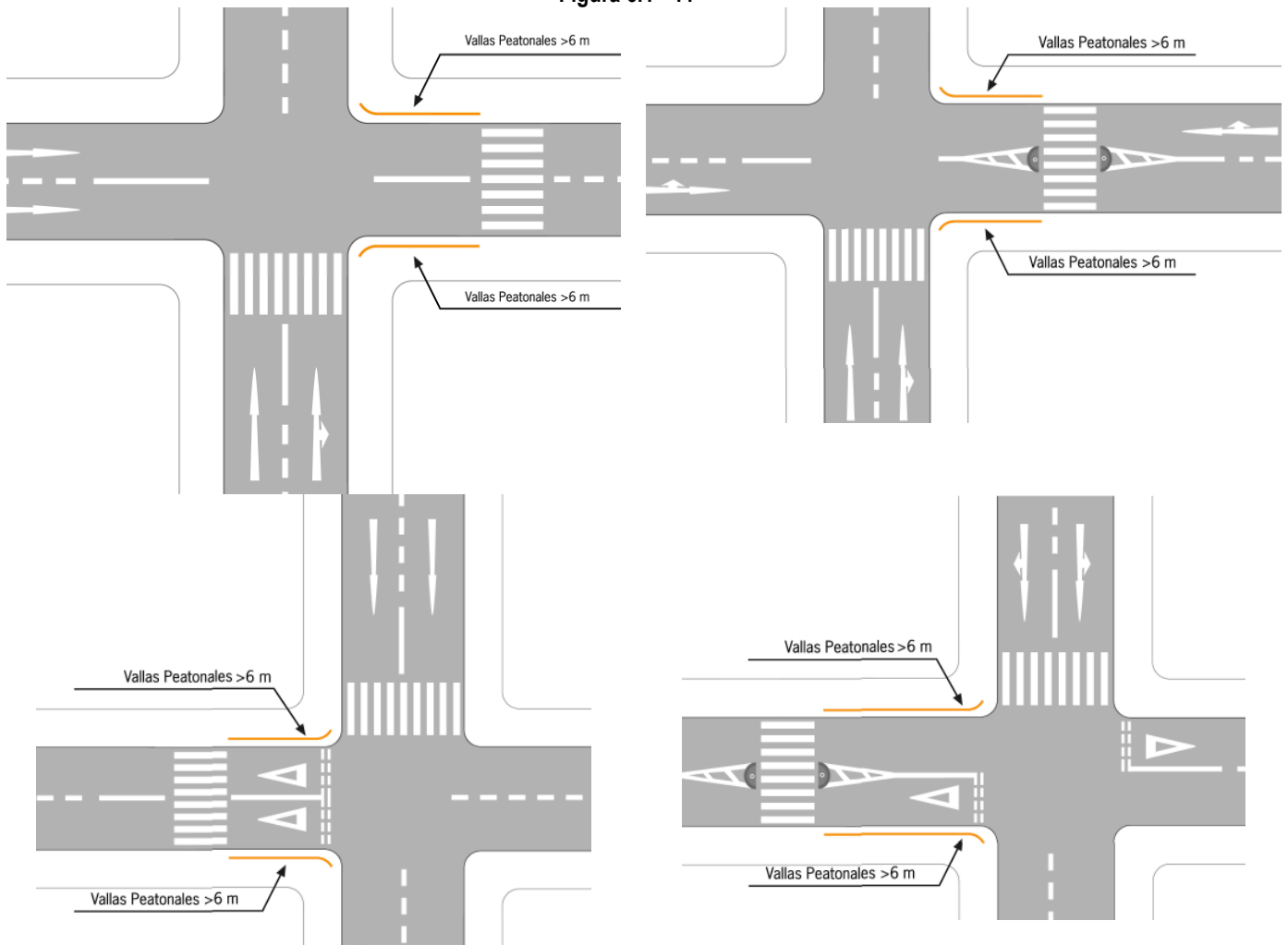
La ubicación de Pasos Cebra próximos a una intersección no regulada, debe considerar tanto el impacto de la facilidad en la operación del cruce, como el patrón de comportamiento de los peatones en el área. Los movimientos vehiculares, la distribución de flujos y las características físicas y geométricas del cruce son factores a considerar al definir la mejor ubicación de dicha facilidad peatonal.

No obstante, se recomienda lo siguiente:

- No ubicar Pasos Cebra en todos los accesos y salidas de una intersección, ya que es probable que el conductor deba detenerse dos veces seguidas, lo que dificulta la operación y puede deteriorar la seguridad de los peatones.
- En vías unidireccionales así como en las bidireccionales susceptibles de ser asistidas con una isla peatonal, que cuentan con flujos vehiculares provenientes del cruce, y a fin de evitar que los vehículos que requieran detenerse ante la facilidad peatonal obstaculicen la circulación en él, ubicar los Pasos Cebra alejados, a lo menos 6 m de la intersección y encauzar en ambos costados de la vía el flujo peatonal, con vallas dispuestas desde la intersección hasta la facilidad peatonal. Dicha distancia puede ser aumentada según sea la composición y volumen del flujo vehicular que cruce el Paso Cebra.
- En vías unidireccionales, en las que exista señal PARE o Ceda el Paso, así como en las bidireccionales susceptibles de ser asistidas con una isla peatonal y con el objeto de facilitar el cruce de los vehículos que acceden sin prioridad a la intersección, ubicar los Pasos Cebra antes de la demarcación asociada a la señal reglamentaria de prioridad, esto es, a lo menos 6 m antes de la intersección, encauzando en ambos costados de la vía el flujo peatonal, con vallas dispuestas desde la intersección hasta la facilidad peatonal.

En la Figura 6.1 - 11 se muestran ejemplos de estas situaciones.

Figura 6.1 - 11



6.1.5.5.2 Pasos Peatonales Regulados por Semáforos

Como se señalara en 6.1.2.3, en las intersecciones donde el flujo vehicular está regulado por un semáforo instalado de acuerdo a los criterios contenidos en el Capítulo 4 de este Manual, también se provee una senda peatonal para guiar el cruce de peatones. Aun cuando la provisión de dichas facilidades peatonales no responde a los criterios descritos en este Capítulo, considerando que su ubicación también afecta a la seguridad de los peatones que las utilizan, se recomienda - cuando haya flujo que vira hacia ellas - que se ubiquen levemente alejadas de la intersección, a unos 6 m, de modo que los vehículos que viran y que deben detenerse para ceder el paso a los peatones no interfieran con quienes continúan derecho ni obstaculicen el paso peatonal.

Diferente es el caso de una facilidad peatonal regulada por semáforo cuando ésta atiende a los criterios enunciados en este capítulo. Estas facilidades peatonales - semáforos peatonales - no deben ser instaladas próximas a intersecciones, ya que sus indicaciones podrían confundirse con las de un semáforo que regula la intersección. En general, los semáforos peatonales deben ubicarse alejados de los cruces de calles, siendo los siguientes los casos más relevantes:

- a) Paso Peatonal Regulado por Semáforo en vía secundaria: Si se instala un semáforo peatonal sobre una vía secundaria, debe existir una separación adecuada entre éste y la intersección, de tal forma que los conductores - una vez cruzado el semáforo peatonal - tengan tiempo suficiente para apreciar la existencia de una intersección a la que acceden sin prioridad y, de ser necesario, alcancen a detenerse en forma segura antes de la línea de detención. Esta distancia depende de la velocidad de circulación, pero no debe ser inferior a 20 m. Ver Figura 6.1 - 12.
- b) Paso Peatonal Regulado por Semáforo en vía prioritaria: En este caso, los conductores que giran hacia él desde una vía secundaria tienen su atención puesta en evitar un conflicto con los vehículos que circulan por la vía prioritaria, por lo que pueden ignorar la existencia del semáforo peatonal. Por ello, dicho dispositivo debe localizarse a más de 20 m de la intersección, de modo que los conductores tengan la oportunidad de apreciar la existencia del cruce cuando efectúen un viraje hacia él desde la vía secundaria. Ver Figura 6.1 - 13.

Para asegurar la correcta operación de la facilidad peatonal se deben colocar vallas peatonales a ambos costados de la vía, entre la facilidad y la intersección.

En caso que ninguna de estas posibilidades sea adecuada, será necesario analizar la provisión de un semáforo en la intersección.

Figura 6.1 - 12
Paso Peatonal Regulado por Semáforo en Vía Secundaria

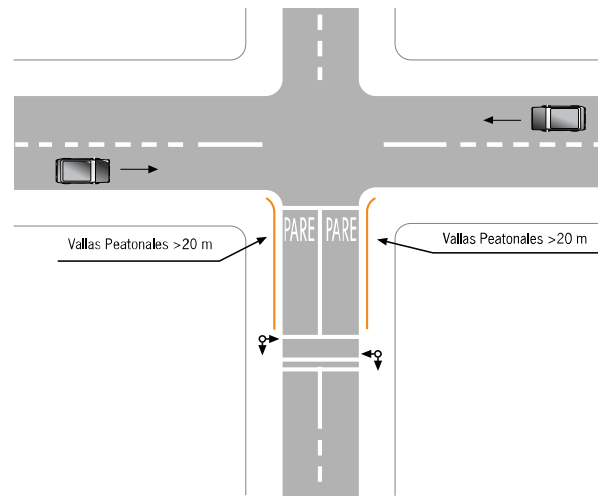
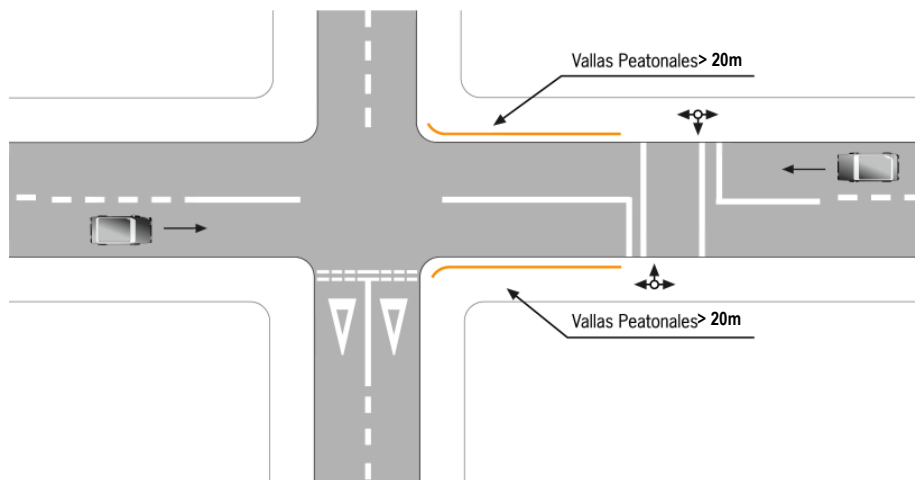


Figura 6.1 - 13
Paso Peatonal Regulado por Semáforo en Vía Prioritaria



6.1.5.6 Ubicación de Facilidades Peatonales en relación con Rotondas y Minirrotondas

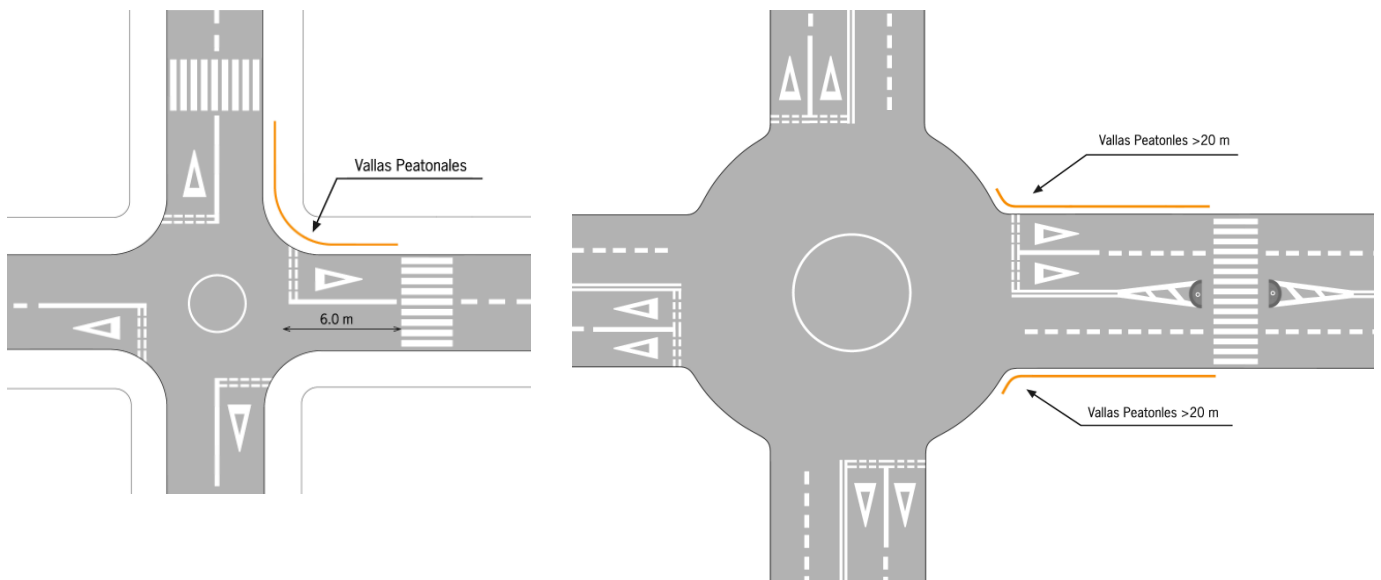
La provisión de Pasos Cebra y Semáforos Peatonales en las salidas de una rotonda presenta problemas especiales. En efecto, estas facilidades deben localizarse a cierta distancia de las salidas a fin de evitar que la cola de vehículos que pueda producirse altere la operación de la rotonda.

Este requisito usualmente representa un conflicto de intereses con las necesidades de los peatones. Por ello, cada caso debe ser tratado individualmente. En todo caso, se recomienda que la facilidad peatonal se ubique - a lo menos - a 20 m de los ramales de salida de la rotonda, e instalar vallas peatonales para dirigir a los usuarios hacia el paso peatonal.

En el caso de minirrotondas, por analogía con las rotondas, también es recomendable que las facilidades peatonales que se requieran se instalen en sus accesos y salidas desplazadas a lo menos 6 m de la minirrotonda, a fin de que el cruce de peatones no interfiera con la circulación vehicular en ellas.

La Figura 6.1 - 14 ilustra estas situaciones.

Figura 6.1 - 14
Ubicación de Pasos Peatonales respecto de Minirrotondas y Rotondas



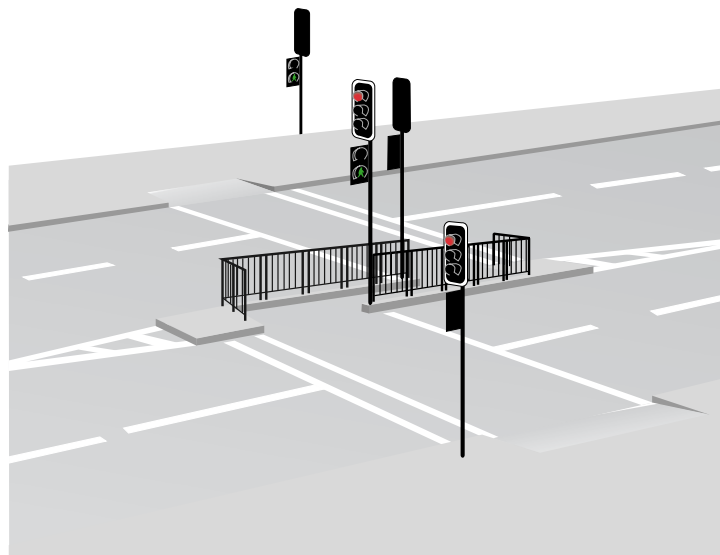
6.1.5.7 Paso Peatonal Regulado por Semáforo con Refugio Peatonal

La habilitación de esta facilidad peatonal debe cumplir con los siguientes requerimientos de diseño físico:

- Dado que el flujo peatonal que cruza una calzada no demanda simultáneamente la otra, cada acceso al refugio peatonal puede ser considerado como un Paso Peatonal Regulado por Semáforo en forma independiente. Con el fin de evitar que los usuarios se confundan con las indicaciones de los cabezales peatonales, que pueden mostrar luces distintas para cada calzada, es necesario desalinearse los dos pasos peatonales resultantes, a lo menos, 3 m. Esta forma de operar permite, además, coordinar cada uno de los pasos peatonales con otros cruces semaforizados que formen parte de una red sincronizada.
- En el refugio peatonal se deben instalar vallas de tal forma que la entrada y salida estén en extremos opuestos. Su ancho libre debe ser de 2 m como mínimo, y su superficie debe permitir acomodar la demanda máxima de peatones, considerando una densidad de 1,5 peatones/m².
- Las entradas y salidas del refugio peatonal deben estar localizadas de tal forma que los peatones que transitan por dicho refugio lo hagan enfrentando el tráfico vehicular que les corresponderá cruzar.

La Figura 6.1 - 15 muestra un ejemplo de esta facilidad peatonal.

Figura 6.1 - 15
Paso Peatonal Regulado por Semáforo con Refugio Peatonal



6.1.6 Señales Audibles en Semáforos Peatonales

Los semáforos peatonales pueden ser provistos de una señal audible correspondiente a un tono intermitente cuyas fuentes emisoras se localicen en el compartimiento de la botonera. Aun cuando estas señales pueden ser útiles para otros peatones, ellas están principalmente orientadas a ayudar a personas con dificultades

visuales, por lo que su uso debe ser considerado en aquellos pasos peatonales demandados con frecuencia por personas con tal discapacidad. Sin embargo, no deben emplearse en semáforos peatonales con refugio ni cuando la cercanía entre semáforos haga probable que la señal proveniente de uno de ellos pueda ser mal interpretada en otro.

La frecuencia del sonido emitido por la señal audible debe estar comprendida entre 2.0 y 3.5 KHz siendo pulsada a un ritmo comprendido entre 60 a 300 pulsos por minuto. La relación existente en estos pulsos, entre los períodos correspondientes a la señal activada - desactivada será de $1,5:1 \pm 10\%$. El volumen debe ser ajustable en cada botonera peatonal, permitiendo así su adecuación a las condiciones locales.

6.1.7 Veredas y Accesos Peatonales

Las facilidades peatonales deben localizarse en zonas en las cuales exista o se pueda proveer una superficie adecuada de veredas, donde puedan esperar los peatones que deseen cruzar. Para determinar la superficie necesaria, tanto de veredas como de refugios, se considera una densidad de $1,5$ peatones/m². Además, en el caso de las islas peatonales y Pasos Cebra los accesos peatonales deben ser claramente visibles para los conductores, bien iluminados y libres de obstáculos visuales, de modo que los conductores que se aproximen a ellos puedan advertir la presencia de peatones que se dispongan a cruzar.

Exceptuados los Pasos Peatonales a Desnivel y las sendas peatonales a nivel de aceras, en los accesos a las facilidades peatonales se deben rebajar las soleras mediante rampas que eviten los desniveles bruscos. El diseño tipo de esta modificación se encuentra definido en las "Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Infraestructura Vial Urbana", MINVU, con la salvedad que la solera rebajada debe tener un ancho mínimo de 2 m.

De igual modo, en el caso de refugios, bandejones o medianas, cuyo ancho lo permita, deberán habilitarse rampas que eliminen los desniveles. En caso contrario, la senda peatonal deberá ser a nivel de calzada.

6.1.8 Vallas Peatonales

El propósito de las vallas peatonales es impedir el ingreso de peatones a la calzada en lugares inconvenientes y guiar a éstos al lugar adecuado para cruzar. La longitud apropiada de éstas depende de la ubicación de la facilidad peatonal en relación a la intersección o zona de cruce habitual de los peatones. No obstante, en el caso de Pasos Cebra en tramos de vía, se deben disponer a lo largo de 10 m, como mínimo, a cada lado de sus accesos. La provisión de longitudes mayores - si las circunstancias lo permiten - las tornará más efectivas.

Las vallas peatonales deben ubicarse sobre la acera, en forma paralela al eje longitudinal de la calzada y a una distancia entre 10 y 20 cm del borde de la solera. Su altura debe ser de a lo menos 1 m y su diseño debe ser tal, que sean difíciles de trepar.

La Figura 6.1 - 16 muestra ejemplos de vallas peatonales.

Figura 6.1 - 16
Ejemplos de Vallas Peatonales



6.1.9 Cumplimiento

En general, sólo se deben proveer facilidades peatonales en los lugares en que se pueda garantizar su respeto y utilización. De no ser ello posible, y particularmente en el caso de Pasos Cebra por el riesgo que puede significar, es preferible que ellos sean eliminados.

6.2 FACILIDADES PARA CICLISTAS

La bicicleta es un medio de transporte alternativo accesible a la gran mayoría de la población, con un indudable impacto positivo en la descontaminación ambiental y la salud de las personas, constituyendo además un elemento de esparcimiento. Por ello es necesario que los sistemas de transporte consideren adecuadamente la operación de bicicletas como un modo más, de manera que su interacción con el resto del tránsito vehicular no constituya un factor de riesgos de accidentes. En efecto, dada la evidente fragilidad de las bicicletas respecto de los vehículos motorizados, el tránsito de éstas debe realizarse en vías o sectores de la calzada que les brinden seguridad.

En la presente sección se entregan algunos criterios básicos que deben tomarse en cuenta al proveer de infraestructura especial para la circulación de bicicletas, y, principalmente, se especifica la señalización - tanto vertical como horizontal, y dirigida tanto a los ciclistas como a otros usuarios de las vías - que debe instalarse para cautelar la seguridad de tránsito en ella.

Cabe mencionar que las vías en que se implementen facilidades para la circulación de bicicletas deben ser tales, que ellas queden insertas dentro de un conjunto de vías o red. En este sentido, la experiencia nacional e internacional señala que la bicicleta constituye una real alternativa sólo para aquellos viajes de hasta 5 km de largo.

6.2.1 Función

La función de las facilidades para ciclistas es dar seguridad y comodidad al tránsito de bicicletas en una vía, otorgándole en algunos casos exclusividad de uso en parte de dicha vía o segregándolo del resto del tránsito. Su implementación debe considerar tanto la infraestructura necesaria - vías y estacionamientos - como la señalización que regule la circulación, advierta de peligros y guíe a los usuarios a través de las vías.

6.2.2 Definiciones

6.2.2.1 Cicloruta

Red de facilidades para la circulación de bicicletas entre un origen y un destino compuesta por Ciclovías, Ciclobandas y/o Ciclocalles.

Las facilidades destinadas a la circulación de bicicletas pueden ser de 3 tipos:

6.2.2.2 Ciclovía

Vía destinada al uso exclusivo de bicicletas que se encuentra segregada físicamente del tránsito de vehículos motorizados. El ancho de ellas varía según los volúmenes de bicicletas esperados. En todo caso, se recomienda un ancho mínimo de 1,2 m por sentido de circulación.

6.2.2.3 Ciclobanda

Pista o Senda sobre la calzada o acera segregada del tránsito vehicular o peatonal sólo por demarcación. Su ancho puede variar según el flujo esperado de bicicletas, pero no debe ser menor a 1,5 m. Sólo pueden ubicarse en vías donde la velocidad máxima permitida es igual o inferior a 60 km/h.

6.2.2.4 Ciclocalle

Vía convencional o peatonal donde circulan los bicicletas junto a otros vehículos motorizados, y/o peatones, cuya velocidad máxima permitida no excede los 30 km/h. Generalmente este tipo de vía contempla medidas calmantes de velocidad (traffic calming).

6.2.3 Señales verticales

Al igual que las señales verticales definidas en el Capítulo 2, las señales asociadas al uso de bicicletas en vías con o sin facilidades para ellas, cumplen tres funciones básicas: regular la circulación (reglamentarias), advertir sobre peligros (preventivas) y guiar a los ciclistas a través de ciclorutas (informativas). La disposición frecuente de señales informativas ayuda a mantener a los ciclistas en la ruta diseñada.

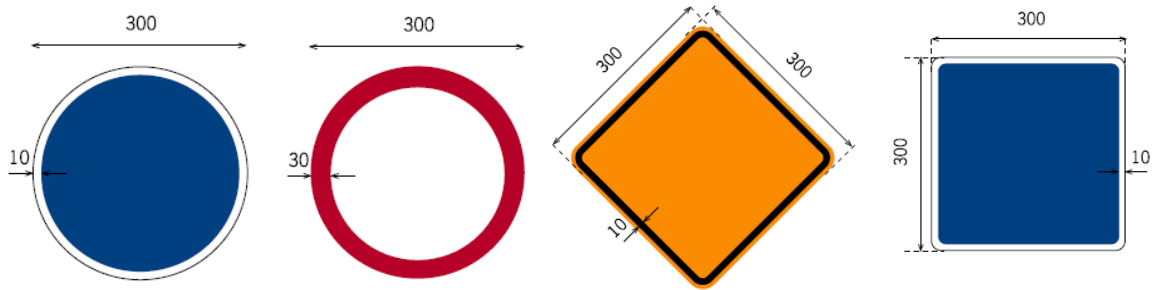
En esta sección se especifica el diseño y dimensiones de las señales verticales para Ciclorutas, cuyo mensaje está dirigido fundamentalmente a ciclistas y/o peatones. Las características de señales verticales dirigidas también a vehículos motorizados se encuentran en el Capítulo 2.

6.2.3.1 Tamaño

En ciclobandas y ciclocalles el tamaño de las señales no difiere del de las dirigidas a los conductores de vehículos motorizados en general, por lo que éste debe corresponder al establecido para vías donde la velocidad máxima sea igual o inferior a 60 km/h.

Diferente es el caso de las señales que se ubican en ciclovías. Éstas, que sólo requieren ser percibidas por ciclistas, son de tamaño inferior. La Figura 6.2 - 1 muestra estas dimensiones para el caso de señales reglamentarias y de advertencia. No obstante, cuando se requiera mejorar la visibilidad de una señal, estas dimensiones podrán ser aumentadas, siempre que se mantenga la proporcionalidad de los elementos que la componen.

Figura 6.2 - 1



Cotas en milímetros

El detalle de las señales más comunes cuando se implementan facilidades para ciclistas se especifica más adelante.

6.2.3.2 Emplazamiento

En ciclocalles y ciclobandas, el emplazamiento de la señal debe ceñirse a lo especificado en el Capítulo 2 de este Manual, precavido que aquellas señales destinadas sólo a ciclistas no causen confusión a los conductores de vehículos motorizados.

En ciclovías se recomienda que para el emplazamiento lateral y altura de la señal se tomen como guía las distancias mínimas mostradas según la Figura 6.2 - 2 y Tabla 6.2 - 1.

Figura 6.2 - 2



Tabla 6.2 - 1

	A (m)		H (m)	
	Mínimo	Mínimo	Mínimo	Máximo
Ciclobanda y ciclocalle urbana con solera	0,3	1,8	1,8	2,2
Ciclovía urbana	0,6	1,8	1,8	2,2
Ciclovía rural	0,6	1,2	1,2	2,2
Ciclobanda y ciclocalle urbana sin solera	1,5	1,8	1,8	2,2

6.2.3.3 Retroreflexión e Iluminación

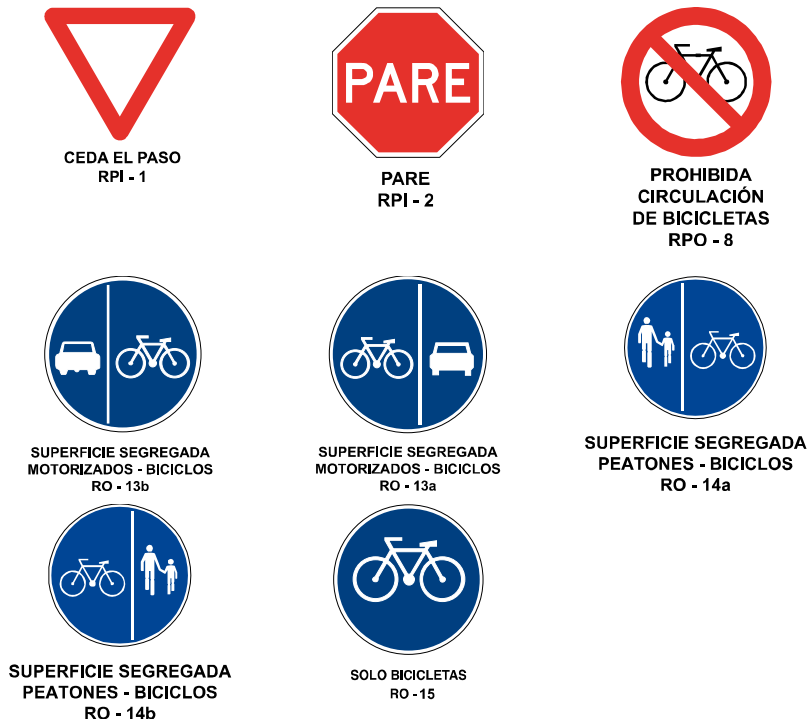
Las señales verticales dirigidas a ciclistas, al igual que las otras señales de tránsito, deben ser visibles por los ciclistas en cualquier período del día y bajo toda condición climática. Por ello deben ubicarse cercanas a luminarias. Cuando éstas no existan, debe proveerse iluminación a la señal.

Las señales verticales de ciclobandas y ciclocalles, así como las ubicadas en cruces de ciclovías con vías destinadas sólo al tránsito de vehículos motorizados, deben ser retroreflectantes y cumplir siempre con los niveles mínimos de retroreflexión que se señalan en el Capítulo 2, punto 2.1.3.4.

6.2.3.4 Señales Reglamentarias

Las señales reglamentarias más comúnmente utilizadas en Ciclorutas se muestran en la Figura 6.2 - 3

Figura 6.2 - 3



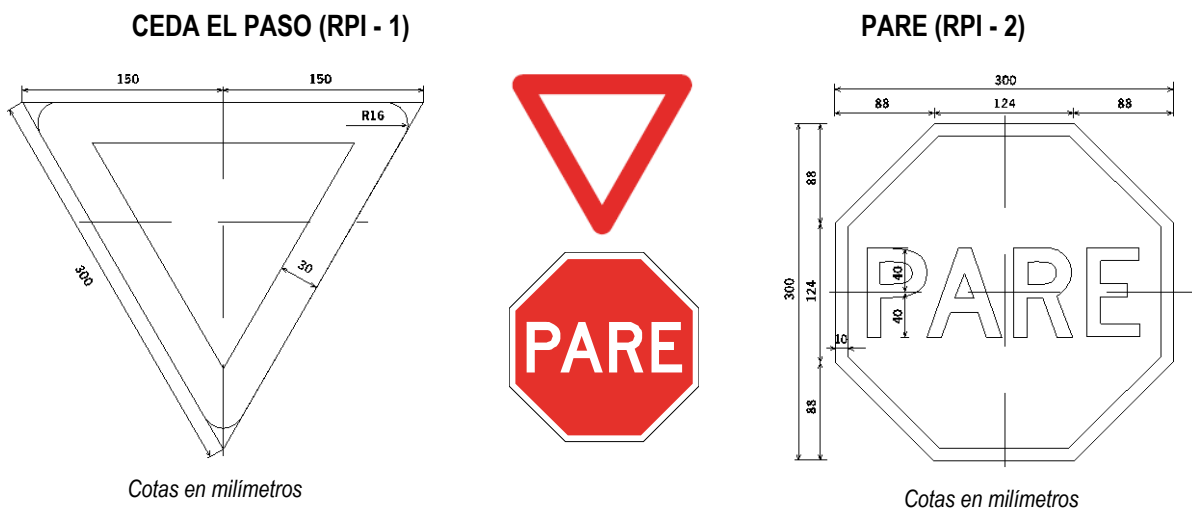
En ciclobandas y ciclocalles, las señales de prioridad utilizadas para regular el derecho preferente de paso se deben instalar de acuerdo con los criterios contenidos en el Capítulo 2 de este Manual.

En los cruces de ciclovías con vías con tránsito de vehículos motorizados, deberán instalarse señales reglamentarias de prioridad si el flujo total de vehículos motorizados es inferior a 500 veh/h en cada una de las 8 horas de mayor demanda de un día promedio, de lo contrario debe utilizarse semáforo. La determinación de la señal, PARE o CEDA EL PASO, deberá fundarse en el criterio de visibilidad referido en el Capítulo 2.

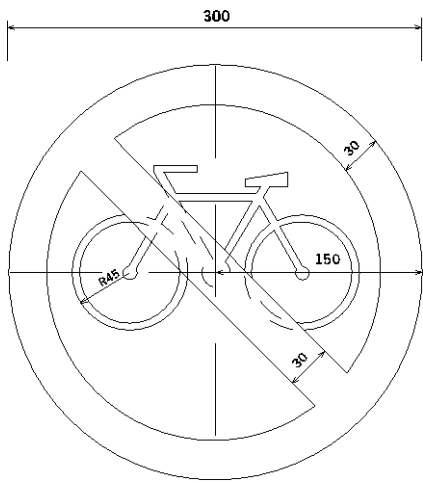
La instalación de estas señales debe complementarse siempre con la respectiva demarcación, en la medida que la superficie lo permita.

6.2.3.4.1 Dimensiones

A continuación se muestra el detalle de las señales reglamentarias más utilizadas cuyo tamaño es inferior al normalmente utilizado en las vías según lo expresado en 6.2.3.1, reiterándose que las dimensiones de las señales SUPERFICIE SEGREGADA MOTORIZADOS – BICICLOS (RO - 13a y RO - 13b) deben corresponder a las establecidas en el Capítulo 2 para una velocidad de 60 km/h.



PROHIBIDA CIRCULACIÓN DE BICICLETAS (RPO - 8)

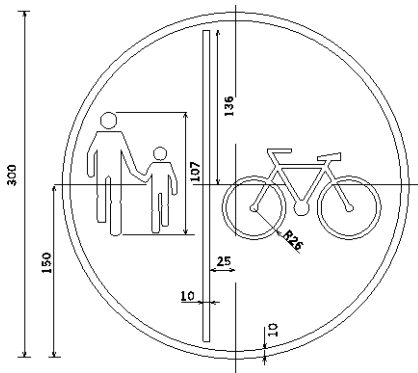


Esta señal, con estas dimensiones, se utiliza en aceras u otras vías peatonales donde la circulación de bicicletas esté prohibida.

Cotas en milímetros

SUPERFICIE SEGREGADA PEATONES – BICICLOS

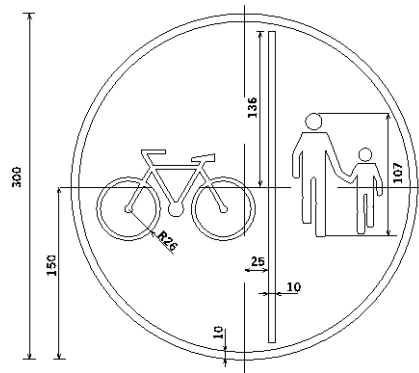
(RO - 14a)



Cotas en milímetros



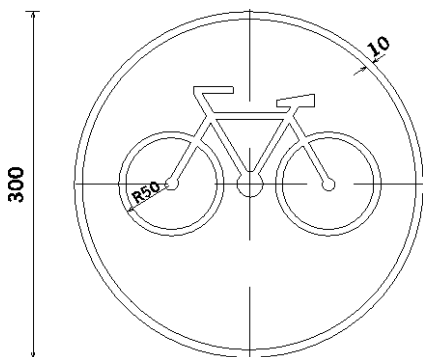
(RO - 14b)



Cotas en milímetros

Estas señales se utilizan para indicar a los peatones la existencia de una pista exclusiva para bicicletas y que deben caminar por el costado de ésta, enfrentando la circulación de bicis.

SOLO BICICLETAS (RO - 15)



Cotas en milímetros



Esta señal se debe instalar después de cada cruce de la ciclovia con una vía convencional, pudiendo además ser reiterada a lo largo de la ciclovia.

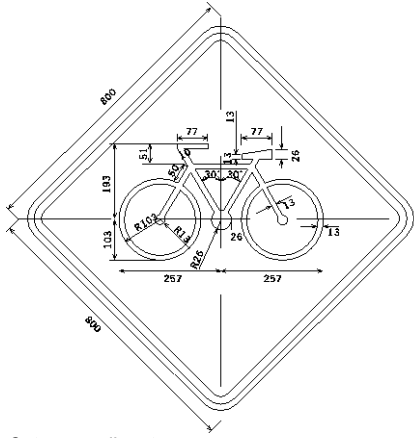
También se utiliza en una placa rectangular blanca con la leyenda SOLO BICICLETAS.

6.2.3.5 Señales de Advertencia de Peligro

Las señales de advertencia de peligro deben ubicarse con la debida anticipación, de manera que los ciclistas y conductores tengan el tiempo adecuado para percibir, identificar, tomar la decisión y ejecutar con seguridad la maniobra que la situación requiera. Dicha distancia debe ser de a lo menos 25 m en facilidades urbanas y de 40 m en aquellas de carácter rural.

Las señales preventivas más comunes cuando hay facilidades para el tránsito de ciclistas se muestran a continuación. Éstas deben tener las dimensiones establecidas en el Capítulo 2, dado que están dirigidas a los conductores de vehículos motorizados.

CICLISTAS EN LA VÍA (PO - 2)

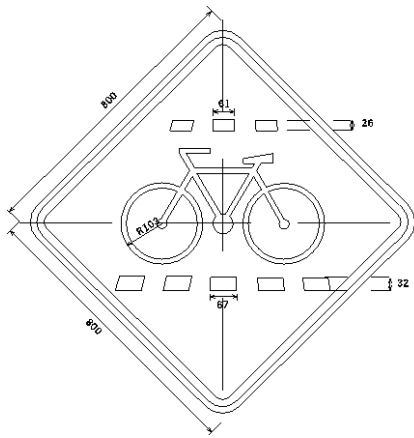


Cotas en milímetros



Se usa en ciclocalles y ciclobandas para advertir a los conductores de vehículos motorizados la probable presencia de ciclistas circulando por la vía. Es obligatoria en ciclocalles y ciclobandas.

CRUCE DE CICLISTAS (PO - 14)



Cotas en milímetros

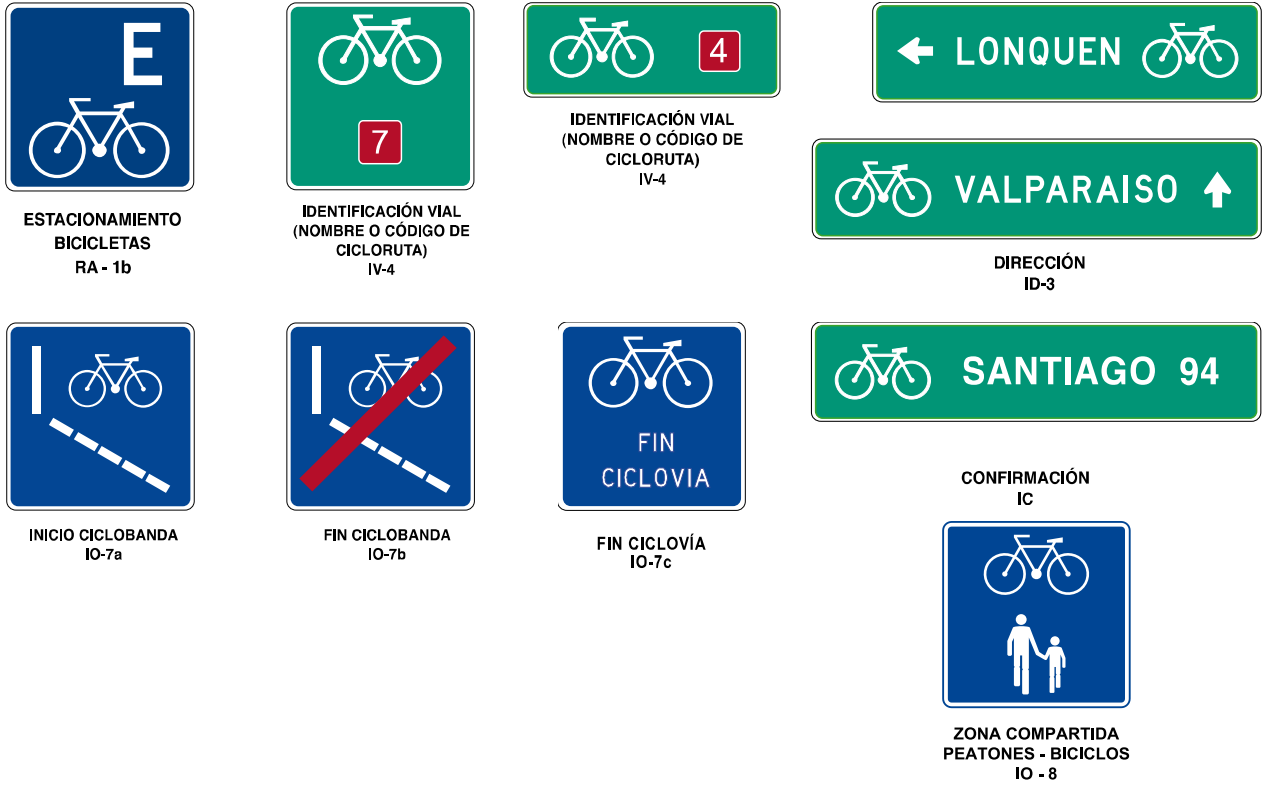


Advierte a los conductores de vehículos motorizados la proximidad de un cruce con una cicloruta. No debe ser usada cuando el cruce forma parte de una intersección semaforizada.

6.2.3.6 Señales Informativas

Estas señales están descritas detalladamente en el Capítulo 2 de este Manual, siendo aplicables aquí los mismos criterios de instalación y consideraciones de diseño ahí especificados, con la salvedad de que, en general, las señales informativas asociadas a facilidades para ciclistas se caracterizan por contener el símbolo de una bicicleta formando parte de su diseño, como se muestra en la Figura 6.2 - 4. A continuación se muestran ejemplos de las señales informativas más comunes.

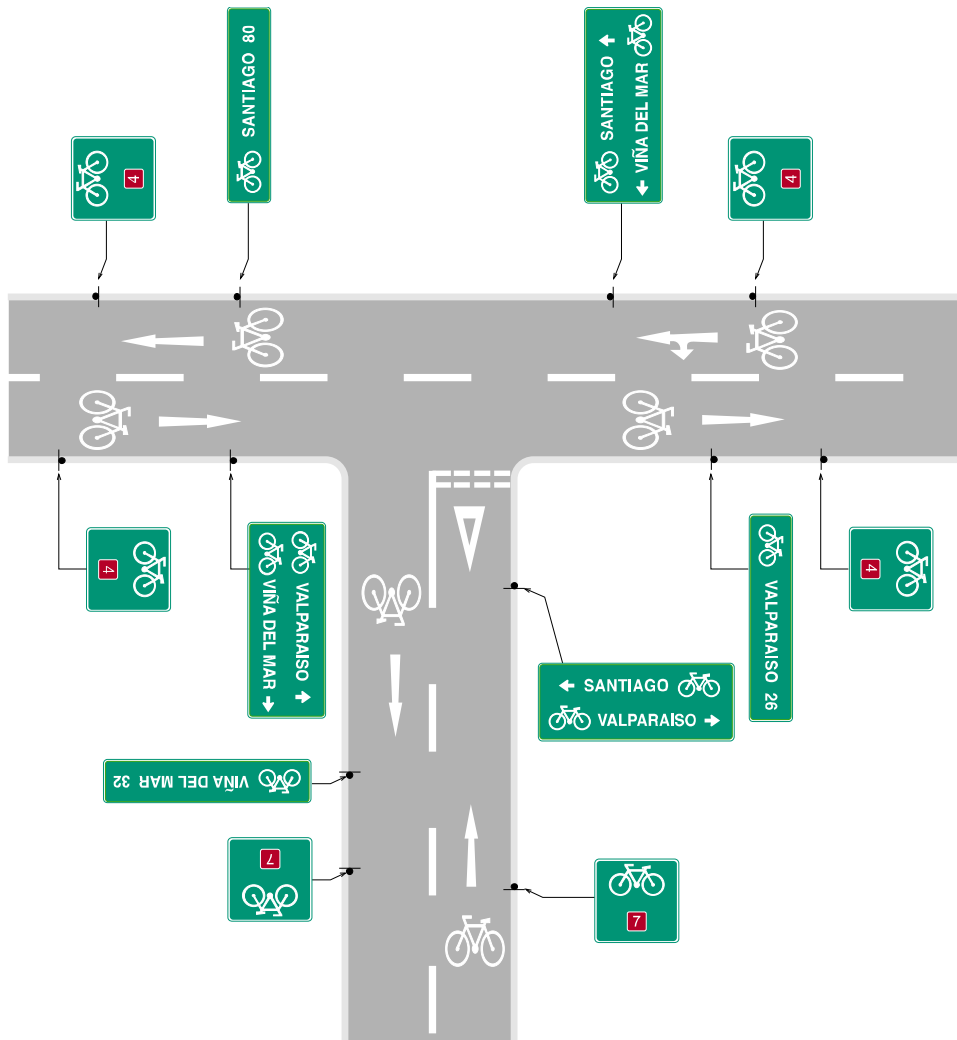
Figura 6.2 - 4



Se debe tener presente que la repetición de señales informativas, ya sea a través de una secuencia en la ruta o instaladas en ambos costados de ella, ofrece al conductor más de una oportunidad para obtener la información que se desea entregarle.

La Figura 6.2 - 5 muestra un ejemplo de aplicación de señales informativas de dirección, de confirmación y de identificación vial en ciclovías.

Figura 6.2 - 5



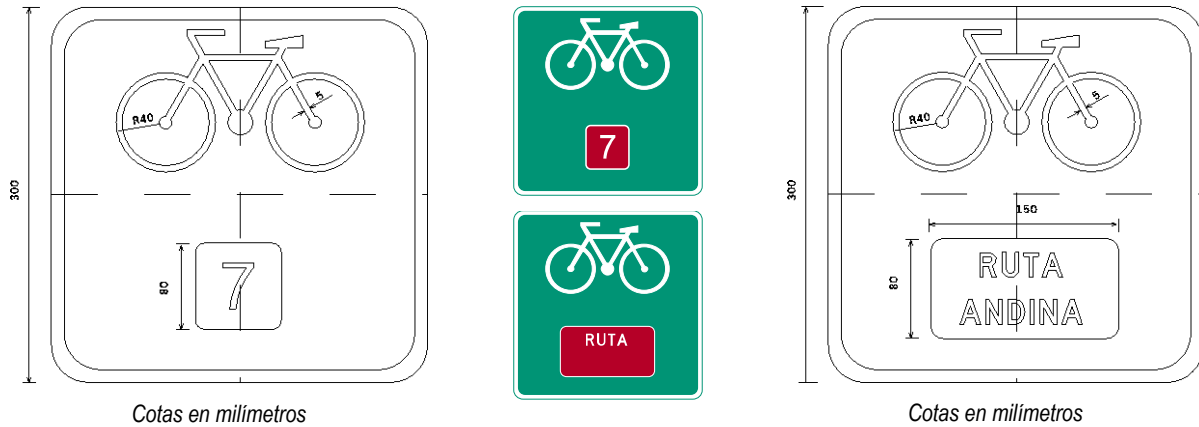
6.2.3.6.1 Tamaño y Diagramación

Las señales informativas de ciclobandas y ciclocalles deben diagramarse según el Capítulo 2 de este Manual.

Las leyendas de las señales informativas en facilidades para ciclistas se escriben con letras mayúsculas. Las alturas mínimas de letras para ciclovías es de 5,0 cm.

6.2.3.6.2 Señales Informativas de Identificación de Ciclorrutas y Destinos

NOMBRE O CÓDIGO DE CICLORRUTA (IV - 4)



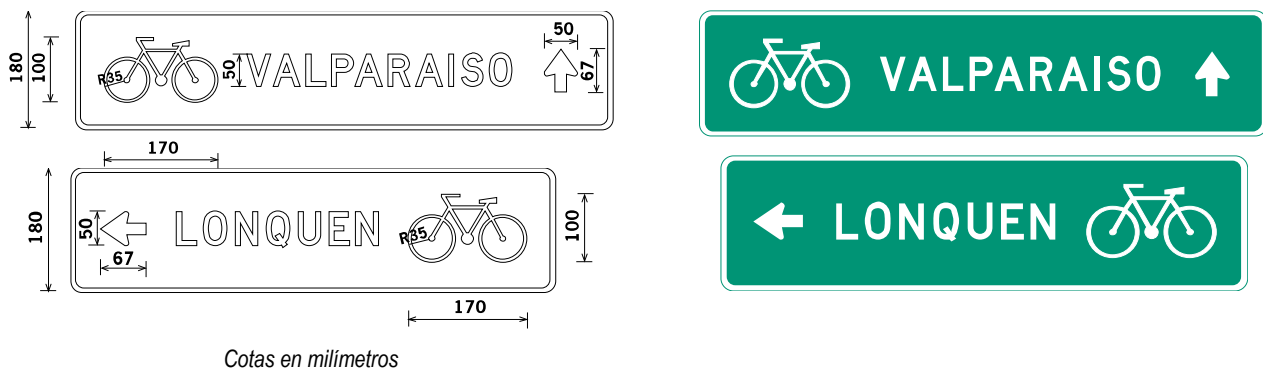
Estas señales se utilizan para individualizar las vías que forman parte de una ciclorruta, de acuerdo a la denominación oficial establecida por la autoridad competente.

Dada su función, en ciclorrutas estas señales deben colocarse más frecuentemente que en otras vías.

Tratándose de ciclorrutas emplazadas en parque nacionales, el tamaño de estas señales puede ser reducido en un 50%.

A esta señal puede agregársele una flecha que indique hacia donde se encuentra la ciclorruta indicada cuando se instale en las inmediaciones de una ciclorruta.

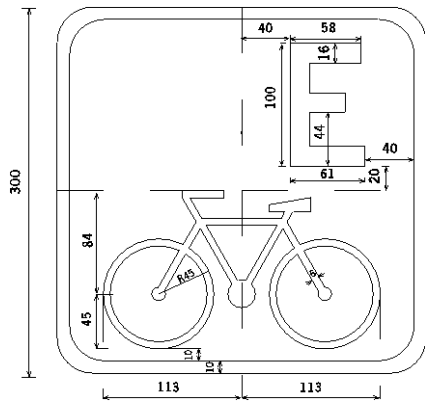
DIRECCIÓN CICLORRUTA (ID - 3)



Estas señales informan a los ciclistas la dirección a seguir para alcanzar un destino.

6.2.3.6.3 Señal Informativa de Estacionamiento

ESTACIONAMIENTO DE BICICLETAS (IE - 1b)



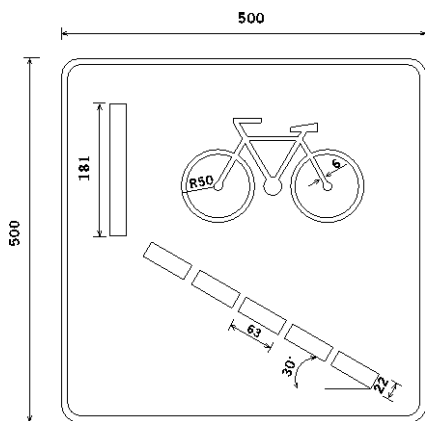
Cotas en milímetros



Esta señal informa acerca la existencia de un estacionamiento para bicicletas.

6.2.3.6.4 Otras Señales Informativas

INICIO CICLOBANDA (IO - 7a)

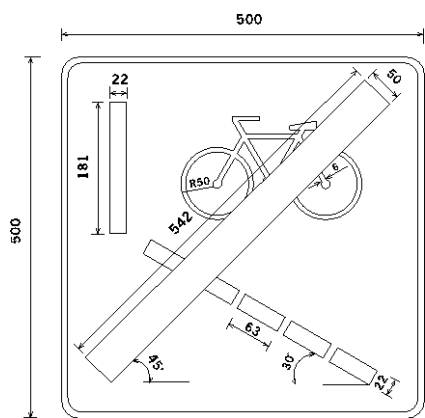


Cotas en milímetros



Esta señal informa de la proximidad del inicio de una Ciclobanda. Debe ser instalada con la suficiente antelación.

FIN CICLOBANDA (IO - 7b)

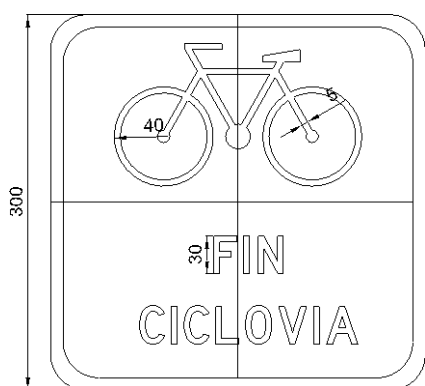


Cotas en milímetros



Esta señal informa del fin de una Ciclobanda.

FIN CICLOVÍA (IO - 7c)

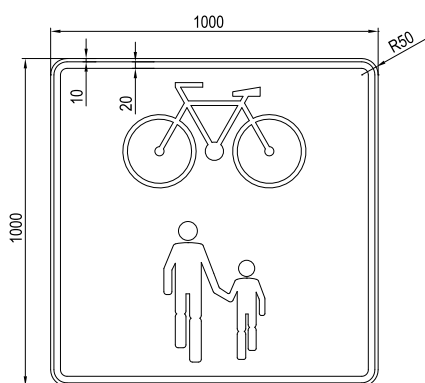


Cotas en milímetros



Esta señal se utiliza para indicar el término de una ciclovia

ZONA COMPARTIDA PEATONES – BICICLOS (IO - 8)



Cotas en milímetros



Esta señal se utiliza principalmente en parques que cuentan con facilidades para la circulación de bicicletas, que pueden formar parte de una cicloruta, y en las que el espacio público es compartido por peatones y ciclistas.

6.2.4 Demarcaciones

En general, todas las ciclorutas deberían contar con las demarcaciones requeridas, siendo obligatorias a lo largo de ciclobandas y en cruces de ciclovías con vías convencionales, como se señala más adelante.

En ciclorutas sólo se deben utilizar demarcaciones planas, de hasta 6 mm de altura.

6.2.4.1 Dimensiones

Las demarcaciones emplazadas en ciclovías y ciclorutas, se detallan más adelante. Cuando se requiera mejorar la visibilidad de una demarcación, tales dimensiones pueden ser aumentadas, debiendo en todo caso las leyendas y símbolos mantener sus proporciones.

En la Tabla 6.2 - 2 se señalan las tolerancias aceptadas.

Tabla 6.2 - 2
Tolerancias en las Dimensiones de Demarcaciones Planas

Dimensión	Tolerancia Permitida
Ancho de una línea	± 5%
Largo de una línea segmentada	± 10% - 5%
Dimensiones de símbolos o letras	± 5%
Separación entre líneas	± 5%

6.2.4.2 Retrorreflexión

Las demarcaciones deben ser visibles en cualquier período del día y bajo toda condición climática, por ello las dispuestas en ciclobandas y ciclocalles se deben realizar con materiales que aseguren su retrorreflexión. Las demarcaciones, exceptuadas las ubicadas en ciclovías, deben presentar permanentemente los valores mínimos de retrorreflexión señalados en el Capítulo 3.

6.2.4.3 Color y otras características

Las demarcaciones en ciclorutas son blancas y deben cumplir además con las especificaciones de contraste y de resistencia al deslizamiento, establecidas según el Capítulo 3.

6.2.4.4 Líneas Longitudinales

Las líneas longitudinales se utilizan en ciclovías y ciclobandas para separar flujos de distinto tipo o dirección, indicando además cuando el adelantamiento o viraje está permitido. Según su ubicación se clasifican en:

- Líneas Longitudinales para Ciclovías
- Líneas Longitudinales para Ciclobandas

6.2.4.4.1 Líneas Longitudinales para Ciclovías

Se ubican principalmente en el eje central de la ciclovía y se utilizan para separar flujos de bicicletas con sentido de circulación opuestos. También se utilizan para indicar la senda de los ciclistas al cruzar una vía convencional.

a) Líneas de Eje Central Continuas

Cuando las características geométricas y/o del entorno de un determinado sector obstruyan la visibilidad, se debe indicar a los usuarios la prohibición de adelantar o virar mediante una línea de eje central continua. Ver Figura 6.2 - 6. Esta línea debe tener un ancho mínimo de 10 cm.

Figura 6.2 - 6



b) Líneas de Eje Central Segmentadas

Se emplean donde el adelantamiento y virajes están permitidos. Cuando se demarquen a lo largo de la ciclovía su patrón debe ser de 3 m, con una relación de 1 m demarcado seguido de una brecha de 2 m sin demarcar. El ancho mínimo de la línea debe ser 10 cm. Ver Figura 6.2 - 7.

Figura 6.2 - 7



Cotas en centímetros

c) Otras Líneas Longitudinales

La senda que deben seguir los ciclistas cuando una ciclovía cruza una vía convencional queda delimitada por líneas segmentadas, constituidas por cuadrados blancos de 50 cm de lado y separados también por 50 cm; la senda puede reforzarse con tachas retrorreflectantes blancas ubicadas brecha por medio. Ver Figura 6.2 - 8 Cuando la senda para ciclistas coexista con un paso cruce peatonal, intercala entre la senda peatonal y la línea de detención de vehículos motorizados. Ver Figura 6.2 - 9. Solo excepcionalmente el paso de peatones puede ser compartido con ciclistas.

Figura 6.2 - 8

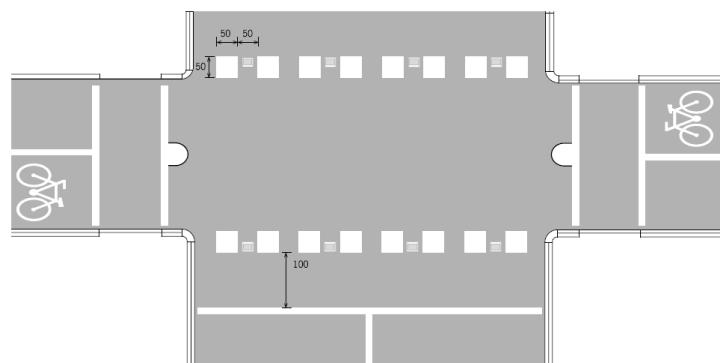
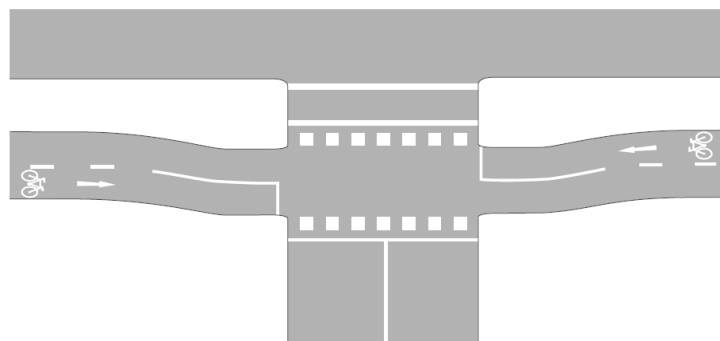


Figura 6.2 - 9



Cotas en centímetros

6.2.4.4.2 Líneas Longitudinales para Ciclobandas

Se utilizan para indicar la existencia de un sector de la calzada o acera donde se permite sólo la circulación de bicicletas o éstas tienen prioridad sobre otros vehículos.

a) Líneas Longitudinales Continuas

Se emplean para delimitar la zona de la calzada o acera cuyo uso está destinado sólo a bicicletas. Su ancho mínimo, en calzadas, debe ser 50 cm. Ver Figura 6.2 - 10.

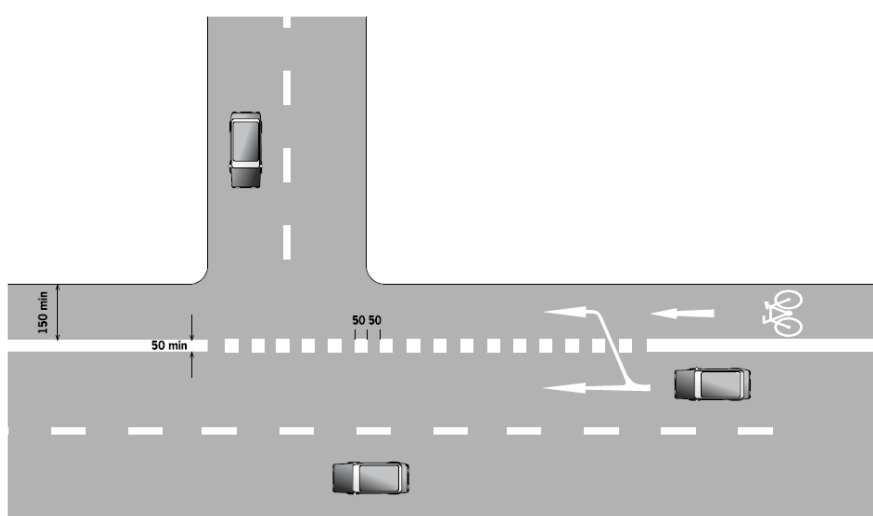
El borde externo de la línea, esto es, el adyacente a la superficie de rodadura para vehículos motorizados, debe estar a 3 m, como mínimo, de la solera opuesta, recomendándose un ancho mínimo para la ciclobanda, medido desde el borde interno de la línea, de a lo menos a 1,5 m.

Tratándose de ciclobandas emplazadas en aceras, el ancho de las líneas longitudinales que las delimitan puede reducirse hasta a 15 cm, o bien, puede prescindirse de ellas siempre y cuando la superficie de la ciclobanda sea de un color que contraste efectivamente con el de las aceras.

b) Líneas Longitudinales Segmentadas

Estas líneas se emplean en las cercanías de intersecciones, para indicar a los conductores de vehículos motorizados dónde pueden virar a la derecha, siempre que en la cercanía del cruce no se encuentren ciclistas utilizando la ciclobanda. Su patrón debe ser de 1 m, con una relación de 0,5 m demarcado seguido de una brecha de 0,5 m. Ver Figura 6.2 - 10.

Figura 6.2 - 10



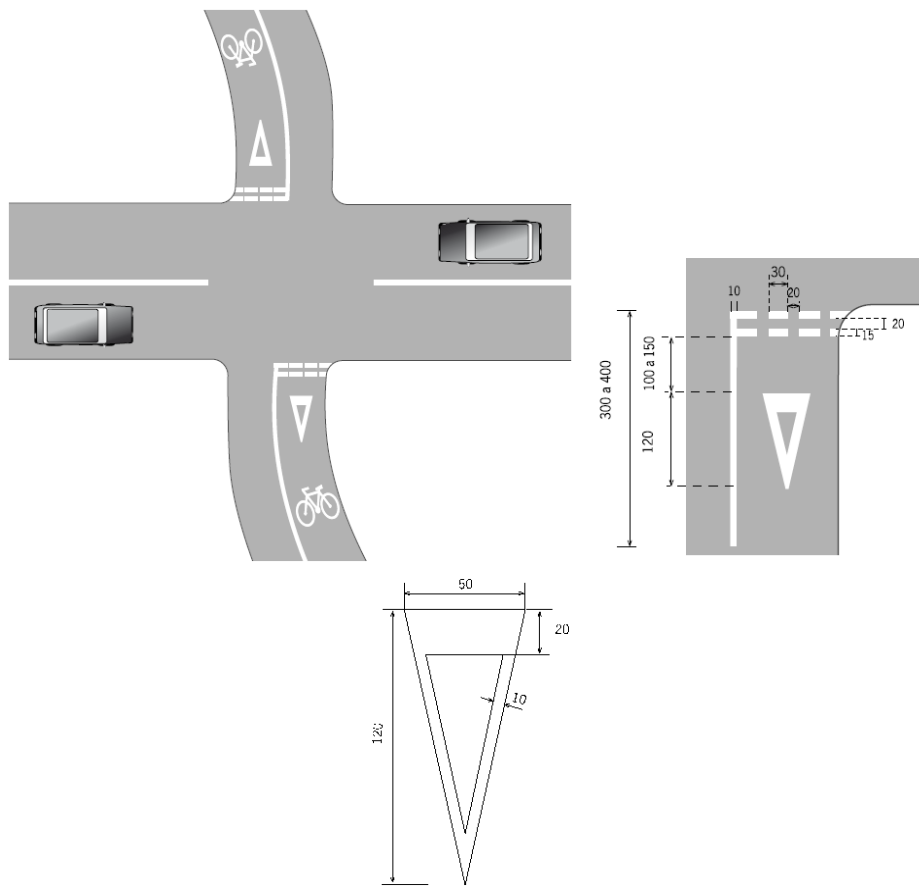
Cotas en centímetros

6.2.4.5 Líneas Transversales

Se utilizan en cruces a nivel de una cicloruta con vías utilizadas por vehículos motorizados, para indicar el lugar antes del cual las bicicletas deben detenerse. Pueden ser continuas o segmentadas.

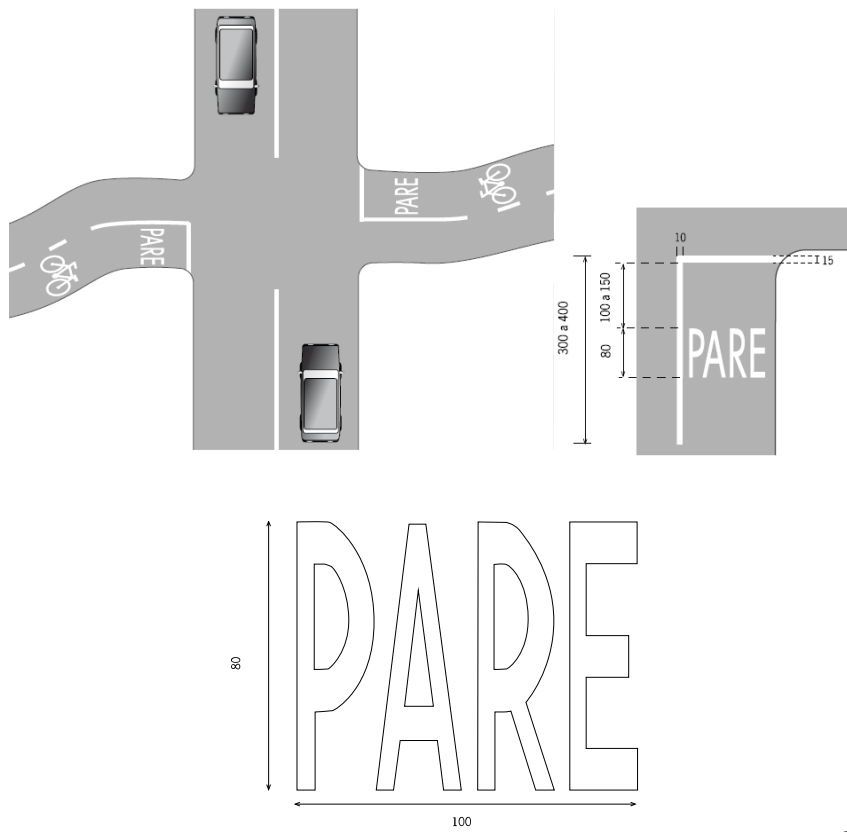
En ciclocalles se debe utilizar la demarcación de prioridad definida en el Capítulo 3 de este Manual. En ciclobandas y ciclovías que cruzan vías convencionales, estas demarcaciones se muestran a continuación en las Figuras 6.2 - 11, 6.2 - 12 y 6.2 - 13.

Figura 6.2 - 11
Cruce controlado por Señal CEDA EL PASO



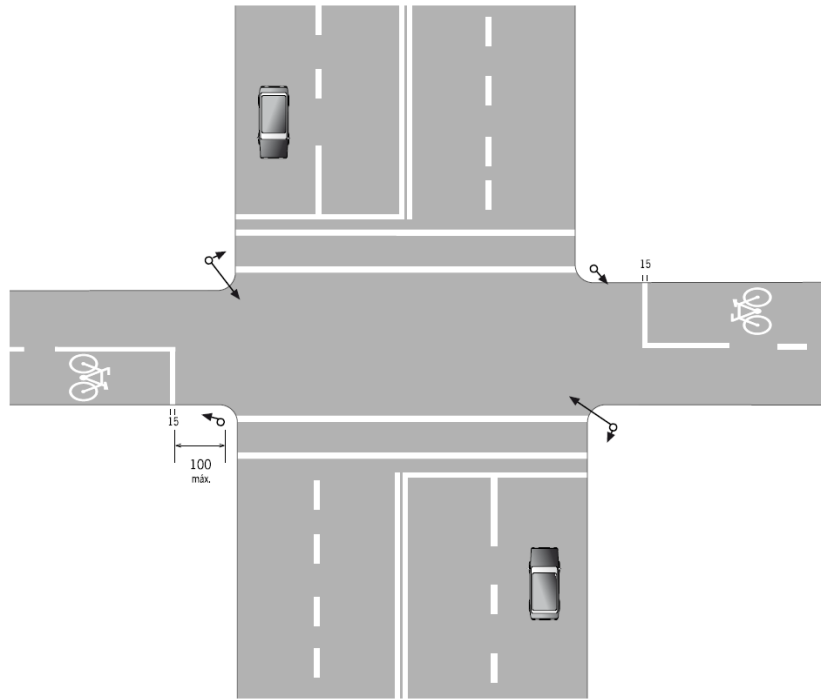
Cotas en centímetros

Figura 6.2 - 12
Cruce controlado por señal PARE



Cotas en centímetros

Figura 6.2 - 13
Cruce Semaforizado



Cotas en centímetros

6.2.4.6 Símbolos y Leyendas

Se emplean para indicar al ciclista maniobras permitidas, regular la circulación y advertir sobre peligros. Se incluyen en este tipo de demarcación el símbolo de ciclovía o ciclobanda, las flechas y señales como CEDA EL PASO, PARE, entre otras.

Estas señales deben demarcarse en el centro de cada una de las pistas en que se aplican y si las condiciones del tránsito o de la vía lo hacen necesario pueden ser repetidas a lo largo de la cicloruta.

6.2.4.6.1 Ciclovía o Ciclobanda

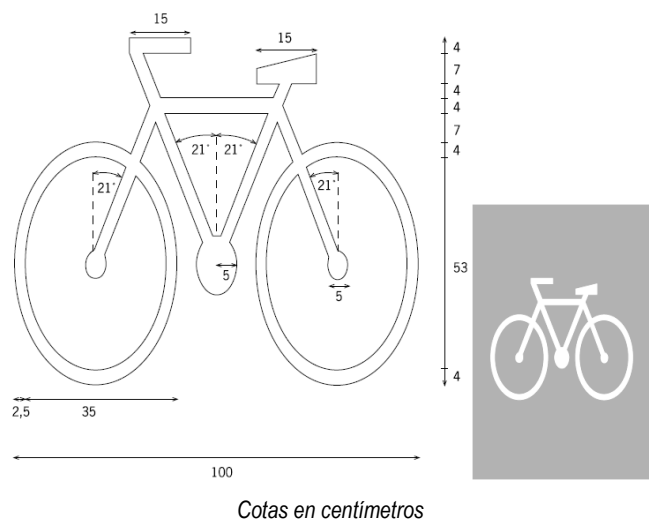
Este símbolo advierte que la calzada o pista donde se ubica está destinada sólo a la circulación de bicicletas. Se debe demarcar siempre que exista la posibilidad de ingreso a la ciclovía o ciclobanda de otro tipo de vehículos, como ocurre en intersecciones y conexiones con calzadas laterales.

Sus dimensiones para una pista de 1,2 m de ancho se detallan en la Figura 6.2 - 14. Cuando el ancho es inferior, tales dimensiones deberán reducirse proporcionalmente.

En las ciclobandas se recomienda reiterar esta demarcación cada 30 m.

Puede utilizarse como complemento de la señal vertical SOLO BICICLETAS (RO - 15).

Figura 6.2 - 14



Cotas en centímetros

También es conveniente proveer este símbolo al interior de cruces no semaforizados de ciclovías con vías convencionales. Ver Figura 6.2 - 16. Cuando este símbolo se demarca después de un cruce con una vía convencional debe complementarse con la flecha recta a que se refiere el punto 6.2.4.6.3 letra a). Ver Figura 6.2 - 17 y 6.2 - 17.

Figura 6.2 - 15

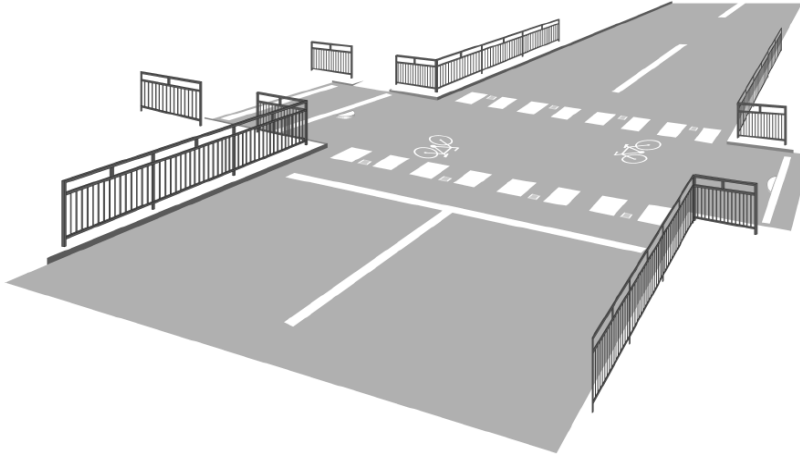
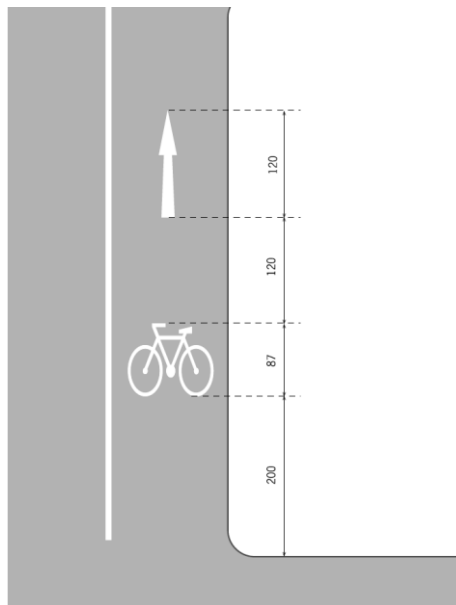


Figura 6.2 - 16



Cotas en centímetros.

6.2.4.6.2 Ceda el Paso

Las especificaciones de este símbolo se muestran en la Figura 6.2 - 11.

6.2.4.6.3 Flechas

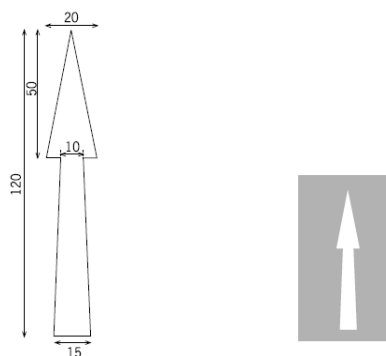
Las flechas demarcadas en el pavimento se utilizan fundamentalmente para indicar y advertir al ciclista la dirección y sentido que debe seguir cuando transita por una ciclorruta.

En el caso de ciclobandas también tiene aplicación la flecha de incorporación a pista de tránsito exclusivo a que alude el punto 3.4.3.7 del Capítulo 3.

a) Flecha Recta

Indica que la pista donde se ubica está destinada al tránsito que continúa en línea recta. En general se utiliza en aproximaciones a intersecciones, empalmes o enlaces. También se utiliza complementando el símbolo de ciclovía o ciclobanda según lo expresado en el punto 6.2.4.6.1.

Figura 6.2 - 17

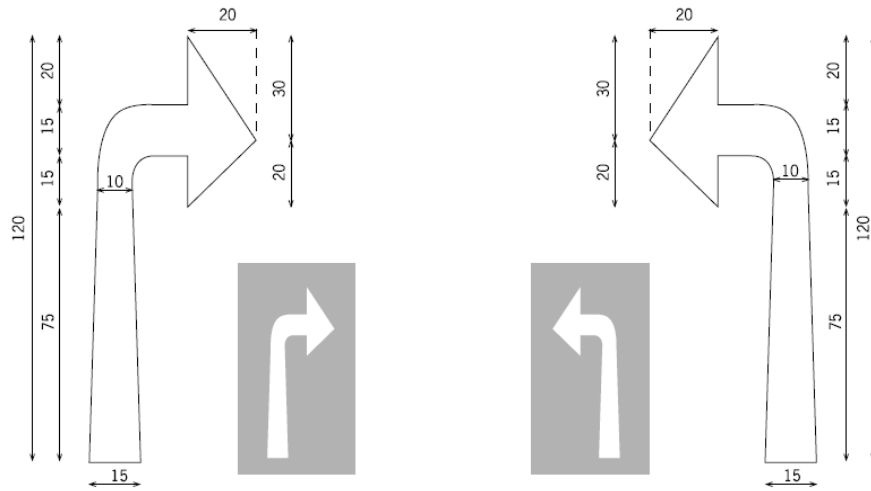


Cotas en centímetros

b) Flecha de Viraje

Indica que la pista donde se ubica está destinada al tránsito que vira en la dirección y sentido señalado por la flecha. En general se utiliza en las proximidades de intersecciones para señalar a los ciclistas que en el cruce sólo es posible virar.

Figura 6.2 - 18

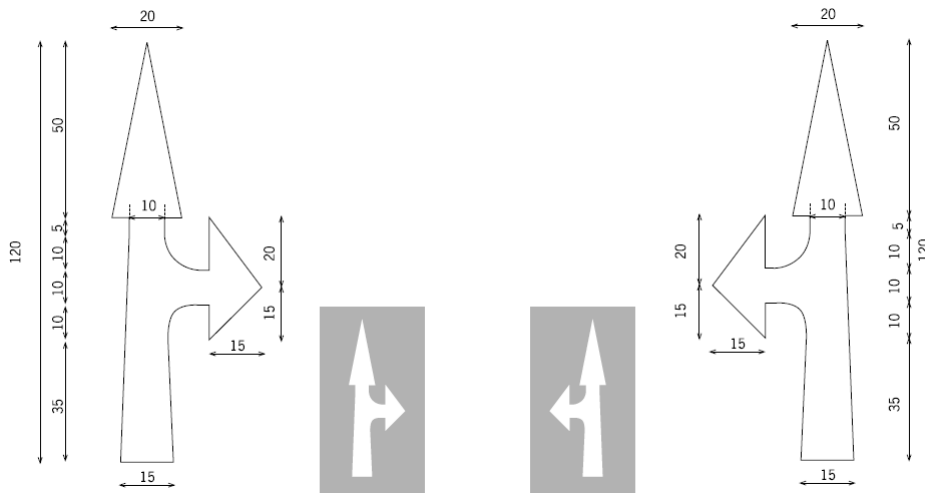


Cotas en centímetros

c) Flecha Recta y de Viraje

Indica que la pista donde se ubica está destinada tanto al tránsito que continúa en línea recta como al que vira en la dirección y sentido indicado por la flecha de viraje. Se utiliza en las proximidades de intersecciones y empalmes para advertir a los conductores las maniobras permitidas en esos lugares.

Figura 6.2 - 19



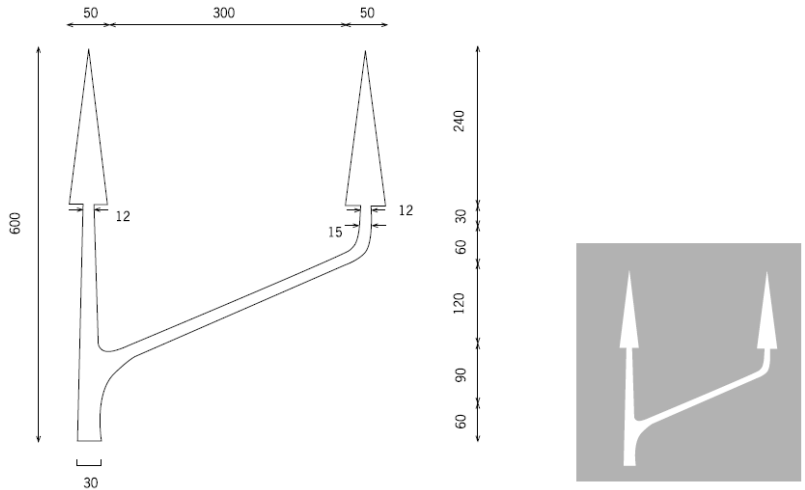
Cotas en centímetros

d) Flecha de Incorporación a Pistas de Tránsito Exclusivo

Indica a conductores de vehículos motorizados los lugares donde pueden ingresar a una ciclobanda para virar a la derecha. Ver Figura 6.2 - 10.

Las dimensiones de esta flecha para un ancho de pista de 1,2 m se detallan en la Figura 6.2 - 21. Cuando dicho ancho sea inferior, tales dimensiones deberán reducirse proporcionalmente.

Figura 6.2 - 20



Cotas en centímetros

6.2.4.6.4 Leyendas

Las leyendas más comunes se detallan en el Capítulo 3. Por ser de uso más frecuente en ciclovías, además de la leyenda PARE cuyas especificaciones se muestran en la Figura 6.2 - 12, a continuación se muestra la leyenda LENTO, para un ancho de pista de 1,2 m, utilizada para advertir la proximidad de un riesgo que hace aconsejable disminuir la velocidad.

Figura 6.2 - 21

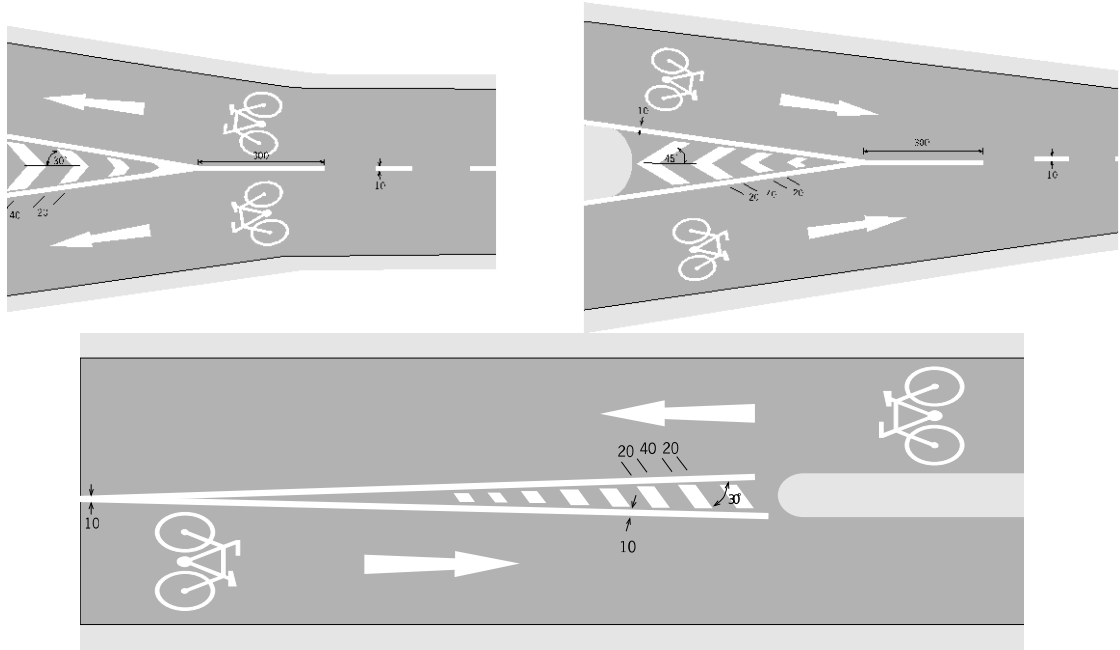


Cotas en centímetros

6.2.4.7 Demarcación de Tránsito Divergente y Convergente

Cuando exista una isla central o bandejón en la ciclovía, se debe canalizar el flujo divergente o convergente según se muestra en la Figura 6.2 - 22.

Figura 6.2 - 22

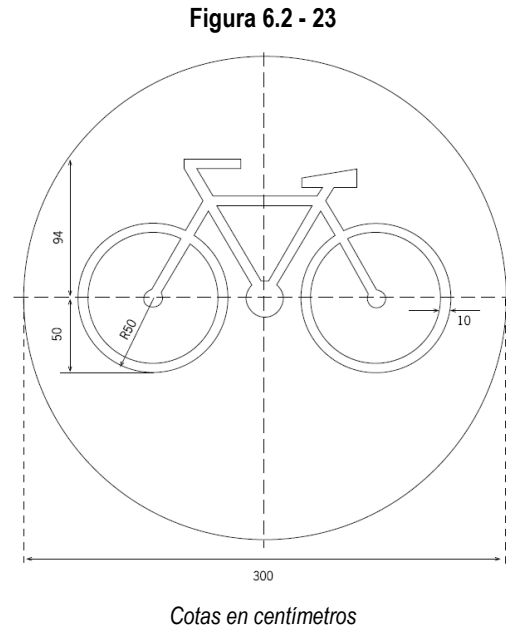


Cotas en centímetros

6.2.5 Semáforos

En general los cruces semaforizados de una cicloruta permiten regular la circulación de los ciclistas a través de las lámparas de semáforos vehiculares y peatonales. Sin embargo, se deben instalar cabezales y lámparas especiales para los ciclistas cuando, desde la línea de parada de la ciclovía o ciclobanda, no sea posible ver al frente alguna de dichas lámparas, o cuando los ciclistas deben recibir indicaciones diferentes a las entregadas por los cabezales destinados a peatones y otros vehículos.

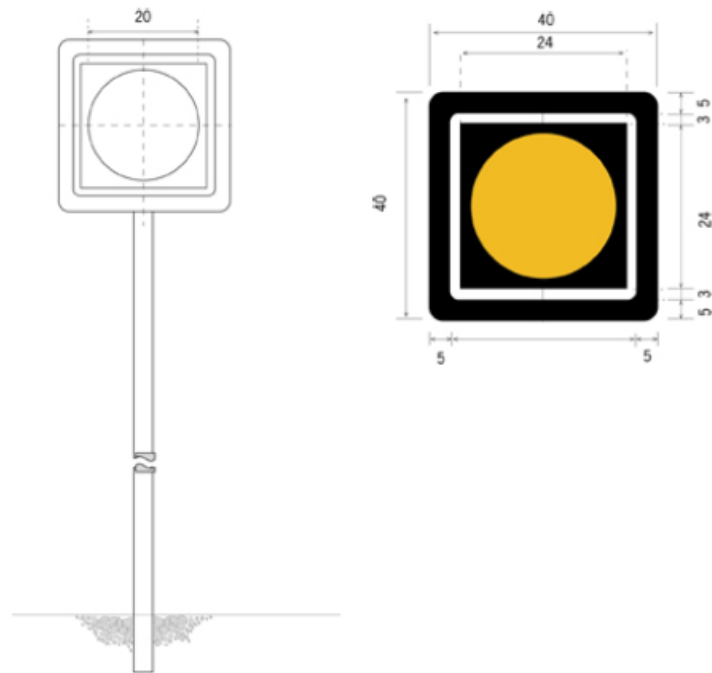
Los cabezales especiales dirigidos hacia los ciclistas están conformados por dos lentes, rojo y verde, con la indicación mostrada en la Figura 6.2 - 23.



6.2.6 Luces

La señalización que advierte a los conductores de vehículos motorizados la proximidad de un cruce con una ciclovía no regulado, puede ser reforzada con un luces intermitentes – 1 a 2 pulsaciones por segundo - , como las referidas en el punto 7.3.6 del Capítulo 7.

Figura 6.2 - 24



CAPÍTULO 7
ELEMENTOS DE APOYO PERMANENTE

7	ELEMENTOS DE APOYO PERMANENTE	7—5
7.1	GENERALIDADES SOBRE ELEMENTOS DE APOYO PERMANENTE: DELINEACIÓN Y SEGREGACIÓN.....	7—5
7.1.1	Función	7—5
7.1.2	Clasificación.....	7—5
7.1.3	Características Básicas.....	7—5
7.1.4	Emplazamiento	7—6
7.1.5	Sistema de Soporte.....	7—6
7.2	DELINEADORES	7—7
7.2.1	Función	7—7
7.2.2	Clasificación.....	7—7
7.2.3	Delineador Vertical.....	7—7
7.2.4	Delineador Direccional.....	7—9
7.2.5	Placas (Captafaros).....	7—11
7.3	HITOS DE ADVERTENCIA.....	7—12
7.3.1	Función	7—12
7.3.2	Clasificación.....	7—12
7.3.3	Hito Vertical.....	7—12
7.3.4	Hito de Vértice	7—13
7.3.5	Hito Luminoso.....	7—14
7.3.6	Luces	7—15
7.4	SEGREGADORES DE FLUJO.....	7—16
7.4.1	Función	7—16
7.4.2	Clasificación.....	7—17
7.4.3	Tachón.....	7—17
7.4.4	Tope Vehicular Vertical.....	7—19
7.4.5	Tope Vehicular Horizontal.....	7—20

7 ELEMENTOS DE APOYO PERMANENTE

7.1 GENERALIDADES SOBRE ELEMENTOS DE APOYO PERMANENTE: DELINEACIÓN Y SEGREGACIÓN

Existe otro tipo de elementos de señalización, distintos a aquellos tratados hasta ahora, y que son utilizados como apoyo o refuerzo a las señales y dispositivos tradicionales, contribuyendo con ello a mejorar las condiciones de seguridad para los diferentes tipos de usuarios de las vías. Son los llamados “Elementos de Apoyo Permanente”, entre los cuales figuran los delineadores, los hitos de advertencia y los segregadores de flujo, cada uno con sus propias funciones, subtipos y características particulares.

Su importancia en ningún caso es menor a la de la señalización habitual; por lo tanto, aspectos como su visibilidad, emplazamiento, credibilidad, oportunidad, conservación y otros, deben ser abordados con igual profundidad y detalle.

En este Capítulo se abordan los elementos de apoyo permanente de mayor uso en la actualidad, describiendo sus funciones, clasificación y características de cada uno de ellos.

7.1.1 Función

Los elementos tratados en este Capítulo son utilizados fundamentalmente para apoyar o reforzar el mensaje entregado por otra señalización permanente - como señales verticales y/o demarcación - o complementar medidas de seguridad, como la segregación física de pistas con defensas de hormigón o la delimitación de sendas para el tránsito peatonal. Ello, sin perjuicio de los objetivos específicos que también cumplen dichos dispositivos de apoyo, como delinear o segregar la vía.

Se debe enfatizar el carácter complementario de los elementos descritos en este Capítulo, lo que implica que en ningún caso éstos pueden ser utilizados para reemplazar la señalización y dispositivos de seguridad definidos en los capítulos anteriores y en otras normativas vigentes.

Ciertamente, lo anterior podría circunscribir la utilización de los delineadores y elementos de segregación tratados aquí a sectores conflictivos o de riesgo. Sin embargo, dada su relevancia en la seguridad de la circulación del tránsito, su aplicación debería ser una constante a lo largo de la vía, más que una aplicación aislada asociada a riesgos de accidentes.

7.1.2 Clasificación

Los elementos de apoyo permanente se clasifican según su función en:

- a) **Delineadores:** Tienen el objetivo de entregar a los conductores y conductoras información visual adicional sobre la delineación de la vía y sus alrededores, especialmente en zonas de curvas, durante la noche y en otros periodos de baja visibilidad.
Alternativamente, estos elementos son denominados “canalizadores”.
- b) **Hitos de Advertencia:** Estos elementos se utilizan para reforzar el mensaje de advertencia sobre la existencia de una singularidad en la vía entregado por señales verticales o demarcación, como islas peatonales, bifurcaciones u otras aristas. Si bien estos elementos también pueden ser llamados delineadores, en este Manual son tratados en forma separada dada su aplicación puntual dentro de la vía.
- c) **Segregadores de Flujo:** Son dispositivos utilizados para reforzar la segregación de distintos tipos de usuarios de la vía - vehículos y peatones -, modos de transporte - buses y vehículos livianos - o movimientos.

7.1.3 Características Básicas

Dado el carácter de apoyo a otros dispositivos de tránsito de los elementos tratados en este Capítulo y la variedad de ellos existente en el mercado, no es posible establecer un número de características básicas comunes, al mismo nivel que ocurre con las señales verticales o demarcaciones. En efecto, en el caso de los elementos de apoyo las especificaciones apuntan fundamentalmente a establecer criterios de uniformidad que permitan que los elementos de apoyo sean visibles y reconocibles para los usuarios a lo largo del país.

Las características señaladas a continuación son complementarias a los estándares mínimos establecidos más adelante, en las secciones siguientes, para cada elemento.

7.1.3.1 Forma y Color

Los dispositivos analizados aquí, en general están formados por un elemento retrorreflectante contenido en una placa, pilar o tachón. Sus formas y tamaños son variados y distintos según el dispositivo, sin embargo los colores retrorreflectantes deben corresponder a los especificados en Anexo 2.

7.1.3.2 Retrorreflexión

Los elementos de apoyo, al igual que otras señales de tránsito deben ser visibles en cualquier período del día y, en particular, en condiciones de visibilidad reducida, como la noche. Por ello, parte de su superficie se debe confeccionar con materiales y/o procedimientos que aseguren su retrorreflexión.

Las secciones retrorreflectantes del dispositivo deben presentar permanentemente los niveles mínimos de retrorreflexión que se entregan en las Tablas 2.1-1 ó 2.1-2 del Capítulo 2.

Dado que el nivel de retrorreflexión requerido por los dispositivos depende fundamentalmente de su emplazamiento, en el caso de elementos ubicados al costado izquierdo de la vía los valores mínimos especificados en Capítulo 2 deben ser aumentados en un 50%. Por otra parte, también existen situaciones en las que la gran iluminación de otros elementos del entorno de la vía justifican utilizar dispositivos con materiales o procedimientos que superen los niveles mínimos de retrorreflexión especificados.

La retrorreflexión de todo elemento se ve muy afectada por el polvo que se adhiere a ellos, por lo que la mantención de los niveles especificados requiere de un programa de limpieza acorde con las características climáticas de cada zona en particular.

Cuando la sección retrorrefletante del dispositivo esté conformada por materiales distintos de láminas retrorreflectivas, el fabricante o proveedor deberá certificar el desempeño del material como elemento retrorreflectante.

No obstante lo anterior, la exigencia de retrorreflexión no regirá tratándose de dispositivos luminosos.

7.1.4 Emplazamiento

En las secciones siguientes se detallan los criterios a utilizar para definir la ubicación de cada dispositivo tratado en este Capítulo:

7.1.4.1 Ubicación Longitudinal

La ubicación de cada elemento debe ser tal que garantice al usuario que viaja a la velocidad máxima que permite la vía, verlo y advertir el riesgo asociado con suficiente tiempo para reaccionar y ejecutar la maniobra adecuada, como ya se ha expresado respecto de las señales de tránsito en general.

7.1.4.2 Ubicación Lateral

Para que los elementos puedan ser percibidos por los conductores y conductoras, es preciso que éstos se ubiquen dentro de su cono de atención; esto es, dentro de 10° respecto de su eje visual. Por lo tanto, se debe evitar instalarlos alejados de la calzada, demasiado elevados o muy bajo respecto del nivel de ésta.

Para lograr una buena visibilidad nocturna de los elementos de apoyo, se recomienda ubicarlos en lugares donde puedan ser adecuadamente iluminados por los focos de los vehículos, o donde cuenten con iluminación, por ejemplo, pública.

Debido a que las bermas se construyen para emergencias vehiculares, nunca se debe colocar en ellas elementos de apoyo, debiendo evitarse además que cualquier sección de los dispositivos de señalización se encuentre sobre dicha área.

7.1.5 Sistema de Soporte

El sistema de soporte o fijación de cada elemento debe asegurar que éste se mantenga siempre en la posición correcta ante cargas de viento y movimientos sísmicos. Al mismo tiempo, no debe representar un peligro grave al ser impactado por un vehículo.

También es importante destacar la necesidad de adoptar medidas que dificulten el robo u otras acciones vandálicas que alteren la correcta posición de los dispositivos.

7.2 DELINEADORES

La mayor parte de la información que un conductor o conductora requiere para maniobrar su vehículo en forma segura y eficiente es visual. La vía provee dicha información a través de diversos dispositivos, como demarcación, señales verticales, elementos del entorno y delineadores. Estos últimos son tratados en esta sección.

Las especificaciones presentadas a continuación apuntan a uniformar ciertas características físicas básicas, definir criterios de instalación y fijar estándares mínimos respecto de sus componentes. En este sentido, se aclara que pueden existir diseños alternativos - distintos a los aquí mostrados - que cumplan con dichas especificaciones.

7.2.1 Función

El uso de delineadores tiene el objetivo de entregar a los conductores y conductoras información visual adicional sobre la delineación de la vía y su contorno, especialmente en zonas de curvas, durante la noche y en otros períodos de baja visibilidad.

7.2.2 Clasificación

En función de sus características físicas, los delineadores se clasifican en:

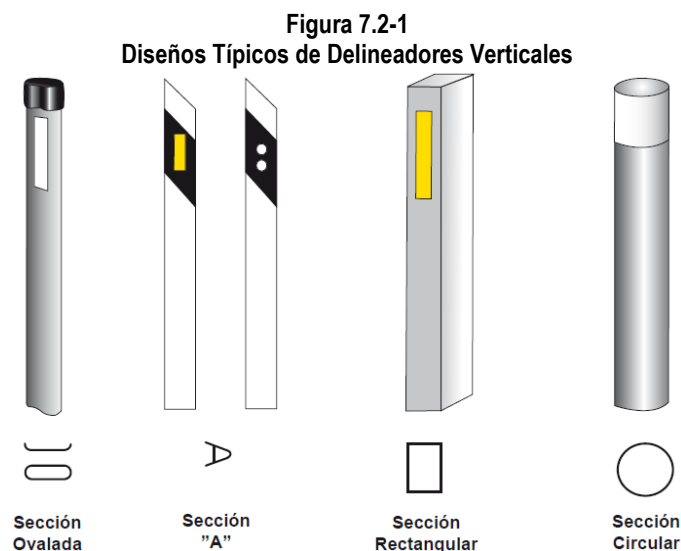
- a) Delineadores Verticales
- b) Delineadores Direccionales
- c) Placas (Captafaros)

7.2.3 Delineador Vertical

Se denominan delineadores verticales a los elementos que indican la alineación horizontal y vertical de la vía, contribuyendo de esta manera a que los conductores y conductoras puedan maniobrar adecuadamente en la sección de la vía a orillas de la cual se ubican los dispositivos. En general, se trata de postes que cuentan con uno o más sectores con material retrorreflectante.

7.2.3.1 Forma

En general se trata de postes de sección circular, rectangular, ovalada o en forma de "A", como las mostradas en la Figura 7.2-1.



7.2.3.2 Color

Se recomienda que el cuerpo del delineador vertical sea de colores claros para aumentar la cantidad de luz reflejada. No obstante, como la visibilidad también depende del contraste con el entorno, deben considerarse las características cromáticas de este último.

Respecto de la sección retrorreflectante, los dispositivos ubicados a la derecha del conductor o conductora deben contar con retrorreflectantes blancos, mientras los que se encuentren a su izquierda, amarillos.

7.2.3.3 Dimensiones

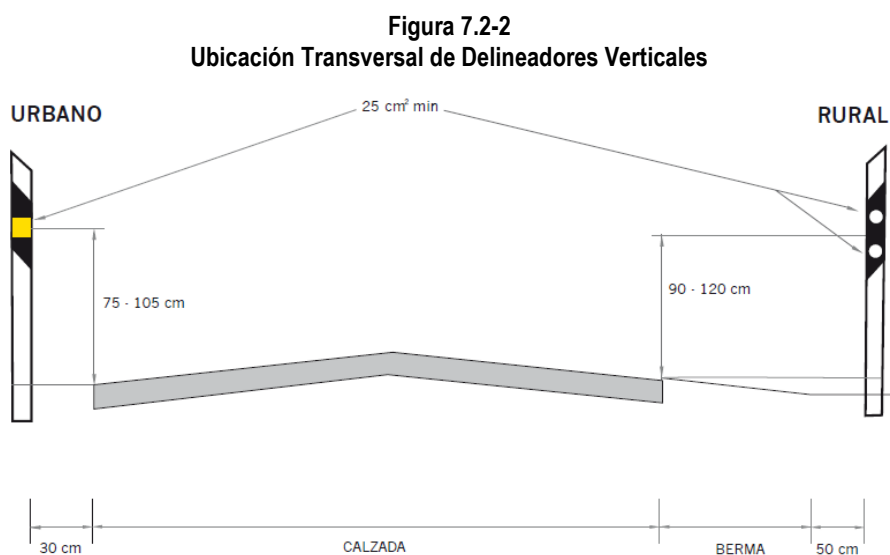
La altura del área retrorreflectante del delineador vertical sobre el borde de la calzada puede variar entre 0,9 y 1,2 m en vías no urbanas o rurales y entre 0,75 y 1,05 m en las urbanas. Ver Figura 7.2-2. Sin embargo, en las secciones de la vía en que se ubique el dispositivo, dicha altura debe ser la misma para cada delineador, con el objeto de garantizar una alineación uniforme.

7.2.3.4 Retrorreflexión

Las caras del delineador vertical que enfrenten el tránsito deben presentar un área que contenga los elementos retrorreflectantes, los cuales deben cumplir con los niveles mínimos ya referidos - cuando se trate de láminas - y cubrir un área de a lo menos 25 cm². Cuando se trate de delineadores cilíndricos, el área a considerar es la proyección de la superficie del retrorreflectante sobre el plano vertical perpendicular a la vía.

7.2.3.5 Emplazamiento

Los delineadores verticales se deben ubicar en los bordes de la calzada en el caso urbano y fuera de la berma, cuando ésta exista, en el caso no urbano o rural, como se muestra en la Figura 7.2-2.



El espaciamiento entre delineadores varía según las características geométricas de la vía. En tramos curvos deben ubicarse más cercanos uno de otro que en tramos rectos. La Tabla 7.2-1 especifica los espaciamientos máximos entre delineadores según el radio de curvatura de la vía.

Tabla 7.2-1
Espaciamiento Máximo entre Delineadores Verticales

Radio de curvatura (m)	Espaciamiento máximo (m)
<100	10
100 – 199	15
200 – 299	20
300 – 499	25
500 – 699	30
700 - 899	40
≥ 900	50

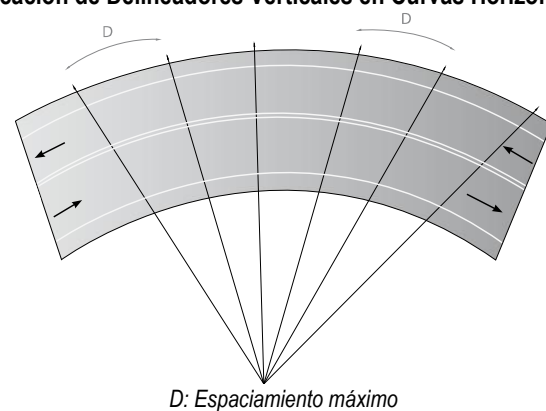
Fuente: Capítulo 5, Instructivo de Señalización, Fondo de Prevención Vial, Colombia, 1998.

En la Figura 7.2-3 se muestra esquemáticamente la ubicación de delineadores verticales en el desarrollo de una curva horizontal.

Estos dispositivos no deben ser instalados en las siguientes situaciones:

- En curvas que cuenten con delineadores direccionales.
- En transiciones de angostamientos o en cierre de vías.
- En reemplazo de defensas en zonas con pendientes laterales fuertes.
- En reemplazo de hitos de advertencia.

Figura 7.2-3
Ubicación de Delineadores Verticales en Curvas Horizontales



7.2.4 Delineador Direccional

Tienen como propósito guiar al usuario a través de una curva horizontal donde se producen cambios bruscos en el alineamiento y/o donde es necesario entregar información adicional a los conductores y conductoras respecto de la dirección y sentido en que deben circular. En general, se utilizan en sectores con radios de curvatura menores a 300 m.

7.2.4.1 Forma

El delineador direccional es rectangular como se muestra en la Figura 7.2-4, pudiendo ser simple o doble.

Figura 7.2-4

Delineador Direccional Simple y Doble



7.2.4.2 Color

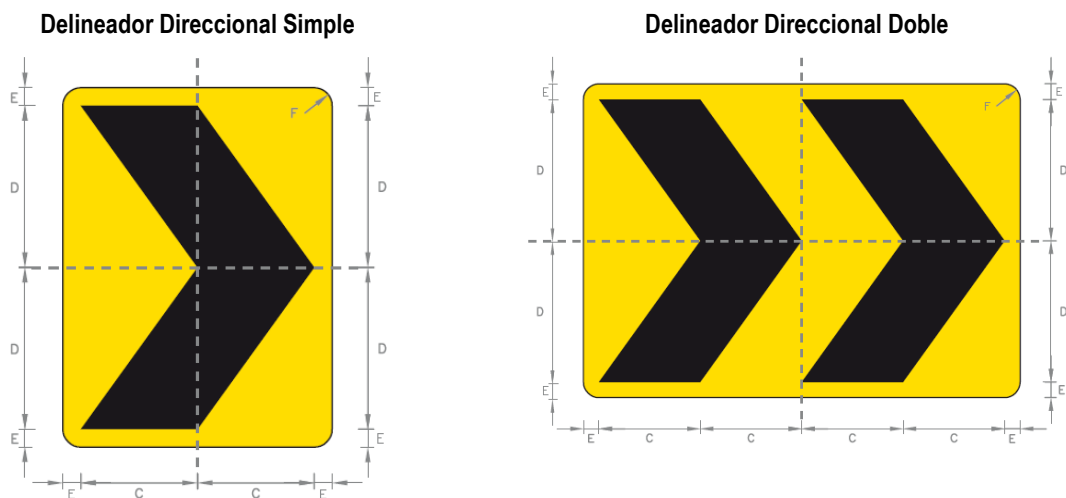
Los delineadores direccionales permanentes deben ser de color de fondo amarillo y la flecha de color negro.

7.2.4.3 Dimensiones

El tamaño de estos delineadores es función de la velocidad máxima permitida en la vía, ya que ésta determina la distancia mínima a la que deben ser vistos. En la Figura 7.2-5 se detallan los tamaños mínimos del delineador direccional para los siguientes tres tramos de velocidad máxima:

- menor a 70 km/h
- mayor o igual a 70 y menor o igual a 90 km/h
- mayor a 90 km/h

Figura 7.2-5



Velocidad Máxima (km/h)	Dimensiones (cm)			
	C	D	E	F
< 70	15,0	22,5	3,0	3,0
70 – 90	20,0	25,0	3,0	3,0
> 90	30,0	37,5	3,0	3,0

7.2.4.4 Retroreflexión

El color amarillo de este delineador debe cumplir con los niveles mínimos de retroreflexión establecidos.

7.2.4.5 Emplazamiento

Los delineadores direccionales simples se utilizan en curvas cuya velocidad de operación sea menor - entre 5 y 20 km/h - a la del resto de la vía donde se ubican.

Por su parte los delineadores direccionales dobles se emplean en curvas cuya velocidad de operación sea menor en más de 20 km/h a la del resto de la vía donde se ubican.

Los delineadores direccionales se deben ubicar en forma perpendicular a la visual del conductor o conductora, en el borde externo de la curva. Ver Figura 7.2-6.

En el caso urbano, se debe asegurar siempre que el delineador direccional permita el tránsito peatonal seguro y expedito.

La separación entre estos dispositivos debe ser tal que el conductor o conductora siempre aprecie como mínimo tres delineadores a la vez. La Tabla 7.2-2 especifica las distancias máximas entre delineadores según el radio de curvatura de la vía, diferenciando el caso urbano del rural, las autopistas y las autovías.

Figura 7.2-6
Ejemplo de Ubicación Longitudinal Delineador Direccional

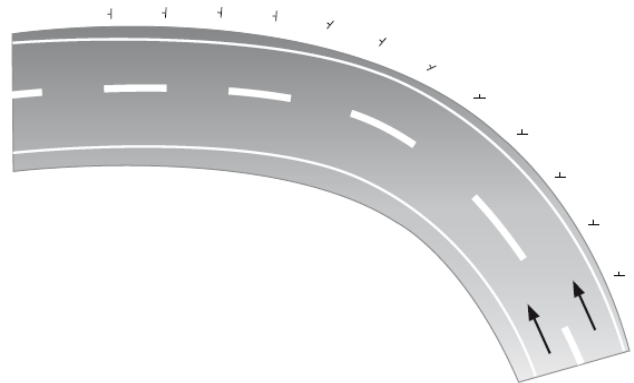


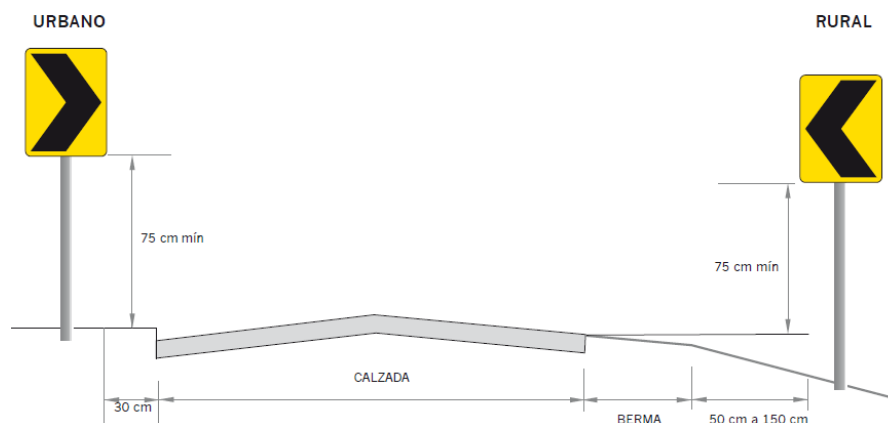
Tabla 7.2-2
Espaciamiento Máximo entre Delineadores Direccionales

Radio de Curvatura (m)	Espaciamiento (m)	
	Vías urbanas	Vías rurales, autopistas y autovías
50	10	19
75	12	23
100	15	27
150	20	33
200	22	38
250	24	42
300	27	46

Fuentes: Vías urbanas, Instructivo de Señalización, Fondo de Prevención Vial, Colombia, 1998. Vías rurales, autopistas y autovías, Instructivo de Señalización y Seguridad Vial, Dirección de Vialidad, 1999.

La altura del delineador direccional sobre la calzada debe ser la mostrada en la Figura 7.2-7, según se trate de vías urbanas o rurales.

Figura 7.2-7
Ubicación Lateral Delineador Direccional



Los delineadores direccionales que se instalen a lo largo del desarrollo de una curva deben ser sólo de un tipo, ya sean simples o dobles.

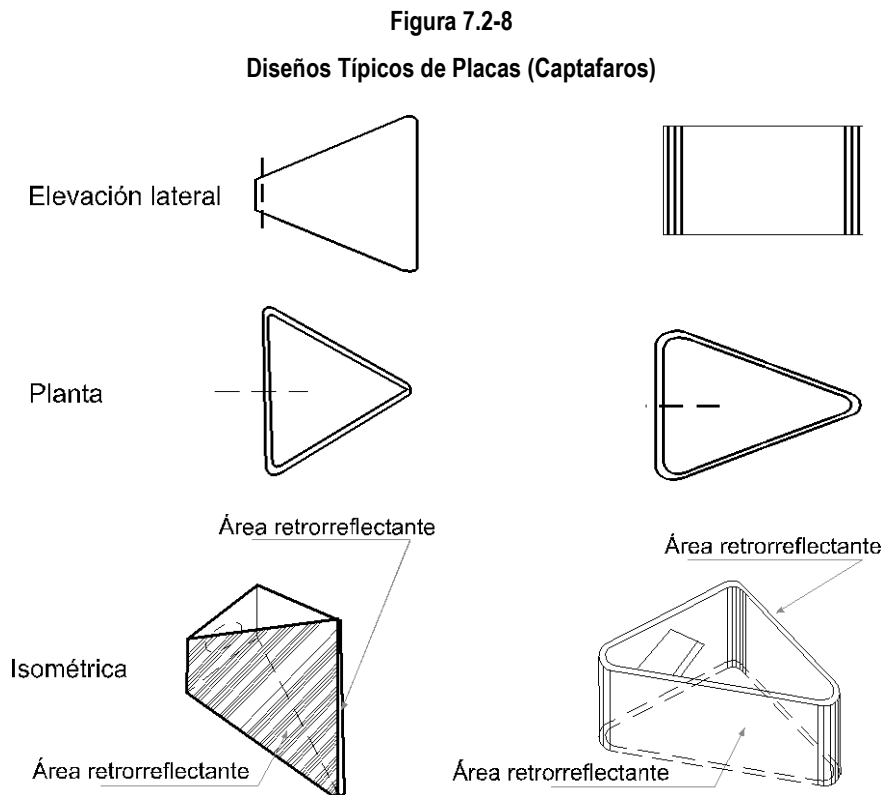
Estos dispositivos no deben utilizarse en las siguientes condiciones:

- Aislados o en cantidad inferior a tres.
- En combinación con delineadores verticales.
- En transiciones de angostamientos o en cierre de vías.
- En reemplazo de hitos de advertencia.

7.2.5 Placas (Captafaros)

Estos delineadores se utilizan asociados a otros elementos de la vía, como defensas camineras – metálicas o de hormigón- o muros de contención, o bien en los costados de un túnel. Además de indicar la alineación de la vía, cumplen también la función de advertir a los conductores y conductoras, en condiciones de visibilidad reducida, sobre la proximidad a la calzada de los dispositivos asociados, sobre los cuales se ubican.

En general, las placas o captafaros presentan una cara rectangular o trapezoidal, como se muestra en la Figura 7.2-8.



7.2.5.1 Color

Las placas suelen contar con retroreflectantes amarillos y blancos; los dispositivos ubicados a la derecha del conductor o conductora utilizan retroreflectantes blancos, mientras los que se encuentran a su izquierda, amarillos.

7.2.5.2 Retroreflexión

Los elementos retroreflectantes del delineador tipo placa deben cubrir un área de a lo menos 25 cm² por la cara que enfrenta el tránsito.

El material retroreflectante debe cubrir ambas caras cuando el delineador es instalado en una vía bidireccional, y una sola cuando se trate de vías con calzada unidireccional.

7.2.5.3 Emplazamiento

La altura del delineador tipo placa sobre el borde de la calzada puede variar entre 0,7 y 1,2 m. Sin embargo, en las secciones de la vía en que se ubique el dispositivo, dicha altura debe ser la misma para cada delineador, con el objeto de garantizar una alineación uniforme.

El espaciamiento entre delineadores tipo placa varía con la curvatura de la sección de la vía donde se instalan. La Tabla 7.2-3 especifica las distancias máximas entre éstos según el radio de curvatura de la vía, diferenciando el caso urbano del rural, las autopistas y las autovías.

Tabla 7.2-3
Espaciamiento Máximo entre Placas

Radio de Curvatura (m)	Espaciamiento (m)	
	Vías urbanas	Vías rurales, autopistas y autovías
< 100	4	4
100- 199	4	8
200 – 299	8	16
300 – 499	8	20
≥ 500	12	24

Fuentes: Vías urbanas elaboración propia. Vías rurales, autopistas y autovías, Manual de Carreteras, Dirección de Vialidad.

7.3 HITOS DE ADVERTENCIA

Estos dispositivos de señalización son utilizados para advertir a los usuarios sobre puntos de riesgo presentes en la vía o en sus costados, sin embargo, no reemplazan a los sistemas de contención.

Las especificaciones presentadas a continuación apuntan a uniformar ciertas características físicas básicas, definir criterios de instalación y fijar estándares mínimos respecto de sus componentes. En este sentido, se aclara que pueden existir diseños alternativos - distintos a los aquí mostrados - que cumplan con dichas especificaciones.

7.3.1 Función

Los hitos de advertencia se utilizan para destacar la existencia de una singularidad en la vía, como islas peatonales, bifurcaciones u otros. Si bien estos elementos también pueden ser llamados delineadores, en este Capítulo son tratados en forma diferenciada de éstos, dada la conveniencia de su aplicación puntual dentro de la vía, especialmente para uniformar el mensaje entregado a los usuarios.

7.3.2 Clasificación

En función de sus características físicas, los hitos de advertencia se clasifican en:

- a) Hitos Verticales
- b) Hitos de Vértice
- c) Hitos Luminosos
- d) Luces

7.3.3 Hito Vertical

Se utilizan para destacar obstrucciones dentro de la vía o en sus costados, como refugios peatonales y accesos a puentes; también en vías de bajo flujo y baja velocidad se utilizan para destacar árboles o postes que se encuentran muy cercanos a la calzada.

En particular, el diseño tipo paleta, presentado en Figura 7.3-1, también puede ser utilizado como delineador.

7.3.3.1 Forma

En general se trata de elementos planos o cilíndricos que cuentan con uno o más sectores con material retrorreflectante, como los mostrados en la Figura 7.3-1.

Figura 7.3-1
Diseños Típicos de Hitos Verticales



NOTA: Hito utilizado también como delineador

7.3.3.2 Color

Se recomienda que el cuerpo del hito vertical sea de colores claros para aumentar la cantidad de luz reflejada. No obstante, como la visibilidad también depende del contraste con el entorno, deben considerarse las características cromáticas de este último.

7.3.3.3 Dimensiones

La altura del hito vertical puede variar entre 0,7 y 1,2 m. Sin embargo, en las secciones de la vía en que se emplace más de un dispositivo, dicha altura debe ser la misma para cada elemento, con el objeto de garantizar su uniformidad.

7.3.3.4 Retrorreflexión

Las caras del hito vertical que enfrenten el tránsito deben presentar el área que contiene los elementos retrorreflectantes del dispositivo. Éstos deben cubrir un área total de a lo menos 50 cm². En el caso de hitos cilíndricos, el área a considerar es la proyección de la superficie del retrorreflectante sobre el plano vertical perpendicular a la vía.

Adicionalmente a la sección retrorreflectante, el dispositivo puede contar con iluminación interna o propia.

7.3.3.5 Emplazamiento

Los hitos verticales se deben ubicar fuera del área de calzada destinada al tránsito de vehículos, lo más próximo posible al objeto sobre el cual advierten o donde se inicia la singularidad misma - refugios peatonales, accesos de puentes, islas centrales, bifurcaciones o fin de bahías de estacionamiento -. Ejemplos de estos casos se muestran en la Figura 7.3-2.

Figura 7.3-2
Hitos Verticales



7.3.4 Hito de Vértice

Figura 7.3-3
Hito de Vértice



Los hitos de vértice son dispositivos utilizados para indicar la existencia de un vértice de separación de flujos que circulan en un mismo sentido, como se muestra en la Figura 7.3-3.

Estos elementos tienen como propósito guiar al usuario a través de una vía donde se producen separaciones de calzada y/o donde es necesario entregar información adicional a los conductores y conductoras respecto de la dirección y sentido en que deben circular.

7.3.4.1 Forma y Color

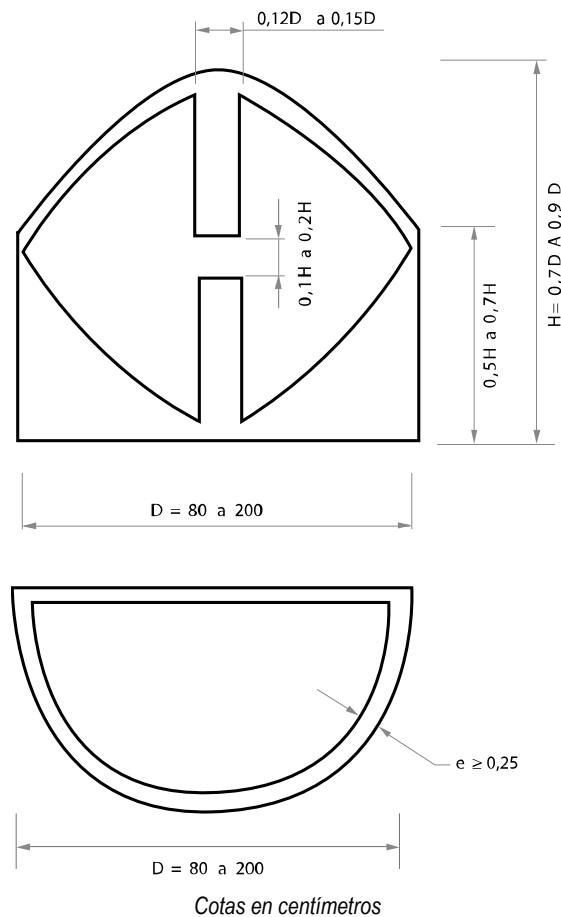
El hito de vértice tiene un cuerpo semicilíndrico. Cuando el hito es de uso permanente debe ser de color de fondo azul y las flechas de color blanco retrorreflectante.

7.3.4.2 Dimensiones

El tamaño de este elemento es función de la velocidad máxima permitida en la vía, ya que ésta determina la distancia mínima a la que el dispositivo debe ser visto. En la Figura 7.3-3 se detallan las dimensiones del hito de vértice en función del diámetro para los siguientes rangos de velocidad máxima:

- Vías con velocidad menor o igual a 80 km/h : 0,8 – 1,5 m
- Vías con velocidad mayor a 80 km/h : 1,5 – 2,0 m

Figura 7.3-4
Dimensiones Hito de Vértice



7.3.4.3 Emplazamiento

Los hitos de vértice se deben ubicar lo más próximo posible al lugar donde se produce la bifurcación de la vía, como se aprecia en la Figura 7.3-3.

7.3.5 Hito Luminoso

Los hitos luminosos se utilizan cuando es necesario destacar la presencia de una isla peatonal o reforzar una restricción de ancho de la vía. Estos elementos tienen incorporado el símbolo correspondiente a la señal RO-6a, RO-6b o RO-6c, la que se ilumina desde el interior del dispositivo, reforzando su visibilidad durante la noche.

Al igual que otros elementos, los hitos luminosos requieren una mantención frecuente, especialmente la reparación inmediata de las partes dañadas o deterioradas.

7.3.5.1 Forma y Color

En general su forma es de un paralelepípedo, como se muestra en la Figura 7.3-5. Sin embargo, también existen algunos elementos cilíndricos. Puede ser blanco o combinar el cuerpo amarillo con una zona de color blanco.

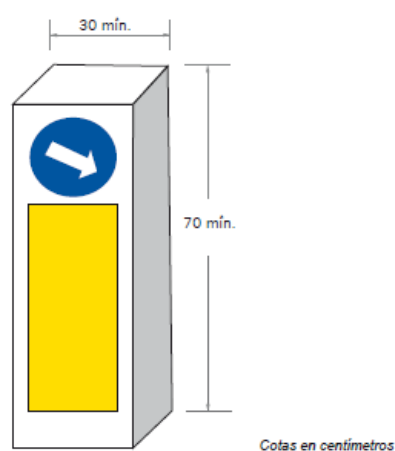
Figura 7.3-5
Ejemplo de Hito Luminoso



7.3.5.2 Dimensiones

La altura de este elemento no debe ser inferior a 70 cm, medidos desde el nivel de la acera a su punto más alto. Ello asegura que sean perfectamente visibles para los conductores y conductoras. Sus dimensiones características se detallan en la Figura 7.3-6.

Figura 7.3-6
Dimensiones Mínimas de Hitos Luminosos



7.3.5.3 Iluminación

Estos dispositivos cuentan con un sistema de iluminación interno, el que debe estar provisto de un sistema de energización que asegure que en caso que el hito sea impactado, no existan riesgos de origen eléctrico para los usuarios de la vía. En este sentido, se recomienda que el sector de color amarillo además, tenga una superficie retrorreflectante del mismo color en las caras que enfrentan el flujo vehicular, de a lo menos 500 cm² y que cumpla con los niveles mínimos de retrorreflexión requeridos, con la finalidad de garantizar la visibilidad del elemento en cualquier condición.

7.3.5.4 Emplazamiento

Los hitos luminosos deben ubicarse fuera de la calzada, al inicio de islas de canalización, medianas y similares, frente al flujo que se desea encauzar o separar.

7.3.6 Luces

Las luces se utilizan en general durante la noche y otros períodos de baja luminosidad, en vías de alta velocidad o tráfico, y en otras situaciones de riesgo en que es necesario reforzar la visibilidad de singularidades en la vía, como modificaciones del ancho de calzada, existencia de un paso cebra, de un cruce con una ciclovía u otros puntos de riesgo.

Pueden ser continuas o intermitentes.

También pueden ser usadas como delineadores.

7.3.6.1 Forma

El dispositivo está formado por una circunferencia iluminada, la que se ubica dentro de una placa cuadrada o rectangular, como se muestra en la Figura 7.3-7. Cuando la placa es rectangular, puede contener material retrorreflectante adicional bajo la luz para mejorar su visibilidad nocturna.

Figura 7.3-7
Luces



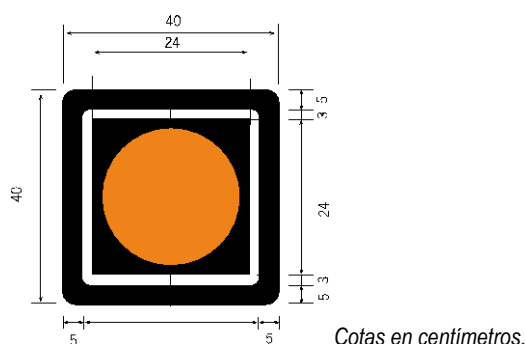
Figura 7.3-8
Dimensiones de Luces

7.3.6.2 Color

Las luces deben ser de color ámbar o amarillo y la placa debe ser de color negro con orla blanca.

7.3.6.3 Dimensiones

Las dimensiones de la placa cuadrada deben ser de 40 cm por lado, aproximadamente, y el diámetro de la lámpara debe ser mayor a 18 cm, como se muestra en la Figura 7.3-8.



7.3.6.4 Intermitencia e Intensidad Luminosa

Cuando son intermitentes la frecuencia de encendido de la luz debe ser superior o igual a 25 y menor o igual a 60 destellos por minuto. Las lámparas deben estar energizadas entre el 7% y el 15% de la duración de cada ciclo. El nivel de intensidad luminosa durante este período debe ser - como mínimo - de 1,5 candelas, medidas en la superficie sobre un plano paralelo al lente y limitado por líneas a 5 grados sobre y bajo el eje óptico, y 10 grados a la izquierda y derecha del mismo.

Si la luz es continua debe tener una intensidad mínima de 0,5 candelas, medidas en las condiciones especificadas para la luz intermitente.

7.3.6.5 Emplazamiento

Las luces deben ubicarse a una altura no menor a 60 cm respecto del nivel de acera, salvo que se ubiquen en pasos cebra o cruces de ciclovías, en cuyo caso ésta no podrá ser inferior a 3,4 m.

7.4 SEGREGADORES DE FLUJO

Estos dispositivos son utilizados para separar movimientos vehiculares o de vehículos y peatones.

Las especificaciones presentadas a continuación apuntan a uniformar ciertas características físicas básicas, definir criterios de instalación y fijar estándares mínimos respecto de sus componentes. En este sentido, se aclara que pueden existir diseños alternativos - distintos a los aquí mostrados - que cumplan con dichas especificaciones.

7.4.1 Función

El uso de elementos de segregación tiene el objetivo de entregar a los conductores y conductoras información que permita reforzar la segregación existente en la vía, de áreas destinadas a distintos tipos de usuarios - vehículos y peatones - o a distintos modos de transporte - buses, vehículos livianos y bicicletas - , o bien, indicar la existencia de zonas con restricción de ingreso.

7.4.2 Clasificación

En función de sus características físicas, los elementos de segregación se clasifican en:

- a) Tachones
- b) Topes Vehiculares Verticales
- c) Topes Vehiculares Horizontales

7.4.3 Tachón

Los tachones se utilizan como elementos de segregación cuando es necesario reforzar el mensaje entregado por líneas de demarcación que no deben ser traspasadas por los vehículos, como puede ocurrir con las líneas continuas en vías bidireccionales, las islas de canalización y otras zonas demarcadas con achurados.

Al igual que otros elementos de demarcación, los tachones requieren una mantención frecuente, especialmente el reemplazo inmediato de dispositivos deteriorados que cuenten con anclajes al pavimento.

7.4.3.1 Forma

En general la forma de los tachones es la de un tronco piramidal con base rectangular, como se muestra en las Figuras 7.4-1 y 7.4-2, siendo también frecuentes los de superficie redondeada según el sentido del tránsito.

Para hacerlos más visibles, pueden contener una “aleta”, o similar, de caucho, plástico, goma u otro material blando, con material retrorreflectante adicional.

Figura 7.4-1



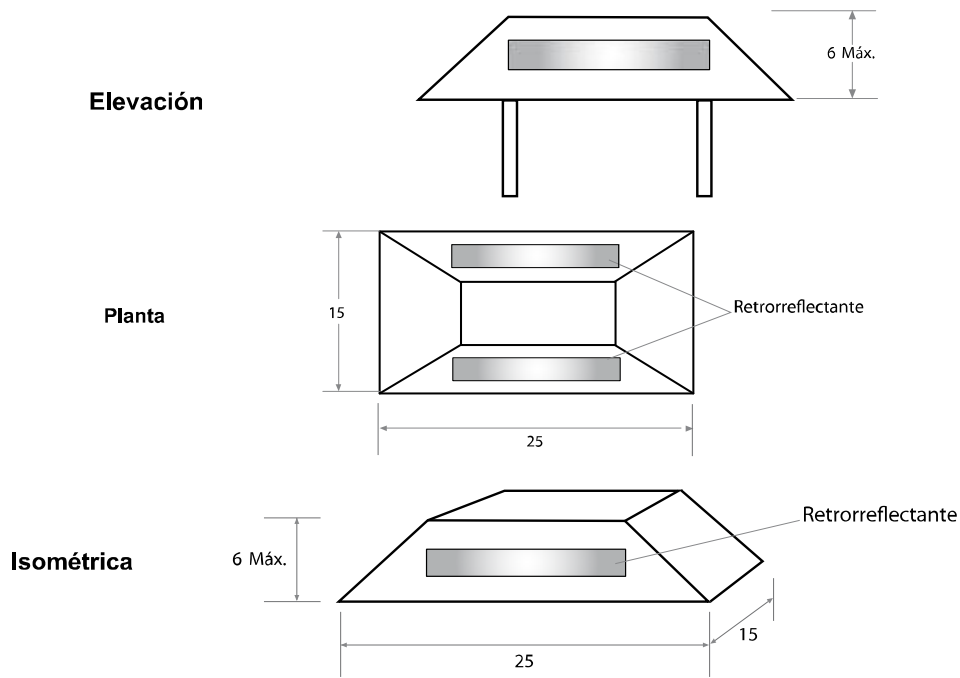
7.4.3.2 Color

El cuerpo del tachón y su sección retrorreflectante pueden ser de color amarillo o blanco.

7.4.3.3 Dimensiones

La altura del tachón debe ser igual o inferior a 6 cm - excluyendo aquellos modelos que cuentan con una aleta que sobresale de la base, donde se ubica el elemento retrorreflectante adicional -. Las dimensiones más comunes se detallan en la Figura 7.4-2.

Figura 7.4-2
Dimensiones del Tachón



7.4.3.4 Retrorreflexión

Los elementos retrorreflectantes del tachón deben cubrir un área de a lo menos 25 cm² en la o las caras que enfrentan al tránsito, según se instalen en una vía uni o bidireccional.

7.4.3.5 Resistencia a la compresión

El fabricante o proveedor del tachón deberá certificar que la resistencia a la compresión del dispositivo es de a lo menos 2.500 psi.

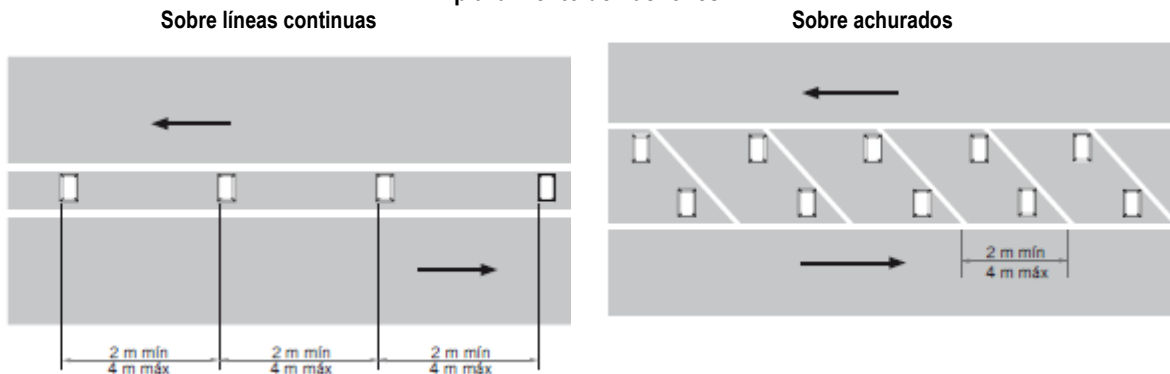
7.4.3.6 Emplazamiento

Estos elementos siempre deben utilizarse en el eje de calzada, sobre una línea de pista continua que segrega modos de transporte o sobre achurados, siempre fuera de las pistas de circulación. No deben ser empleados como reductores de velocidad ubicándolos transversalmente a la vía.

Según el tipo de demarcación que refuercen, los tachones se deben ubicar de la siguiente manera:

- Líneas continuas, simples o dobles, que segreguen flujos uni o bidireccionales: Sobre el punto medio de la línea continua, con una separación no inferior a 2 ni superior a 4 m entre ellos. Ver Figura 7.4-3.
- Achurado de medianas, bandejones o islas de canalización: En cada vértice que forme la línea paralela al flujo vehicular y las líneas diagonales a éste. Típicamente la separación entre vértices es de 2 a 4 m. Ver Figura 7.4-3.

Figura 7.4-3
Emplazamiento de Tachones



Estos dispositivos no deben utilizarse en las siguientes situaciones:

- En vías urbanas cuya velocidad máxima permitida sea superior a 60 km/h.
- En vías rurales cuya velocidad máxima permitida sea superior a 70 km/h.
- Aislados o en cantidad inferior a 3.

Los tachones no son recomendables en vías con tránsito frecuente de vehículos pesados (buses y camiones), dado el fuerte grado de deterioro que presentan y la consecuente mantención que requieren. En el caso de pistas SOLO BUSES con flujo intenso de éstos, resulta más apropiado el empleo de elementos de mayor volumen que los tachones referidos en este manual.

7.4.4 Tope Vehicular Vertical

Los topes vehiculares verticales se utilizan como elementos de segregación cuando es necesario impedir el estacionamiento o la detención de vehículos, o el ingreso de vehículos a áreas destinadas sólo al uso de peatones, como veredas o calles cerradas al tránsito vehicular. También se utilizan para reforzar restricciones de ingreso de cierto tipo de vehículos a vías locales.

Al igual que otros elementos de segregación, los topes vehiculares verticales requieren una mantención frecuente, especialmente el reemplazo inmediato de dispositivos deteriorados.

7.4.4.1 Forma y Color

En general tienen forma cilíndrica, como se muestra en la Figura 7.4-4. Sin embargo, existen varias alternativas a esta presentación, las que generalmente están determinadas por las características del mobiliario público del sector donde se emplazan.

El color del cuerpo del tope vehicular queda determinado generalmente por el entorno donde se emplaza.

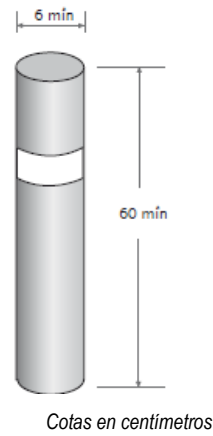
Figura 7.4-4
Ejemplos de Topes Vehiculares Verticales



7.4.4.2 Dimensiones

Para asegurar que los dispositivos sean visibles para los conductores y conductoras, su diámetro mínimo debe ser mayor a 60 mm, y la altura sobre la acera, de su borde superior, debe llegar a lo menos a los 60 cm. Ver Figura 7.4-5.

Figura 7.4-5
Dimensión Tope Vehicular Vertical Típico



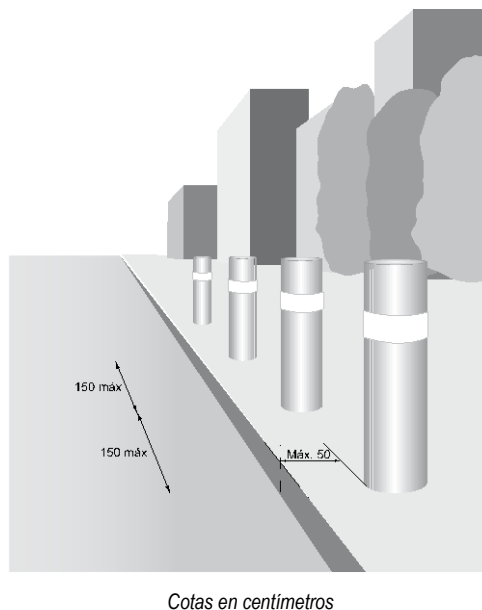
7.4.4.3 Retroreflexión

Se recomienda reforzar la visibilidad de estos dispositivos con elementos retroreflectantes que cumplan con los niveles mínimos de retroreflexión señalados en el Capítulo 2 - en caso de tratarse de láminas - y que cubran un área de a lo menos 50 cm² por la cara que enfrenta el flujo vehicular. En el caso de topes cilíndricos dicha área se calcula considerando la proyección de la superficie del retroreflectante sobre el plano vertical perpendicular a la vía.

7.4.4.4 Emplazamiento

Los topes vehiculares se ubican generalmente sobre la acera, en forma paralela a la línea de solera, a una distancia de entre 30 y 50 cm de ella. Para que resulten eficaces se recomienda que dos elementos contiguos no estén separados por más de 1,5 m, como se muestra en la Figura 7.4-6. Pueden ser utilizados a nivel de calzada cuando no existe diferencia de altura entre ésta y las aceras y cuando la velocidad de operación no supera los 30 km/h.

Figura 7.4-6
Emplazamiento Tope Vehicular



7.4.5 Tope Vehicular Horizontal

Los topes vehiculares horizontales se utilizan como elementos de contención en áreas de estacionamientos fuera de la calzada cuando es necesario delimitar el término de la zona de estacionamiento.

7.4.5.1 Forma y Color

En general, los topes vehiculares horizontales tienen la forma de paralelepípedo rectangular, como se muestra en la Figura 7.4-7. Sin embargo, existen varias alternativas a esta presentación.

El cuerpo del tope vehicular horizontal generalmente es negro con franjas o sectores de color amarillo o blanco.

7.4.5.2 Dimensiones

La altura del tope vehicular horizontal debe ser igual o superior a 6 cm.



Figura 7.4-7
Tope Vehicular Horizontal

7.4.5.3 Retrorreflexión

Estos dispositivos generalmente no presentan elementos retrorreflectantes.

7.4.5.4 Emplazamiento

Los topes vehiculares horizontales se ubican sólo en las zonas de estacionamiento, en forma transversal al sentido vehicular.

Estos dispositivos no deben ser utilizados en las vías, independientemente de la velocidad de circulación y del flujo vehicular de ellas.

8 SEÑALES DE MENSAJE VARIABLE

8.1 GENERALIDADES

Los avances tecnológicos de las últimas décadas han permitido entregar a los conductores de vehículos motorizados información en tiempo presente en relación con las condiciones de las vías y del tránsito, lo que se logra a través de dispositivos que exhiben un mensaje que puede ser cambiado manual, eléctrica, mecánica o electromecánicamente, así como de sistemas de comunicación, y de procesos de monitoreo de parámetros de tránsito, medioambientales y meteorológicos. Estas señales de mensaje variable - SMV - tienen la misma validez legal para reglamentar y advertir que una señal tradicional estática. Las autorizaciones o restricciones impuestas a los conductores y la información proporcionada a los mismos a través de ellas prevalece por sobre cualquier otra señal existente en el lugar donde éstas se encuentran.

Las SMV son una herramienta sumamente útil para atraer la atención de los conductores y así poder entregarles mensajes relevantes exclusivamente para una operación segura y eficiente de la vía. Su uso para fines ajenos a la seguridad vial o fluidez del tránsito, o no relacionados con la operación de la vía, disminuye su efectividad.

Estas señales no se deben utilizar para mostrar permanentemente un mismo mensaje, siendo más apropiado y económico en tales circunstancias instalar una señal estática. No obstante, en situaciones de restricción de espacio lateral y/o vertical o de no disponerse de las distancias o condiciones de visibilidad adecuadas (en túneles por ejemplo), las SMV pueden reemplazar señales estáticas.

Cuando no sea necesaria la entrega de un mensaje relevante para la seguridad del conductor o la fluidez del tránsito, las SMV deben permanecer apagadas. Sin embargo, para no dar la impresión de que la señal no está funcionando, ocasionalmente, en períodos de bajo tránsito, pueden utilizarse para entregar información de carácter general (fecha y hora del día, etc.), así como también para contribuir a difundir mensajes relacionados con campañas de seguridad vial.

8.2 FUNCIÓN

Facilitar un uso más seguro y eficiente de las vías entregando información y/o instrucciones a los conductores, mediante el despliegue alternado o intermitente de señales de tránsito y/o mensajes mediante leyendas y pictogramas que respondan a las condiciones imperantes en la vía y sus inmediaciones. En este sentido, la exhibición de mensajes informativos del estado del tránsito que afecten la seguridad y/o comodidad de los usuarios de la vía debe privilegiarse por sobre cualquier otro tipo de información.

Las SMV ayudan a los conductores a tomar decisiones en cuanto a cómo alcanzar su destino, la pista por dónde transitar y otros factores que pueden incidir en su tiempo de recorrido y confort. Su principal aplicación es en casos o situaciones como los siguientes:

- En el manejo de incidentes y desvíos del tránsito.
- Para advertir de condiciones ambientales adversas, como lluvia, neblina, tempestad.
- Para proporcionar información de precios de peaje.
- Para proporcionar información de tiempos de viaje.
- Para advertir de peligros o situaciones imprevistas: derrumbes, bloqueo de pistas, riesgo de incendios forestales, etc.
- Para informar sobre condiciones de operación en puentes, túneles o rutas.
- Para establecer regulaciones especiales de tránsito.
- Para informar sobre uso de pistas y/o rampas de acceso o salida.
- Para entregar mensajes de seguridad vial como “USE CINTURÓN DE SEGURIDAD”, “ENCIENDA LUCES”, etc.
- Para informar transgresiones a la normativa de determinados vehículos (altura, peso, velocidad, etc.)

8.3 DEFINICIONES

Para efectos de este capítulo, se define lo siguiente:

- **Aspecto:** también conocido como alternancia, posibilidad de variar la información proyectada, mediante la entrega de mensajes complementarios, no importando cuál es leído primero. Ver figura 8.3-1
- **Carácter:** cada una de las letras, números u otros símbolos que componen un mensaje de texto.
- **Intermitencia:** posibilidad de discontinuar la entrega de un mensaje.
- **Línea de información:** palabras o abreviaciones en una línea de una SMV.
- **Píxel:** la unidad mínima desplegable por un dispositivo de visualización de imagen.
- **Pictograma:** símbolo que representa gráficamente un mensaje.

Figura 8.3-1
Dos aspectos de una SMV



8.4 CARACTERÍSTICAS Y REQUERIMIENTOS DE LAS SMV

8.4.1 Características Operativas

Entre otras características, las SMV se distinguen por:

- a) La mayor distancia desde la cual en general pueden ser leídos sus textos.
- b) La mayor distancia a que pueden ser visualizados y comprendidos sus pictogramas o de visualización y entendimiento de sus pictogramas.
- c) La capacidad para mostrar hasta dos mensajes diferentes, conocidos como Aspectos de un mensaje. Por ejemplo: Aspecto 1 “PISTA DERECHA CERRADA”, Aspecto 2 “USE PISTA IZQUIERDA”.
- d) La capacidad total de texto que pueden exhibir, lo que es en función del número de caracteres por línea, del número de líneas de información y del número de aspectos posibles. La Figura 8.4-1 muestra una SMV de 3 líneas de información de un máximo de 16 caracteres en cada línea.
- e) Se pueden complementar con uno o dos Paneles Laterales Suplementarios (PLS) que muestren pictogramas de señales reglamentarias o preventivas. Ver Figura 8.4-2. No obstante, cuando se exhiban 2 pictogramas simultáneamente, éstos deberán ser idénticos.
- f) Una configuración especial para indicar el uso de pistas.

Figura 8.4-1
Señal de Tres Líneas de Información



Figura 8.4-2
Señal de una Línea acompañada de Panel Lateral Suplementario



Los paneles que exhiben SMV deben poseer sensores de luminosidad para adecuar automática o manualmente su potencia a las diferentes condiciones de luz, de manera de asegurar su legibilidad.

8.4.2 Distancia Mínima de Visibilidad y Lectura

En condiciones normales, en vías no urbanas de 100 km/h o más y autopistas urbanas las SMV deben ser visibles a 800 metros tanto de día como de noche. En vías urbanas convencionales, dicha distancia no debe ser inferior a 350 m.

La distancia de lectura de las SMV es en función de varios factores como: el tamaño y forma de letras y símbolos, la intensidad de la luz emitida por sus elementos luminosos y otros, por lo que no conviene estipular factores dimensionales o de retroreflexión como para las señales estáticas.

Todas las SMV deben ser construidas y ubicadas de manera tal que se pueda leer sus textos y entender sus pictogramas, tanto de día como de noche en condiciones ambientales normales, a una distancia mínima que es en función de la velocidad máxima permitida en el lugar de su instalación. Ver Tabla 8.4-1 Cuando las condiciones de visibilidad son limitadas, se debe reducir la extensión de los mensajes y el número de líneas.

Tabla 8.4-1
Distancia Mínima de Lectura de SMV

Velocidad Máxima Permitida (km/h)	Distancia Mín. de Lectura Diurna SMV Permanente	Distancia Mín. de Lectura Nocturna SMV Permanente	Distancia Mín. de Lectura SMV Portátil*
≥ 120	260 m	190 m	170 m
100 - 110	240 m	180 m	170 m
70 - 90	180 m	140 m	170 m
≤ 60	140 m	100 m	170 m

*Dado que estos dispositivos se pueden utilizar en vías con diferentes velocidades se opta por una Distancia de Lectura Única.

Los símbolos o pictogramas con circunferencias o rombos, según se trate de señales reglamentarias o preventivas, respectivamente, deben corresponder a los contenidos en los capítulos 2 y 5 de este Manual. No obstante, podrán presentar variaciones menores en su diseño, que deriven de la tecnología utilizada. Éstos deberán poseer como mínimo las dimensiones indicadas en la Tabla 8.4-2.

Tabla 8.4-2
Dimensiones Mínimas de Señales Reglamentarias y Preventivas

Velocidad Máxima (km/h)	Dimensiones Mínimas (mm)	
	Señales Reglamentarias (Φ)	Señales Preventivas
≥ 120	1200	1400 x 1400
100 - 110	1000	1200 x 1200
70 - 90	800	1000 x 1000
≤ 60	600	800 x 800

Excepcionalmente, las dimensiones mínimas antes señaladas podrán reducirse por razones de espacio disponible para la instalación de las mismas.

8.4.3 Características del Diseño de las SMV

Las SMV no deben contener mensajes comerciales, políticos, institucionales, animaciones, destellos rápidos, disoluciones, explosiones, desplazamiento (SCROLL) vertical u horizontal ni otros movimientos. La exhibición de elementos de manera intermitente debe cautelar la simultaneidad de la intermitencia.

Las SMV pueden exhibir un máximo de 3 líneas en autopistas y vías no urbanas, y 4 líneas en vías urbanas convencionales, con no más de 20 caracteres por línea en cada caso. El espacio entre caracteres debe ser entre 25 y 40% de la altura de las letras. El espacio entre las palabras de un mensaje debe ser entre 75 y 100% de la altura de las letras. El espacio entre líneas debe ser entre 50 y 75% de la altura de las letras.

Las letras deben ser mayúsculas y del tamaño que muestra la tabla siguiente:

Tabla 8.4-3
Tamaños Mínimos de Letras

Velocidad Máxima (km/h)	Altura Mínima (mm)
≥ 120	400
100 - 110	400
70 - 90	320
≤ 60	150

El tamaño de letras debe ser constante a lo largo de una vía, esto es, cuando existan restricciones puntuales de velocidad, el tamaño deberá corresponder a la velocidad existente en la vía en general.

La proporción entre altura y ancho de los caracteres debe ser entre 0.7 y 1.0, lo que se logra, por ejemplo, usando una matriz de fuente de 5 pixeles de ancho por 7 pixeles de altura. La proporción entre ancho de trazo y altura debe ser de 0.2.

8.4.4 Diseño de los Mensajes

Cada mensaje debe consistir en no más de dos aspectos o fases, debiendo cada aspecto ser entendido por sí solo independientemente de la secuencia en la cual se lee.

Los mensajes deben ser centrados en cada línea. Su diseño debe considerar lo siguiente:

- El tiempo mínimo de despliegue de cada aspecto será el menor de 1 segundo por palabra o 2 segundos por línea de información. El tiempo de despliegue de un aspecto no debe ser nunca menor a 2 segundos.
- El tiempo máximo del ciclo de un mensaje de dos aspectos debe ser de 8 segundos.
- El tiempo entre el despliegue de 2 aspectos no debe exceder de 3 segundos.

- d. No debe haber más de 4 líneas de información, sumando las de los 2 aspectos, cuando el mensaje se presenta a tránsito operando a una velocidad superior a 60 km/h.
- e. No debe haber más de 6 líneas de información, sumando las de los 2 aspectos, cuando el mensaje se presenta a tránsito operando a una velocidad igual o menor a 60 km/h.
- f. Los aspectos deben mostrar mensajes compatibles. Ver Figura 8.4-3, que muestra 2 aspectos de una SMV de 3 líneas de información, que en conjunto cuentan con sólo 4 líneas.

Figura 8.4-3
Elementos Compatibles



8.5 CLASIFICACIÓN

8.5.1 Las SMV se clasifican en:

- Señal Tipo A
- Señal Tipo B
- Señal Tipo C
- Señal Portátil
- Señales que exhiben solo Símbolos

a) SMV Tipo A

Son señales permanentes con hasta 4 líneas de información, con un mínimo de 16 caracteres cada una. Pueden ser capaces de mostrar 1 ó 2 aspectos en cada secuencia de operación, lo cual otorga una capacidad máxima de 8 líneas de información. Dada su capacidad para entregar mensajes, este tipo de SMV tiene buena aplicación operacional sobre las calzadas principales. También puede tener aplicación sobre vías locales laterales a las calzadas principales. Generalmente estas señales se instalan a 5,1 m de altura sobre el pavimento; sin embargo, pueden existir situaciones que impidan instalarlas a dicha altura, en cuyo caso ésta puede ser mayor o menor.

b) SMV Tipo B

Son señales permanentes con hasta 3 líneas de información, con entre 12 y 15 caracteres cada una. Pueden ser capaces de mostrar 1 ó 2 aspectos en cada secuencia de operación, lo cual otorga una capacidad máxima de 6 líneas de información. Dado su menor ancho, estos dispositivos tienen buena aplicación sobre calzadas laterales y rampas de acceso a la calzada principal. Normalmente estas señales se instalan a 5,1 m de altura sobre la calzada; sin embargo, pueden existir situaciones que impidan instalarlas a dicha altura, en cuyo caso ésta puede ser mayor o menor. En algunos casos se pueden instalar al costado de una calzada, debiendo tener una elevación mínima de 2,2 m con respecto al nivel del pavimento.

c) SMV Tipo C

Son señales permanentes con una línea de información, con un mínimo de 12 caracteres. Pueden ser capaces de mostrar 1 ó 2 aspectos en cada secuencia de operación, lo cual proporciona una capacidad máxima de 2 líneas de información. Tienen especial aplicación dentro de túneles u otras estructuras con limitado gálibo. Normalmente estas señales se instalan a un mínimo de 4,6 m de altura sobre la calzada; sin embargo pueden existir situaciones que obliguen a una altura menor, en cuyo caso se debe proveer la señalización pertinente para avisar a conductores de vehículos altos de la restricción de gálibo existente.

d) SMV Portátil

Las Señales de Mensaje Variable Portátil (SMVP) pueden contar con hasta 3 líneas de ocho o más caracteres por línea; según el modelo pueden tener 1 ó 2 aspectos. Estas señales se pueden trasladar hacia diferentes ubicaciones según se requiera, ya sea en su propio sistema de rodaje o montadas en un vehículo. Cuando se colocan al costado de la calzada en una situación transitoria, deben ser visibles a 500 m, no debiendo generar un punto duro. Es preferible que la SMVP tenga un diseño tal que la línea inferior del mensaje esté por lo menos a 1,8 m sobre la rasante de la vía. Tratándose de trabajos que se realizan en la vía pública donde se use una SMVP en un vehículo sombra, el operador del vehículo que la transporte debe maniobrar su vehículo de tal manera que la SMVP sea siempre visible. Esto requiere que el vehículo sombra no esté a una distancia constante de los vehículos de trabajo.

Según las condiciones del lugar, las señales SMV Tipo A, B, C o SMVP pueden complementarse con 1 ó 2 Paneles Laterales Suplementarios (PLS) que pueden mostrar una variedad de pictogramas que ayudan a la fácil y rápida comprensión de los mensajes de texto exhibidos. Los PLS pueden mostrar 1 ó 2 aspectos en cada secuencia de operación. Los PLS pueden ubicarse a la izquierda o a la derecha según la visualización del conductor. En el caso de disponerse de un solo panel lateral, éste normalmente se debe colocar a la izquierda del panel principal. Cuando existen paneles laterales no necesariamente éstos deben usarse cada vez que se active el panel principal.

e) SMV que exhiben sólo símbolos

i) Señales Aspa/Flecha

La SMV tipo Aspa/Flecha (SMV/AF) consta de módulos cuadrados o rectangulares con una relación ancho/alto de 1/1.4, ubicados sobre cada pista, los que pueden mostrar uno de los siguientes tres aspectos: aspa roja, flecha amarilla oblicua y flecha verde vertical descendente. Cada módulo se ubica sobre la pista a la que es aplicable. Cuando las SMV/AF se instalan en estructuras independientes, deben estar a una altura de 5,1 m sobre el pavimento. Cuando se instalan en túneles u otras estructuras, la elevación se debe ajustar al gálibo disponible. Los aspectos tienen los siguientes significados:

- Aspa roja: Indica que la pista está cerrada al tránsito. Los vehículos deben abandonar la pista tan pronto puedan hacerlo, no debiendo ingresar a ella excepto para el caso de evitar un accidente.
- Flecha amarilla oblicua: Indica que más adelante la pista está cerrada e indica la dirección en que debe ser abandonada. El software de control debe asegurar que el sistema impida mostrar situaciones de conflicto, por ejemplo, que una flecha apunte para un lado y que una adyacente o la siguiente apunte para el otro.
- Flecha verde vertical descendente: Indica que la pista está en condiciones de uso normal.

En condiciones normales, estos símbolos se muestran de modo fijo. En caso de incidentes se muestran de manera intermitente. En estos casos, la intermitencia de los símbolos debe ser simultánea.

Figura 8.5-1
Aspectos de SMV Tipo Aspa-Flecha



Tabla 8.5-2
Dimensiones Mínimas de Módulos Cuadrados de SMV Aspa/Flecha

Velocidad Máxima (km/h)	Dimensiones Mínimas (mm)
≥ 120	700 x 700
100 - 110	560 x 560
≤ 90	450 x 450

Tratándose de módulos rectangulares, los valores de la tabla 8.5-2 corresponden al ancho de éstos. En todo caso, en situaciones especiales, las dimensiones podrán variar aceptándose una tolerancia de un 5%.

No obstante los colores antes especificados para estas señales, tratándose de vías urbanas convencionales los tres colores, rojo, amarillo y verde, deberán ser reemplazados por color blanco o ámbar.

Estas señales Aspa/Flecha pueden complementarse con un texto y/o pictograma que aluda al evento que genera la información que se está entregando.

ii) Señal Sentido de Tránsito

Estas señales se utilizan para indicar el sentido de tránsito de una vía. Pueden ser utilizadas en reemplazo de la señal reglamentaria TRÁNSITO EN UN SENTIDO (RO-1a) o TRÁNSITO EN AMBOS SENTIDOS (RO-1b) sólo si se encuentran instaladas con una unidad de respaldo de energía y conectadas al semáforo más próximo. Dada sus características operativas, su uso constituye la mejor alternativa de señalización del sentido de tránsito cuando la vía es reversible, esto es, aquellas donde los sentidos de tránsito permitidos varían según los horarios .

Estas señales pueden ser complementadas por una placa adicional fija que contenga la leyenda TRÁNSITO.

Su color de fondo debe ser negro y la o las flechas, según sea el caso, de color amarillo o ámbar. Sus dimensiones mínimas se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 8.5-3
Dimensiones Mínimas de la SMV Sentido de Tránsito

Velocidad Máxima (km/h)	Largo (mm)	Alto (mm)
≤ 70	400	160

El funcionamiento de esta señal puede ser en modo intermitente o secuencial. Para su correcta percepción, estas señales deben ser instaladas en el cruce mismo a que alude la información que proyectan.

Figura 8.5-2
SMV Sentido de Tránsito



iii) Señales reglamentarias o de advertencia de peligro

Sin perjuicio de la exhibición de símbolos o pictogramas correspondientes a señales reglamentarias o de advertencia de peligro que se presentan acompañando a textos, estas señales también pueden presentarse de manera aislada, debiendo ellas cumplir con los requisitos de este Manual en cuanto a diagramación, color y tamaño.

Estas señales pueden acompañarse en sus bordes, en sus extremos o sobre ellas, de dispositivos luminosos que en determinadas circunstancias u horarios preestablecidos se activan emitiendo luz de manera intermitente para atraer la atención de los conductores. A esta configuración de señales se les denomina “Señales de Mensaje Variable Híbridas”. Ejemplo típico de una situación que amerita la instalación de una SMV híbrida corresponde al límite de velocidad máxima que rige en las afueras de los colegios sólo durante las horas de inicio y término de actividades.

Las restricciones, prohibiciones y obligaciones que se impongan a los conductores y demás usuarios de las vías empleando símbolos o pictogramas no previstos en los capítulos 2 y 5 del Manual de Señalización carecen de validez legal.

8.6 PICTOGRAMAS PROPIOS DE LA SMV

Las SMV pueden exhibir en general los pictogramas correspondientes a señales tanto del tipo reglamentarias como preventivas o de advertencia de peligro, pero dado que éstos no aluden a situaciones transitorias como las referidas en este capítulo, se hace necesario especificar las siguientes 4 nuevas señales que advierten acerca de peligros en la vía:

- Condiciones climáticas adversas (lluvia, nieve, neblina) (PMV-1)
- Accidente (PMV-2)
- Congestión vehicular (PMV-3)
- Vehículo con averías o desperfecto (PMV-4)



CONDICIONES CLIMÁTICAS ADVERSAS (PMV-1)



ACCIDENTE (PMV-2)



CONGESTIÓN VEHICULAR (PMV-3)



**VEHÍCULO CON AVERÍAS O
DESPERFECTO (PMV-4)**

8.7 LOCALIZACIÓN LONGITUDINAL DE LAS SMV

Para la mejor ubicación de una SMV permanente se debe tener en consideración lo siguiente:

- Elegir un lugar que anteceda a puntos de decisión (salidas de autopistas, enlaces entre autopistas, etc.) que permita a los conductores tomar una ruta alternativa en el caso de congestión o cierre de calzada. Estos lugares se ubican generalmente entre 1 y 5 kilómetros antes de un enlace. La distancia debe ser tal que permita a un conductor tener tiempo para leer el mensaje, entenderlo y tomar una decisión, cualquiera que ésta sea, de manera segura, antes de alcanzar el punto de decisión. No es conveniente tener una distancia mayor a 5 km, ya que un conductor podría olvidar el mensaje que leyó antes de llegar al punto de decisión.
- Ubicar la SMV antes de embotellamientos, áreas de accidentes graves y/o de recintos que sean sede de eventos masivos (estadios, centros de convenciones, etc.).
- De ser posible, la SMV se debe instalar en un tramo de vía recto que facilite al usuario una visión directa desde una distancia igual o mayor que la distancia mínima de lectura.
- En lo posible, las SMV se deben ubicar a por lo menos 200 m de señales informativas de preseñalización y/o dirección. Se recomienda que esta distancia se aumente cuando la calzada contenga 3 o más pistas.

La ubicación de una SMVP debe tener en cuenta los mismos factores a considerar para la instalación de una SMV permanente, no obstante el criterio principal es que los conductores puedan leer la señal con tiempo adecuado para tomar una decisión y efectuar con seguridad cualquier maniobra que se requiera.

8.8 DEFINICIÓN DEL MENSAJE

Dada la importancia de la uniformidad de la señalización de tránsito, tratándose de SMV es recomendable mostrar siempre mensajes pre-programados y rutinarios.

Un mensaje informativo debe entregar con un primer aspecto información al usuario en relación con un problema o imprevisto existente en la vía (accidente, incidente, trabajos en la vía) y, a la vez, con el segundo aspecto, la acción a seguir (salir, prepárese para detenerse, usar pista x). Puede también incluir una indicación que apele a un segmento especial de conductores, si el mensaje se dirige sólo a ellos (vehículos pesados, camiones). Es importante tener presente que existe evidencia de que un aspecto de siete palabras, descontando las preposiciones y artículos, se aproxima al límite de lo que un conductor que viaja a alta velocidad alcanza a procesar.

Las palabras innecesarias (un, el) deben omitirse y las abreviaturas más comunes deben utilizarse sin punto, salvo que la intención del mensaje no quede clara.

Se debe evitar el uso de términos poco explicativos como "Atención", "Precaución", "Sr. Usuario" o similar. De igual manera se debe evitar incluir calificativos como "Severa" Congestión o Neblina "Densa", ya que éstos no aportan mayormente al mensaje y los desacreditan cuando no incluyen adjetivos similares.

8.8.1. Abreviaturas

En el evento de requerirse el uso de abreviaturas de las palabras señaladas a continuación, se deben utilizar las siguientes:

PALABRA	ABREVIATURA	PALABRA	ABREVIATURA
Alternativa	ALT	Sur	S
Altura	H	Tiempo	TPO
Avenida	AV	Poniente	P
Celular	CEL	Puerto	PTO
Construcción	CONST	Provincia	PROV
Derecha/o	DER	Puente	PTE
Diagonal	DIAG	Sentido	STDO
Dirección	DIR	Teléfono	TEL
Horas	HRS	Tránsito	TTO
Izquierda/o	IZQ	Vehículos	VEH
Kilómetros por hora	KM/H	Velocidad	VEL
Kilómetros	KM	Oriente	O
Máxima	MAX	Peatones	PEAT

Metros	M	Prefiera	PREF
Mínimo/a	MIN	Región	REG
Minutos	MINS	Transporte	TPTE
Norte	N	Visibilidad	VISIB
Nuevo	NVO		

8.8.2 Mensajes de Seguridad de Tránsito

Ocasionalmente, cuando no es necesario entregar información a los conductores ni imponer restricciones que atiendan a condiciones puntuales, en horarios de poco tránsito los paneles de las SMV pueden ser utilizados para exhibir mensajes educativos o de información general que contribuya a la seguridad de tránsito, tales como:

- CELEBRE CON RESPONSABILIDAD
- ENCIENDA LUCES
- EVITE PANNE DE COMBUSTIBLE
- MANTENGA SU DISTANCIA
- MODERE SU VELOCIDAD
- OCULTAR O ALTERAR SU PLACA PATENTE ES UN DELITO
- USE CINTURON DE SEGURIDAD
- USE SILLA PARA NIÑOS
- ATIENDA AL TRÁNSITO, NO SE DISTRAIGA CON EL CELULAR

APÉNDICE

Librería de Mensajes Informativos

En la medida de lo posible, deberán utilizarse, entre otros, mensajes de la siguiente librería:

<p>Congestión</p> <ul style="list-style-type: none"> • TIEMPO DE VIAJE • DEMORA “X” MINS • CONGESTION <p>Incidentes</p> <ul style="list-style-type: none"> • ALERTA AMBIENTAL • EMERGENCIA AMBIENTAL • INCIDENTE • PEATONES • GRAVILLA SUELTA • VEHICULO SENTIDO CONTRARIO • VISIBILIDAD REDUCIDA • PAVIMENTO RESBALADIZO • NIEBLA • NEBLINA • ANIMALES EN LA VIA • INUNDACION • VEHICULO DETENIDO • VEHICULO LENTO • DERRUMBE • VIENTO LATERAL <p>Accidentes</p> <ul style="list-style-type: none"> • ACCIDENTE <p>Instructivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • PREFIERA RUTAS ALTERNATIVAS • ABANDONE VIA • MANTENGA PISTA • USE PISTA IZQUIERDA • USE PISTA IZQUIERDA Y CENTRAL • USE PISTA IZQUIERDA Y DERECHA • USE PISTA DERECHA • USE PISTA DERECHA Y CENTRAL • USE PISTA CENTRAL • USE CADENAS 	<p>Trabajos en la vía</p> <ul style="list-style-type: none"> TRABAJOS EN LA VIA DESVIO FIN TRABAJOS BANDERERO TRABAJOS MOVILES VEHICULO LENTO ANGOSTAMIENTO ENSANCHAMIENTO <p>Complementos de informativos</p> <ul style="list-style-type: none"> • A LA DERECHA • A LA IZQUIERDA • PISTA DERECHA • PISTA IZQUIERDA • PISTA CENTRAL • CERRADA(O) • PROXIMA SALIDA • PUENTE • TUNEL • ESTACIONAMIENTO • A “X” M • A “X”KM • TRANSITO SUSPENDIDO • DETENCION OBLIGADA <p>De prueba</p> <ul style="list-style-type: none"> • SEÑAL EN PRUEBA • MENSAJE DE PRUEBA
---	--

Los términos antes descritos podrán, cuando sea necesario, complementarse con nombres de calles, comunas, destinos usuales o sectores de una ciudad.

GLOSARIO

A continuación se entrega el significado de algunas palabras, siglas y frases utilizadas en este Manual, sólo para los efectos de facilitar la comprensión y aplicación de éste a nivel nacional:

ACERA: Parte de una vía destinada al uso de peatones.

ÁREA NEUTRAL: Área de la calzada donde se restringe la circulación con el objeto de segregar el tráfico y/o conducirlo con seguridad.

AUTOPISTA: Vía cuya función principal es permitir desplazamientos de larga distancia entre ciudades o a través de éstas. Su capacidad vehicular es elevada y su diseño permite una operación segura a velocidades superiores a 90 km/h. Sus calzadas están separadas físicamente y segregadas de su entorno, sus accesos son controlados y limitados a ciertos puntos. Las intersecciones de flujos mayores son a desnivel, permitiéndose cruces de flujos menores a nivel, siempre y cuando cuenten con una infraestructura adecuada que incluya pistas de aceleración, deceleración, espera de viraje, u otras. Posee un límite mínimo de velocidad.

AUTOVÍA: Vía que presenta características similares a las de una autopista, pero adaptadas al caso urbano. Esto se manifiesta principalmente en que la segregación con respecto a otras vías y al entorno urbano es menos rigurosa que en las autopistas y, en consecuencia, la velocidad de operación segura es levemente inferior a éstas.

BAHÍA: Ensanche de calzada en un tramo de vía, de un ancho tal que permite el estacionamiento o la detención de vehículos sin que éstos interfieran con el tránsito vehicular.

BERMA: Faja lateral, pavimentada o no, adyacente a la calzada del camino.

BOTONERA O PULSADOR: Dispositivo utilizado por los peatones o ciclistas para activar una solicitud de derecho preferente de paso en un cruce o intersección semaforizada en la que ese derecho no se activa de forma predeterminada en cada ciclo.

BRECHA: Intervalo de tiempo que transcurre entre el paso de un vehículo y su sucesor, y cuya extensión permite a un usuario cruzar o incorporarse a la respectiva corriente vehicular. Se expresa generalmente en segundos.

CABEZAL: Corresponde a la parte del semáforo donde se ubican las luces que informan a los usuarios quién tiene derecho preferente de paso.

CALZADA: Parte de una vía destinada al uso de vehículos motorizados y de tracción animal.

CAMINO: Vía rural destinada al uso de peatones, vehículos y animales.

CANALIZACIÓN: Delineación horizontal y vertical del trazado de un desvío, la cual se materializa con señalización y dispositivos como conos o cilindros de tránsito, entre otros elementos.

CAPACIDAD: Número máximo de vehículos por unidad de tiempo que se descargan de una cola suficientemente larga en las condiciones prevalecientes de circulación.

CICLISTA: Persona que circula en bicicleta.

CICLOVÍA: Espacio destinado al uso exclusivo de bicicletas y triciclos.

CICLOBANDA: Pista o sector de la calzada o acera segregada del tránsito vehicular o peatonal sólo por demarcación.

CICLOCALLE: Vía convencional o peatonal donde circulan los biclos junto a otros vehículos motorizados, y/o peatones.

CICLORUTA: Red para la circulación de biclos compuesta por Ciclovías, Ciclobandas y/o Ciclocalles.

CONASET: Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito.

CONDUCTOR: Toda persona que conduce, maneja o tiene control físico de un vehículo motorizado en la vía pública; que controla o maneja un vehículo remolcado por otro; o que dirige, maniobra o está a cargo del manejo directo de cualquier otro vehículo, de un animal de silla, de tiro o de arreo de animales.

CONO DE ATENCIÓN: Es el cubierto por la vista al mirar al frente un punto fijo abarcando un ángulo de 10° con respecto al eje visual.

CRUCE: Unión de una calle o camino con otros, aunque no los atraviese. Comprende todo el ancho de la calle o camino entre las líneas de edificación o deslindes en su caso.

CRUCE REGULADO: aquel en que existe semáforo funcionando normalmente, excluyendo la intermitencia; o hay Carabinero dirigiendo el tránsito.

DELINEADORES: Dispositivos utilizados para entregar a los conductores información adicional sobre el alineamiento de la vía, especialmente en zona de curvas y en vías de alta velocidad, durante la noche y en períodos de baja luminosidad.

DEMARCACIÓN: Símbolo, palabra o marca de preferencia longitudinal o transversal, sobre la calzada para guía del tránsito de vehículos y peatones.

DEMORA: tiempo adicional que utiliza un usuario en cruzar una intersección o vía en comparación con el tiempo que le toma hacerlo teniendo derecho de paso sobre el resto de los usuarios.

DERECHO PREFERENTE DE PASO: prerrogativa de un peatón o conductor de un vehículo para proseguir su marcha.

DESVÍO: Camino provisorio que se aparta del trazado normal o permanente, que generalmente retorna a éste último por un recorrido más largo.

DISTANCIA DE LEGIBILIDAD MÍNIMA: Mínima distancia entre una señal y un conductor que se aproxima a ella a la velocidad máxima permitida, que le otorga a éste el tiempo suficiente para leerla, entenderla y reaccionar apropiadamente.

DISTANCIA DE VISIBILIDAD MÍNIMA: Mínima distancia entre una señal y un conductor o conductora promedio que se aproxima a ella a la velocidad máxima permitida, que le otorga a éste o ésta tiempo suficiente para distinguirla, leerla, entenderla y reaccionar apropiadamente.

DETENCIÓN: Paralización a que obligan los dispositivos de señalización del tránsito o las órdenes de los funcionarios encargados de su regulación, como asimismo, la paralización breve de un vehículo para recibir o dejar pasajeros, pero sólo mientras dure esta maniobra.

EJE DE CALZADA: Línea longitudinal a la calzada, demarcada o imaginaria, que determina las áreas con sentido de tránsito opuesto de la misma.

EMPALME: Dispositivo vial que permite el intercambio de vehículos entre dos o más vías a nivel.

ENLACE: Dispositivo vial que permite el intercambio de vehículos entre dos o más vías que se cruzan a distinto nivel o que no se cruzan.

ESTACIONAMIENTO: Lugar permitido por la autoridad para estacionar.

FACTOR DE LUMINANCIA: Es la relación entre la luminancia de un cuerpo y la de un difusor reflectante o transmisor perfecto, iluminado de la misma manera. Su símbolo es β .

FASE: Estado del semáforo en el que no existen cambios en el derecho de paso de los usuarios; una fase se inicia o termina cuando al menos un movimiento (vehicular o peatonal) gana o pierde derecho de paso.

FLUJO: Corresponde indistintamente al número de peatones, ciclistas o vehículos que circulan por una sección de vía por unidad de tiempo. Típicamente está referido a una hora o bien a 15 minutos.

FLUJO DE SATURACIÓN: Corresponde a la máxima tasa de descarga de una cola de vehículos formada en un acceso, expresada generalmente en veh/h, en las condiciones de circulación observadas.

GRADO DE SATURACIÓN: Cociente entre el flujo y la capacidad de una vía, movimiento o pista. En este manual, generalmente corresponderá al grado de saturación de corrientes vehiculares.

GRAFEMARIO: Representación escrita de sonidos o palabras de lenguas originarias ágrafas.

HITOS: Dispositivos utilizados para advertir a los usuarios sobre puntos de riesgo presentes en la vía o en sus costados.

INTERSECCIÓN: Área común de calzadas que se cruzan o convergen.

ISLA DE CANALIZACIÓN: Diseño geométrico sobre la calzada, demarcado o delimitado, que permite encauzar los flujos vehiculares.

ISLA PEATONAL: Diseño geométrico sobre la calzada que permite otorgar a los peatones una zona protegida en ésta.

LEYENDA: Expresión escrita del mensaje de una señal.

LGUC: Ley General de Urbanismo y Construcción.

LÍNEA DE DETENCIÓN DE VEHÍCULOS: Línea transversal a la calzada, demarcada o imaginaria, antes de una intersección o de un paso para peatones, que no debe ser sobrepasada por los vehículos que deben detenerse. Si no estuviera demarcada, se entiende que está: a) en cruces regulados y pasos para peatones, a no menos de un metro antes de éstos; y b) en otros cruces, justo antes de la intersección.

LUMINANCIA: Cociente entre la intensidad luminosa emitida por un elemento de superficie, en una dirección dada, y el área "dA" de la proyección ortogonal de este elemento de superficie sobre un plano perpendicular a la dirección (área proyectada o aparente) considerada. Su símbolo es L y se mide en candelas/m².

MESPIVU: Manual de Diseño y Evaluación Social de Proyectos de Vialidad Urbana.

MIDEPLAN: Ministerio de Planificación.

MINVU: Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

MOVIMIENTO: Corriente de vehículos, peatones o ciclistas que circula por la intersección en una determinada dirección y sentido de avance. Generalmente se asocian a uno de los accesos de la intersección.

MTT: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.

OGUC: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

PASO PARA PEATONES: Senda de seguridad en la calzada, señalizada conforme al reglamento. En cruces regulados no demarcados, corresponde a la franja formada por la prolongación imaginaria de las aceras.

PATRÓN DE LÍNEA SEGMENTADA: Longitud básica o modelo, en base a cuya reiteración se construye una línea segmentada. Está constituida por un segmento demarcado seguido de otro sin demarcar o brecha.

PEATÓN: Persona que se desplaza a pie por una vía pública, en silla de ruedas u otro dispositivo similar. Para fines de justificación de semáforos incluye también a ciclistas.

PENÍNSULA: Ensanche corto de la acera que prolonga ésta sobre la calzada en a lo menos 2 metros.

PISTA DE CIRCULACIÓN: Faja demarcada o imaginaria, destinada al tránsito de una fila de vehículos.

RADIO DE CURVATURA: Medida de la curvatura de una vía expresada en relación al eje de replanteo.

RADIO DE GIRO: Radio del arco de la curva que describe la rueda delantera exterior de un vehículo en el transcurso de una maniobra de viraje.

REDEVU: Manual de Vialidad Urbana Volumen 3: "Recomendaciones para el diseño de elementos de infraestructura vial urbana", Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

REFUGIO PEATONAL: Diseño geométrico sobre la calzada que permite otorgar en ésta una zona protegida a los peatones que hacen uso de un Paso Cebra o de un Paso Peatonal Regulado por Semáforo.

ROTONDA: Área común de calzadas que convergen y cuyo tránsito interno se desarrolla en forma circular.

SCAT: Sistema de Control de Área de Tráfico.

SEÑAL DE TRÁNSITO: Dispositivos, signos y demarcaciones oficiales, de mensaje permanente o variable, instalados por la autoridad con el objetivo de regular, advertir o encauzar el tránsito.

SECTRA: Secretaría de Planificación de Transporte.

SEMÁFORO: dispositivo electrónico de control de tránsito que mediante indicaciones luminosas entrega derecho de paso alternadamente a todos los movimientos peatonales o vehiculares de una intersección o cruce peatonal. Está compuesto por un conjunto de dispositivos, incluyendo un controlador, cabezales, lámparas y postes, y eventualmente sistemas de comunicación que los conectan con semáforos cercanos o con un centro de control.

SERVIU: Servicio de Vivienda y Urbanización.

SÍMBOLO: Representación gráfica del mensaje de una señal.

TOPES VEHICULARES: Dispositivos utilizados para proteger la circulación peatonal por las veredas impidiendo el ingreso y estacionamiento de vehículos en ellas.

TRÁNSITO: Desplazamiento de peatones, animales o vehículos por vías de uso público.

TIEMPO DE ROJO, VERDE; AMARILLO, ROJO-ROJO Y ENTREVERDE: Corresponden a los lapsos de tiempo en que un semáforo despliega una luz roja, verde o amarilla a un cierto grupo de usuarios. En el caso del tiempo de rojo-rojo se refiere a un período en que todas las indicaciones del semáforo son rojas, este período se implementa para disminuir la posibilidad de accidentes durante las transiciones de derecho de paso. El período de entreverde corresponde a suma de los períodos de amarillo y rojo-rojo.

UOCT: Unidad Operativa de Control de Tránsito.

VEHÍCULO: Medio con el cual, sobre el cual o por el cual toda persona u objeto puede ser transportado por una vía.

VELOCIDAD DE DISEÑO: Velocidad considerada para diseñar una vía, que corresponde a la máxima velocidad a la que un vehículo puede circular en condiciones de flujo libre, con seguridad teóricamente total.

VELOCIDAD DE OPERACIÓN: Corresponde a la velocidad del percentil 85, que es aquella bajo la cual circula el 85 por ciento de los vehículos cuando no existe congestión.

VELOCIDAD DE PROYECTO: Velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad, elementos que sólo podrán empleados en la medida que estén precedidos de otros (en ambos sentidos del tránsito), que anticipen al usuario que se están entrando a un tramo de características geométricas mínimas, el que además debe estar debidamente señalizado. Este concepto, utilizado en el Manual de Carreteras, reemplazó al de Velocidad de Diseño en dicho Manual.

VÍA: Calle, camino u otro lugar destinado al tránsito de vehículos y/o peatones.

VÍA CONVENCIONAL: Vía que no reúne las características de una autopista ni de una autovía, distinguiéndose dos grupos:

- **VÍA URBANA CONVENCIONAL:** Vía que atiende desplazamientos dentro de la ciudad y cuya velocidad máxima permitida no supera los 70 km/h.
- **VÍA RURAL CONVENCIONAL:** Vía que atiende viajes interregionales y locales en zonas rurales y cuya velocidad máxima permitida no supera los 100 km/h.

ZONA RURAL: Área geográfica fuera de las zonas urbanas.

ZONA URBANA: Área geográfica poblada cuyos límites para los efectos de este Manual, deben estar determinados y señalizados por la autoridad competente.

ANEXO 1
RECOMENDACIONES PARA LA CONFECCIÓN DE LEYENDAS
DE SEÑALES DE TRÁNSITO

ANEXO 1.- RECOMENDACIONES PARA LA CONFECCIÓN DE LEYENDAS DE SEÑALES DE TRÁNSITO

Toda señal de tránsito debe ser legible a una distancia tal que proporcione al conductor el tiempo suficiente para leer el mensaje, seleccionar la maniobra apropiada y realizar ésta en forma segura y oportuna. Esta distancia depende directamente del tipo de letra utilizado y su tamaño.

Es por ello que para la confección de leyendas de señales de tránsito sólo se deben utilizar la tipografía y espaciamientos definidos en este Anexo. Dicha tipografía ha sido diseñada especialmente para señalización de tránsito, asegurando con su forma la legibilidad de cada letra o número a distancia.

Dicha tipografía entrega una visibilidad de entre 4,3 y 5 metros por cada centímetro de altura. Así, las letras de 20 cm de alto son legibles a una distancia máxima de entre 86 y 100 m; letras de 8 cm son legibles entre 34 y 40 m; y letras de 4 cm son apenas legibles entre 17 y 20 m. Estas distancias corresponden a estimaciones generales, en condiciones ideales. Para cada individuo pueden variar según el estado del parabrisas del vehículo o de su visión.

Velocidad (km/r)	Altura de Letras, en centímetros ¹	
	Leyendas simples	Leyendas complejas
40	7,5	12,5
50	12,5	17,5
60	15,0	22,5
70	15,0	22,5
80	20,0	30,0
90	20,0	30,0
100	25,0	35,0
110	25,0	35,0
120	25,0	35,0

Las dimensiones especificadas en este Manual pueden ser aumentadas, manteniendo sus proporciones, cuando un estudio técnico de las condiciones del tránsito y del entorno lo justifique.

En el caso de las señales reglamentarias y de advertencia de peligro, en las que el mensaje se entrega fundamentalmente por medio de símbolos, las leyendas, cuando existen, y dado que éstas complementan al símbolo, se pueden escribir con letras de menores dimensiones que las especificadas para señales informativas, en las que el mensaje es entregado fundamentalmente a través de la leyenda.

En señales reglamentarias y de advertencia de peligro, las leyendas deben ir en mayúsculas cualquiera sea su tamaño. En señales informativas, se pueden utilizar minúsculas cuando la altura de la letra que corresponda a la velocidad máxima de la vía sea igual o superior a 15 cm.

No obstante lo anterior, es conveniente usar el mismo tamaño de letra para todas las señales informativas de una vía, aun cuando la velocidad máxima o de operación de ella disminuya por cualquier razón, debiendo usarse, a lo largo de toda la vía, la altura que corresponda a la del tramo de mayor velocidad. Esto se debe a que las mismas condiciones que inducen bajas velocidades, como son el alto volumen de tránsito, intersecciones frecuentes o alineación desfavorable, generalmente requieren de una mayor legibilidad, lo que se consigue aumentando el tamaño mínimo de letra.

1 Mayúsculas

1.1 Letras y Números

La tipografía a utilizar en la confección de señales de tránsito tiene una relación base a altura igual a 1:1,4. Esta relación es aproximada, ya que hay variaciones menores en los anchos y alturas de letras y números.

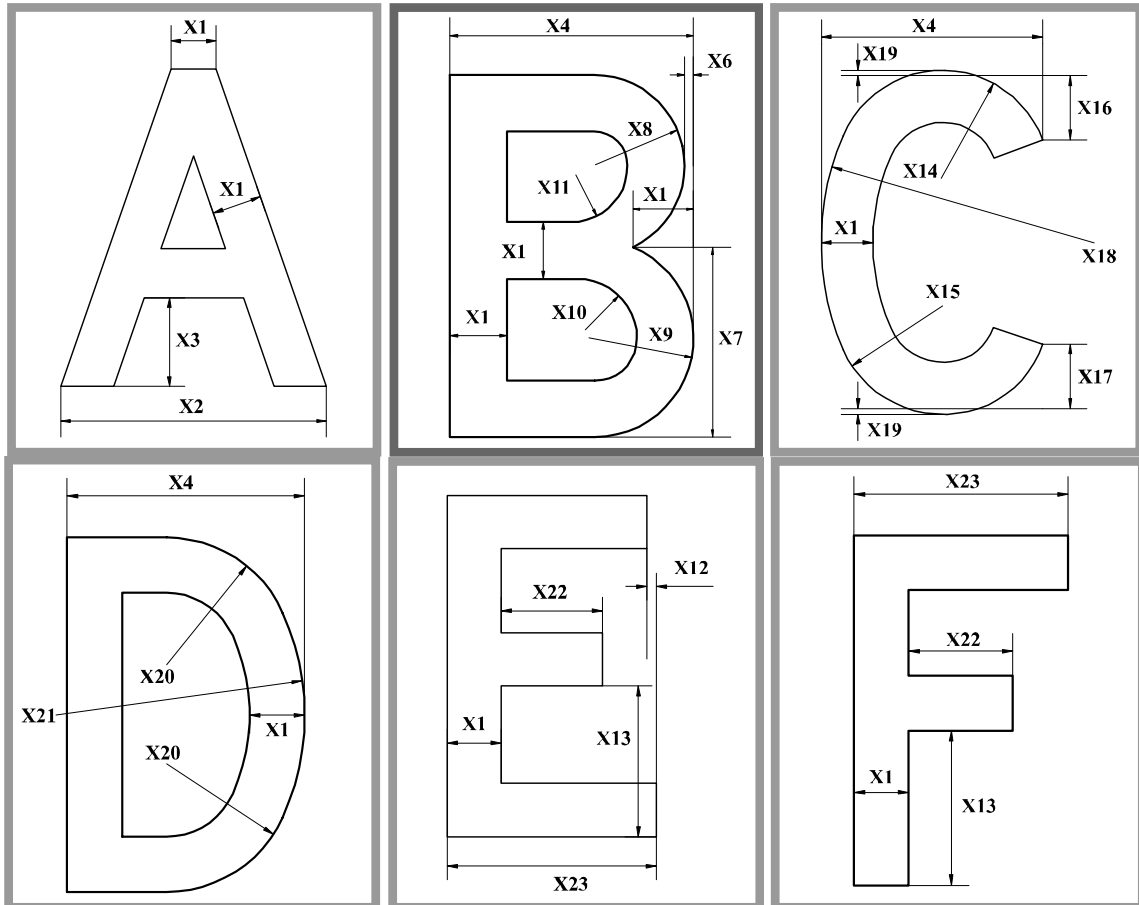
Las letras y números pueden ser reproducidos en el tamaño que se desee, guiándose por la Tabla de Dimensiones que corresponda. Cuando se requieran alturas no contempladas en la tabla, los ajustes deben efectuarse en forma proporcional.

¹ Son leyendas simples aquellas que no superan 3 líneas; son complejas las leyendas de señales tipo mapa, de 4 líneas de texto y las de señales aéreas.

El ancho del rasgo de las letras y números es uniforme en cada una de las medidas del alfabeto, excepto donde sea indicado de otra manera.

Todos los caracteres que tienen un arco arriba o abajo rebasan ligeramente las líneas horizontales de los encuadros de las otras letras. Esto está acorde con la práctica aceptada para letras redondeadas.

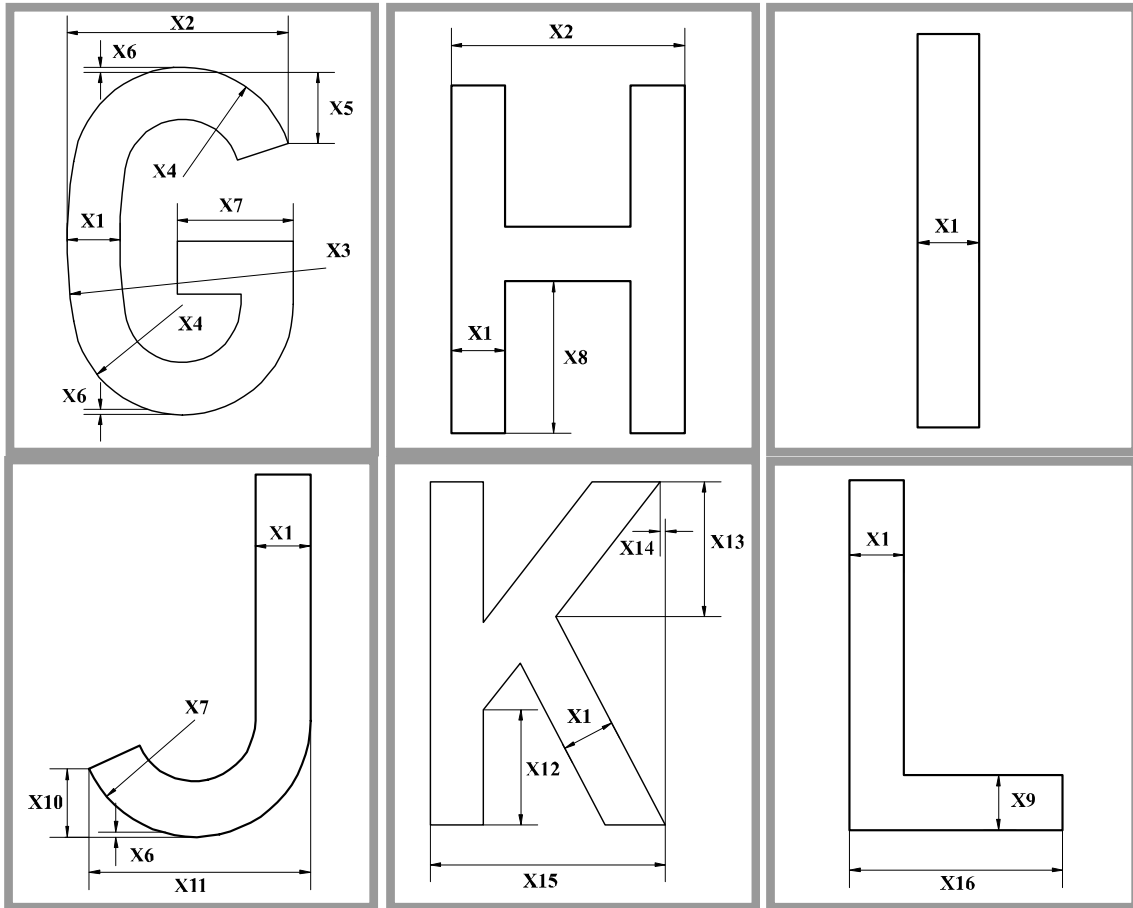
TABLA DE DIMENSIONES (cm)



Altura	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
5,0	0,8	4,2	1,4	3,4	2,2	0,1	2,6	1,3	1,4	0,8	0,8	0,2	2,2
7,5	1,2	6,3	2,1	5,0	3,3	0,2	3,9	1,9	2,0	1,2	1,2	0,2	3,3
10,0	1,6	8,4	2,8	6,7	4,4	0,2	5,2	2,5	2,7	1,6	1,6	0,3	4,4
12,5	2,0	10,5	3,5	8,4	5,5	0,3	6,5	3,1	3,4	2,0	2,0	0,4	5,5
15,0	2,4	12,6	4,2	10,0	6,6	0,3	7,8	3,8	4,1	2,4	2,4	0,5	6,6
17,5	2,7	14,6	4,9	11,7	7,7	0,4	9,1	4,4	4,7	2,8	2,7	0,5	7,7
20,0	3,1	16,7	5,6	13,4	8,8	0,5	10,5	5,0	5,5	3,3	3,1	0,6	8,8
22,5	3,5	18,8	6,3	15,1	9,9	0,6	11,8	5,6	6,2	3,7	3,5	0,7	9,9
25,0	3,9	20,9	7,0	16,8	11,0	0,6	13,1	6,3	6,9	4,1	3,9	0,8	11,0
30,0	4,7	25,1	8,4	20,2	13,1	0,7	15,7	7,5	8,2	4,9	4,7	0,9	13,1
45,0	7,0	37,7	12,7	30,2	19,7	1,1	23,6	11,3	12,3	7,3	7,0	1,4	19,7

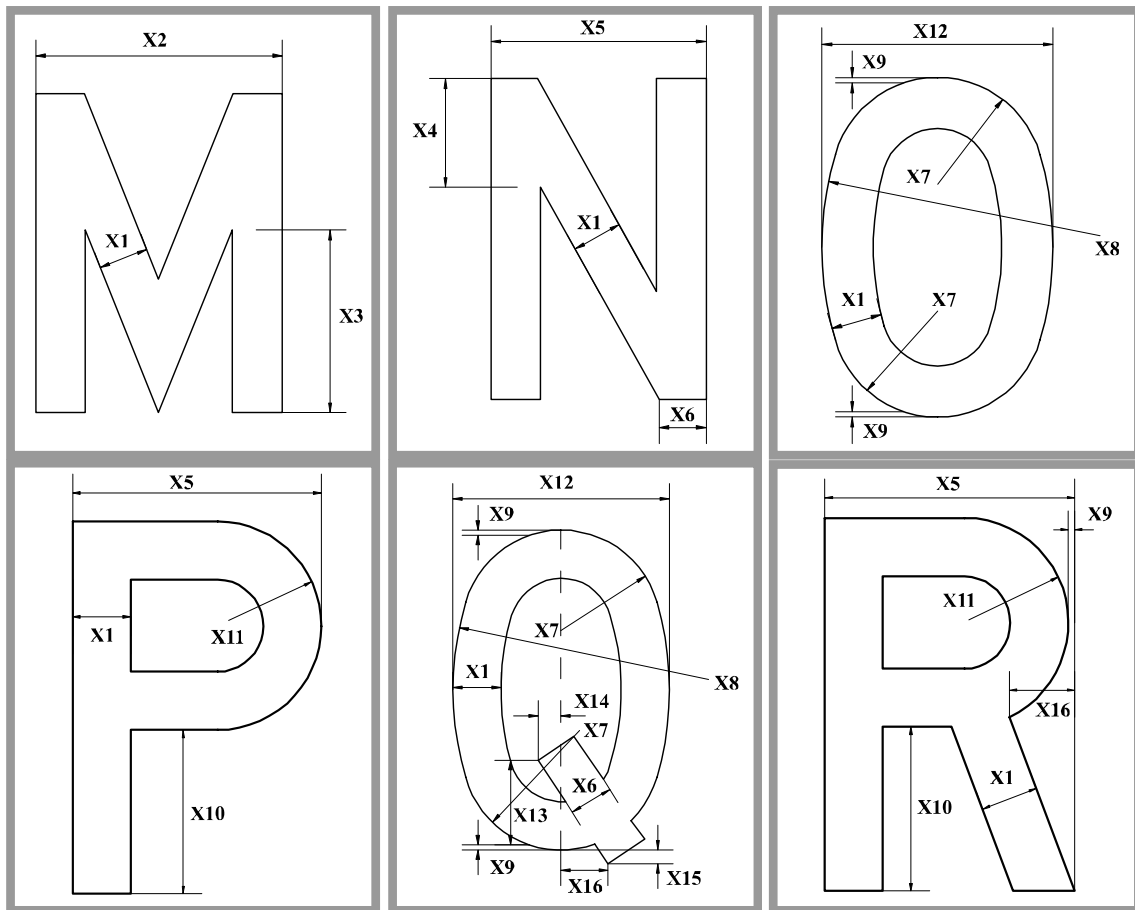
Altura	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23
5,0	1,6	1,6	1,0	1,1	3,9	0,1	1,8	3,5	1,4	3,0
7,5	2,4	2,4	1,5	1,6	5,9	0,1	2,7	5,3	2,2	4,6
10,0	3,3	3,2	2,0	2,2	7,9	0,2	3,6	7,0	2,9	6,1
12,5	4,1	4,0	2,5	2,7	9,8	0,2	4,5	8,8	3,6	7,6
15,0	4,9	4,8	3,0	3,3	11,9	0,2	5,4	10,5	4,3	9,1
17,5	5,7	5,6	3,5	3,8	13,8	0,3	6,3	12,3	5,1	10,7
20,0	6,6	6,4	4,1	4,4	15,8	0,3	7,2	14,1	5,8	12,2
22,5	7,4	7,2	4,6	5,0	17,8	0,3	8,1	15,9	6,5	13,7
25,0	8,3	8,0	5,1	5,5	19,8	0,4	9,0	17,6	7,3	15,3

30,0	9,8	9,6	6,1	6,6	23,7	0,5	10,8	21,1	8,7	18,3
45,0	14,7	14,4	9,1	9,9	35,5	0,7	16,2	31,6	13,0	27,4



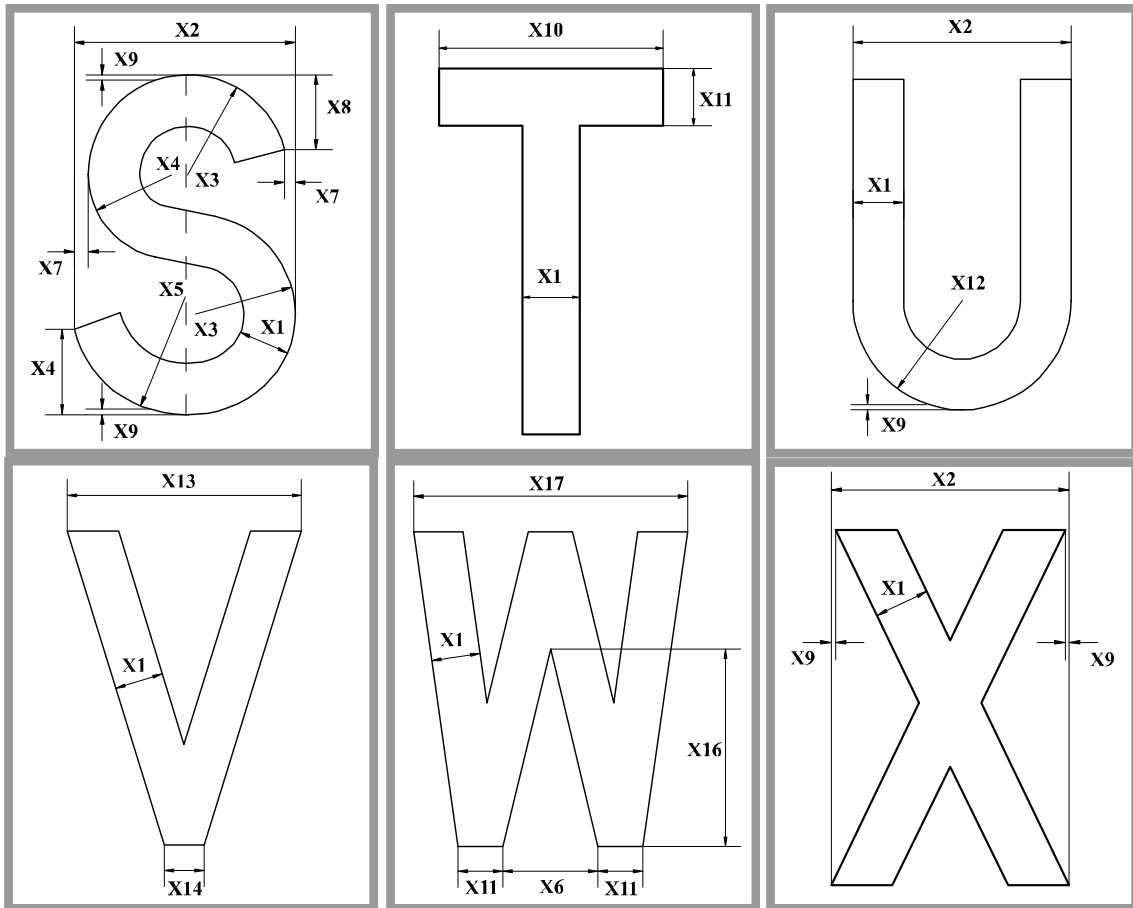
Altura	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
5,0	0,8	3,4	5,0	1,6	1,1	0,1	1,6	2,2	0,7	0,9	3,1	1,7	1,9
7,5	1,2	5,0	7,5	2,4	1,6	0,1	2,4	3,3	1,1	1,3	4,7	2,6	2,9
10,0	1,6	6,7	10,0	3,2	2,2	0,2	3,3	4,4	1,5	1,8	6,3	3,4	3,9
12,5	2,0	8,4	12,5	4,0	2,7	0,2	4,1	5,5	1,8	2,2	7,8	4,3	4,9
15,0	2,4	10,0	15,0	4,8	3,3	0,2	4,9	6,6	2,2	2,7	9,4	5,2	5,9
17,5	2,7	11,7	17,5	5,6	3,8	0,3	5,7	7,7	2,6	3,1	10,9	6,0	6,8
20,0	3,1	13,4	20,0	6,4	4,4	0,3	6,6	8,8	3,0	3,6	12,5	6,9	7,8
22,5	3,5	15,1	22,5	7,2	5,0	0,3	7,4	9,9	3,4	4,1	14,1	7,8	8,8
25,0	3,9	16,8	25,0	8,0	5,5	0,4	8,3	11,0	3,8	4,5	15,6	8,6	9,8
30,0	4,7	20,2	30,0	9,6	6,6	0,5	9,8	13,1	4,4	5,4	18,8	10,3	11,7
45,0	7,0	30,2	45,0	14,4	9,9	0,7	14,7	19,7	6,7	8,1	28,1	15,5	17,6

Altura	X14	X15	X16
5,0	0,1	3,4	3,0
7,5	0,2	5,2	4,6
10,0	0,2	6,9	6,1
12,5	0,3	8,6	7,6
15,0	0,3	10,3	9,1
17,5	0,4	12,0	10,7
20,0	0,5	13,8	12,2
22,5	0,6	15,5	13,7
25,0	0,6	17,3	15,3
30,0	0,8	20,6	18,3
45,0	1,1	31,0	27,4



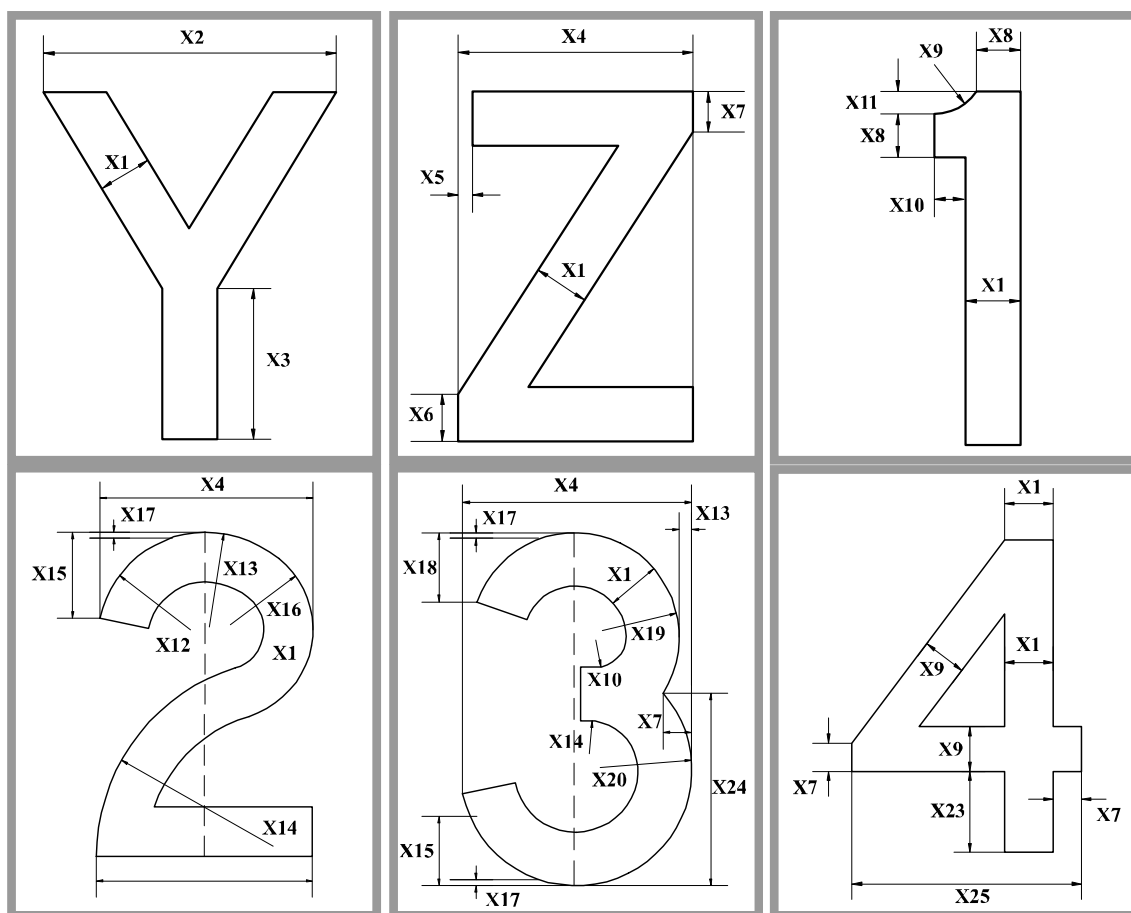
Altura	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
5,0	0,8	3,9	2,9	1,7	3,4	0,7	1,6	5,0	0,1	2,2	1,4	3,5	1,4
7,5	1,2	5,8	4,3	2,5	5,0	1,1	2,4	7,5	0,1	3,3	2,1	5,3	2,1
10,0	1,6	7,7	5,8	3,4	6,7	1,4	3,2	10,0	0,2	4,4	2,8	7,0	2,8
12,5	2,0	9,6	7,2	4,2	8,4	1,8	4,0	12,5	0,2	5,5	3,5	8,8	3,5
15,0	2,4	11,6	8,7	5,0	10,0	2,1	4,8	15,0	0,2	6,6	4,2	10,5	4,2
17,5	2,7	13,5	10,0	5,9	11,7	2,5	5,6	17,5	0,3	7,7	4,9	12,3	4,9
20,0	3,1	15,5	11,6	6,7	13,4	2,8	6,4	20,0	0,3	8,8	5,6	14,1	5,6
22,5	3,5	17,4	13,1	7,5	15,1	3,2	7,2	22,5	0,3	9,9	6,3	15,9	6,3
25,0	3,9	19,4	14,5	8,4	16,8	3,5	8,0	25,0	0,4	11,0	7,0	17,6	7,0
30,0	4,7	23,2	17,4	10,1	20,2	4,2	9,6	30,0	0,5	13,1	8,4	21,1	8,4
45,0	7,0	34,8	26,0	15,2	30,2	6,3	14,4	45,0	0,7	19,7	12,7	31,6	12,7

Altura	X14	X15	X16
5,0	0,4	0,2	0,9
7,5	0,6	0,4	1,3
10,0	0,8	0,5	1,7
12,5	1,0	0,6	2,1
15,0	1,2	0,7	2,6
17,5	1,4	0,8	3,0
20,0	1,6	0,9	3,4
22,5	1,8	1,0	3,8
25,0	2,0	1,1	4,3
30,0	2,4	1,4	5,2
45,0	3,5	2,1	7,7



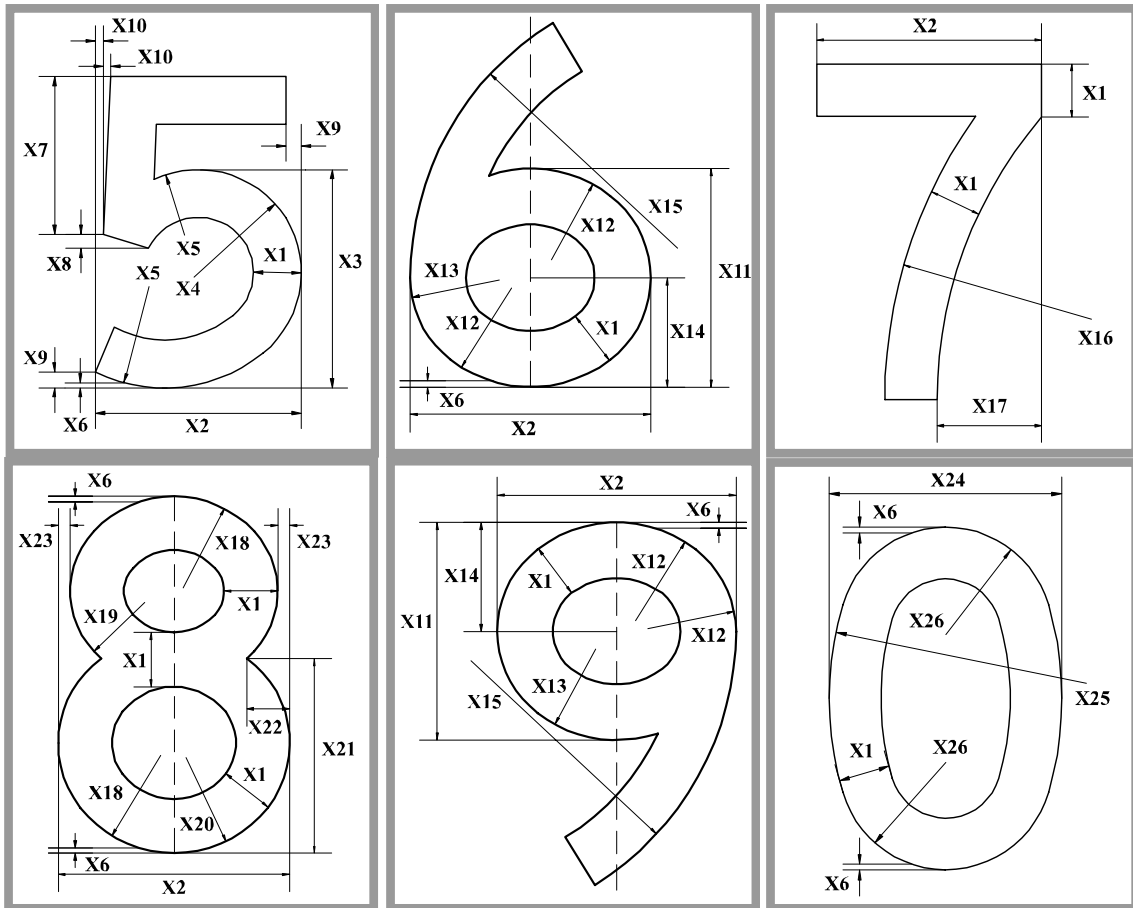
Altura	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
5,0	0,8	3,4	1,5	1,3	1,9	1,6	0,2	1,0	0,1	3,0	0,7	1,7	3,8
7,5	1,2	5,0	2,2	1,9	2,9	2,4	0,3	1,5	0,1	4,6	1,0	2,5	5,6
10,0	1,6	6,7	3,0	2,5	3,9	3,1	0,4	2,0	0,2	6,1	1,4	3,3	7,5
12,5	2,0	8,4	3,8	3,1	4,9	3,9	0,5	2,5	0,2	7,6	1,7	4,2	9,4
15,0	2,4	10,0	4,6	3,8	5,8	4,7	0,6	3,0	0,2	9,1	2,1	5,0	11,3
17,5	2,7	11,7	5,3	4,4	6,8	5,5	0,7	3,5	0,3	10,7	2,4	5,8	13,1
20,0	3,1	13,4	6,1	5,0	7,8	6,3	0,8	4,1	0,3	12,2	2,8	6,7	15,0
22,5	3,5	15,1	6,9	5,6	8,8	7,1	0,9	4,6	0,3	13,7	3,2	7,5	16,9
25,0	3,9	16,8	7,6	6,3	9,8	7,9	1,0	5,1	0,4	15,3	3,5	8,4	18,8
30,0	4,7	20,2	9,1	7,5	11,7	9,4	1,2	6,1	0,5	18,3	4,2	10,1	22,5
45,0	7,0	30,2	13,8	11,3	17,6	14,1	1,7	9,1	0,7	27,4	6,3	15,1	33,8

Altura	X14	X15	X16	X17
5,0	0,6	4,4	3,2	4,4
7,5	0,9	6,6	4,8	6,6
10,0	1,2	8,8	6,4	8,8
12,5	1,6	11,0	7,9	11,0
15,0	1,9	13,1	9,6	13,1
17,5	2,2	15,3	11,2	15,3
20,0	2,5	17,5	12,8	17,5
22,5	2,8	19,7	14,4	19,8
25,0	3,1	21,9	16,0	22,0
30,0	3,8	26,3	19,2	26,3
45,0	5,6	39,4	28,8	39,4



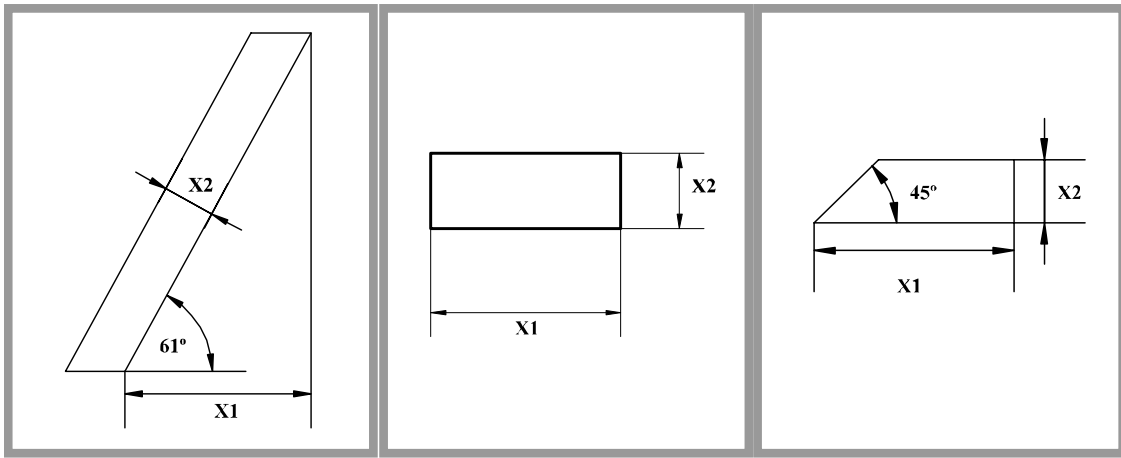
Altura	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
5,0	0,8	4,2	2,2	3,4	0,2	0,6	0,5	0,6	0,7	0,4	0,3	1,6	1,9
7,5	1,2	6,3	3,3	5,0	0,3	1,0	0,7	0,9	1,1	0,6	0,5	2,4	2,9
10,0	1,6	8,4	4,4	6,7	0,4	1,3	0,9	1,3	1,4	0,8	0,6	3,3	3,9
12,5	2,0	10,5	5,5	8,4	0,5	1,6	1,2	1,6	1,8	1,0	0,8	4,1	4,9
15,0	2,4	12,7	6,6	10,0	0,6	2,0	1,4	1,9	2,1	1,3	0,9	4,9	5,8
17,5	2,7	14,7	7,7	11,7	0,7	2,3	1,6	2,2	2,5	1,5	1,1	5,7	6,8
20,0	3,1	16,9	8,8	13,4	0,8	2,7	1,9	2,5	2,8	1,7	1,3	6,6	7,8
22,5	3,5	19,0	9,9	15,1	0,9	3,0	2,1	2,8	3,2	1,9	1,5	7,4	8,8
25,0	3,9	21,1	11,0	16,8	1,0	3,4	2,4	3,1	3,5	2,1	1,6	8,3	9,8
30,0	4,7	25,3	13,1	20,2	1,2	4,0	2,8	3,8	4,2	2,6	1,9	9,8	11,7
45,0	7,0	38,0	19,7	30,2	1,7	5,9	4,2	5,6	6,3	3,9	2,8	14,7	17,6

Altura	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25
5,0	3,0	1,3	1,4	0,1	1,0	1,5	1,7	1,7	0,7	1,3	2,8	3,2
7,5	4,6	2,0	2,1	0,1	1,5	2,2	2,5	2,6	1,1	1,9	4,2	4,8
10,0	6,1	2,7	2,9	0,2	2,0	3,0	3,4	3,4	1,5	2,5	5,6	6,4
12,5	7,6	3,3	3,6	0,2	2,5	3,8	4,2	4,3	1,8	3,1	7,0	7,9
15,0	9,1	4,0	4,3	0,2	3,0	4,6	5,0	5,2	2,2	3,8	8,4	9,6
17,5	10,7	4,7	5,0	0,3	3,5	5,3	5,9	6,0	2,6	4,4	9,8	11,2
20,0	12,2	5,3	5,8	0,3	4,1	6,1	6,7	6,9	3,0	5,0	11,3	12,8
22,5	13,7	6,0	6,5	0,3	4,6	6,9	7,5	7,8	3,4	5,6	12,7	14,4
25,0	15,3	6,6	7,3	0,4	5,1	7,6	8,4	8,6	3,8	6,3	14,1	16,0
30,0	18,3	8,0	8,7	0,5	6,1	9,1	10,1	10,3	4,5	7,5	16,9	19,2
45,0	27,4	12,0	13,0	0,7	9,1	13,8	15,2	15,5	6,7	11,3	25,3	28,8



Altura	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13
5,0	0,8	3,4	3,6	1,7	2,5	0,1	2,6	0,2	0,3	0,1	4,4	1,8	1,4
7,5	1,2	5,0	5,4	2,5	3,8	0,1	3,8	0,4	0,4	0,2	6,7	2,7	2,1
10,0	1,6	6,7	7,2	3,4	5,1	0,2	5,1	0,5	0,5	0,2	8,9	3,6	2,9
12,5	2,0	8,4	9,0	4,2	6,3	0,2	6,4	0,6	0,7	0,3	11,1	4,5	3,6
15,0	2,4	10,0	10,8	5,0	7,6	0,2	7,7	0,7	0,8	0,3	13,4	5,4	4,3
17,5	2,7	11,7	12,6	5,9	8,8	0,3	9,0	0,8	0,9	0,4	15,6	6,3	5,0
20,0	3,1	13,4	14,4	6,7	10,2	0,3	10,3	0,9	1,1	0,5	17,8	7,2	5,8
22,5	3,5	15,1	16,2	7,5	11,5	0,3	11,6	1,0	1,2	0,6	20,0	8,1	6,5
25,0	3,9	16,8	18,0	8,4	12,8	0,4	12,9	1,1	1,4	0,6	22,3	9,0	7,3
30,0	4,7	20,1	21,6	10,1	15,2	0,5	15,5	1,4	1,6	0,7	26,7	10,8	8,7
45,0	7,0	30,2	32,4	15,2	22,9	0,7	23,2	2,1	2,5	1,1	40,1	16,2	13,0

Altura	X14	X15	X16	X17	X18	X19	X20	X21	X22	X23	X24	X25	X26
5,0	1,5	3,0	7,5	1,5	1,5	1,3	1,7	2,8	0,6	0,2	3,5	5,0	1,6
7,5	2,2	4,6	11,3	2,2	2,2	1,9	2,6	4,2	0,9	0,3	5,3	7,5	2,4
10,0	3,0	6,1	15,0	3,0	3,0	2,6	3,4	5,6	1,2	0,4	7,0	10,0	3,2
12,5	3,8	7,6	18,8	3,7	3,8	3,2	4,3	7,0	1,4	0,5	8,8	12,5	4,0
15,0	4,6	9,1	22,5	4,4	4,6	3,8	5,2	8,4	1,8	0,6	10,5	15,0	4,8
17,5	5,3	10,7	26,3	5,2	5,3	4,5	6,0	9,8	2,0	0,7	12,3	17,5	5,6
20,0	6,1	12,2	30,0	5,9	6,1	5,2	6,9	11,3	2,4	0,8	14,1	20,0	6,4
22,5	6,9	13,7	33,8	6,6	6,9	5,9	7,8	12,7	2,7	0,9	15,9	22,5	7,2
25,0	7,6	15,3	37,5	7,4	7,6	6,5	8,6	14,1	3,0	1,0	17,6	25,0	8,0
30,0	9,1	18,3	45,0	8,9	9,1	7,7	10,3	16,9	3,5	1,2	21,1	30,0	9,6
45,0	13,8	27,4	67,5	13,3	13,8	11,6	15,5	25,3	5,3	1,7	31,6	45,0	14,4



Altura	X1	X2
5,0	2,7	0,8
7,5	4,1	1,2
10,0	5,4	1,6
12,5	6,8	2,0
15,0	8,1	2,4
17,5	9,5	2,8
20,0	10,8	3,2
22,5	12,2	3,6
25,0	13,5	4,0
30,0	16,2	4,8
45,0	24,3	7,2

1.2 Espaciamiento

A cada letra y número se asocia un código I, II, o III según sus rasgos a izquierda y derecha, como se muestra en la tabla Ancho de letras y números. Así, "I" se asocia a rasgos verticales bien marcados, "II" a rasgos curvos y "III" a rasgos entrantes inclinados, o que no respondan a las características anteriores. A modo de ejemplo, a la letra A le corresponden los códigos III izquierda y III derecha; a la letra P le corresponden los códigos I izquierda y II derecha, y a la letra C le corresponden los códigos II izquierda y III derecha.

Una vez identificados los códigos de cada letra y número de la leyenda, se obtiene el espaciado entre éstos de la tabla de Espaciamientos entre letra y letra, que relaciona el espacio que debe dejarse entre letras y/o números, según las distintas combinaciones de códigos y altura de la letra.

Para el espacio entre palabra y palabra se recomienda utilizar el ancho correspondiente al de la W.

Un ejemplo de la utilización de las tablas de Ancho y de Espaciamiento para calcular la longitud de la palabra PUCARÁ, se muestra más adelante.

ANCHO DE LETRAS Y NÚMEROS (cm)

Velocidad (km/r)	Menor o igual a 40			50	60 y 70		80 y 90		100	120	140	Clave para margen	
	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	30,0	45,0	IZQ.	DER.
Letras													
A	4,2	6,3	8,4	10,5	12,6	14,7	16,7	18,8	21,1	25,1	37,7	III	III
B	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	I	II
C	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	II	III
D	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	I	II
E	3,0	4,6	6,1	7,6	9,1	10,7	12,2	13,7	15,4	18,3	27,4	I	III
F	3,0	4,6	6,1	7,6	9,1	10,7	12,2	13,7	15,4	18,3	27,4	I	III
G	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	II	II
H	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	I	I
I	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4	2,7	3,1	3,5	3,9	4,7	7,0	I	I
J	3,1	4,7	6,3	7,8	9,4	10,9	12,5	14,1	15,8	18,8	28,1	III	I
K	3,4	5,2	6,9	8,6	10,3	12,0	13,8	15,5	17,5	20,6	31,0	I	III
L	3,0	4,6	6,1	7,6	9,1	10,7	12,2	13,7	15,4	18,3	27,4	I	III

M	3,9	5,8	7,7	9,6	11,6	13,5	15,5	17,4	19,6	23,2	34,8	I	I
N	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	I	I
O	3,5	5,3	7,0	8,8	10,5	12,3	14,1	15,9	17,8	21,1	31,6	II	II
P	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	I	II
Q	3,5	5,3	7,0	8,8	10,5	12,3	14,1	15,9	17,8	21,1	31,6	II	II
R	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	I	II
S	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	II	II
T	3,0	4,6	6,1	7,6	9,1	10,7	12,2	13,7	15,4	18,3	27,4	III	III
U	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	I	I
V	3,8	5,6	7,5	9,4	11,3	13,1	15,0	16,9	19,0	22,5	33,8	III	III
w	4,4	6,6	8,8	11,0	13,1	15,3	17,5	19,7	22,1	26,3	39,4	III	III
X	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	III	III
Y	4,2	6,3	8,4	10,5	12,7	14,7	16,9	19,0	21,4	25,3	38,0	III	III
z	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	III	III

1	1,2	1,8	2,4	3,0	3,7	4,2	4,8	5,4	6,1	7,3	11,0	I	I
2	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	II	II
3	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	III	II
4	3,7	5,5	7,3	9,1	11,0	12,8	14,7	16,5	18,6	22,0	33,0	III	III
5	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	I	II
6	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	II	II
7	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	III	III
8	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	II	II
9	3,4	5,0	6,7	8,4	10,0	11,7	13,4	15,1	17,0	20,2	30,2	II	II
0	3,5	5,3	7,0	8,8	10,5	12,3	14,1	15,9	17,8	21,1	31,6	II	II

Espaciamientos entre letra y letra (cm)
(medidos horizontalmente entre los puntos más cercanos)

COMBINACIONES DE CLAVES PARA MÁRGENES	ALTURA DE LA LETRA O DEL NÚMERO											
	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	30,0	45,0	
I-I, I-II	1,2	1,8	2,4	2,9	3,5	4,1	4,7	5,3	5,9	7,0	10,6	
I - III, II - II y II-III	0,9	1,4	1,9	2,4	2,8	3,3	3,8	4,3	4,8	5,6	8,5	
III-III NO PARALELAS	0,7	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,1	3,8	5,6	
III - III PARALELAS	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,1	1,3	1,5	1,6	1,9	2,8	

El espacio recomendado entre palabra y palabra es el que corresponde al ancho "W".

Ejemplo de cálculo de longitud de una palabra

Determinar la longitud de la palabra "PUCARÁ" con letras de 20 cm de altura

Letra	Ancho de letra	Clave para márgenes		Combinación de claves para margen	Espaciamento entre letras
		Izq.	Der.		
P	13,4	I	II	II-I	4,7
U	13,4	I	I	I-II	4,7
C	13,4	II	III	III-III	2,5
A	16,7	III	III	III-I	3,8
R	13,4	I	II	II-III	3,8
A	16,7	III	III		
Sub-total	87				19,5

Longitud total de la palabra PUCARÁ $87 + 19,5 = 106,5$ cm.

2 Minúsculas

Las minúsculas se pueden utilizar sólo en señales informativas, siempre y cuando la velocidad máxima de la vía justifique letras de altura superior a 15 cm. En estos casos cada palabra de la leyenda debe iniciarse con una mayúscula de una altura 1/3 superior a la minúscula que corresponde para la velocidad máxima.

Las letras minúsculas pueden ser reproducidas en el tamaño que se desee, a partir de las cuadrículas que se presentan más adelante.

2.1 Modelos para el trazo

Ya que las letras mayúsculas serán aproximadamente un tercio más alto que el encuadre de las letras minúsculas usadas con ellas, estética y prácticamente la altura de los rasgos ascendentes de las minúsculas está limitada. La tipografía ha sido diseñada de manera tal, que todas las proyecciones arriba de la altura nominal de la curva más alta de las letras minúsculas, son aproximadamente un tercio de esa altura.

Los cortes de las prolongaciones rectas verticales están en ángulo de 20° con respecto a la horizontal. Para la ampliación proporcional a cualquier tamaño deseado se han dibujado las letras dentro de una cuadrícula, así es que se pueden transferir, cuadro por cuadro, a una cuadrícula de cualquier tamaño.

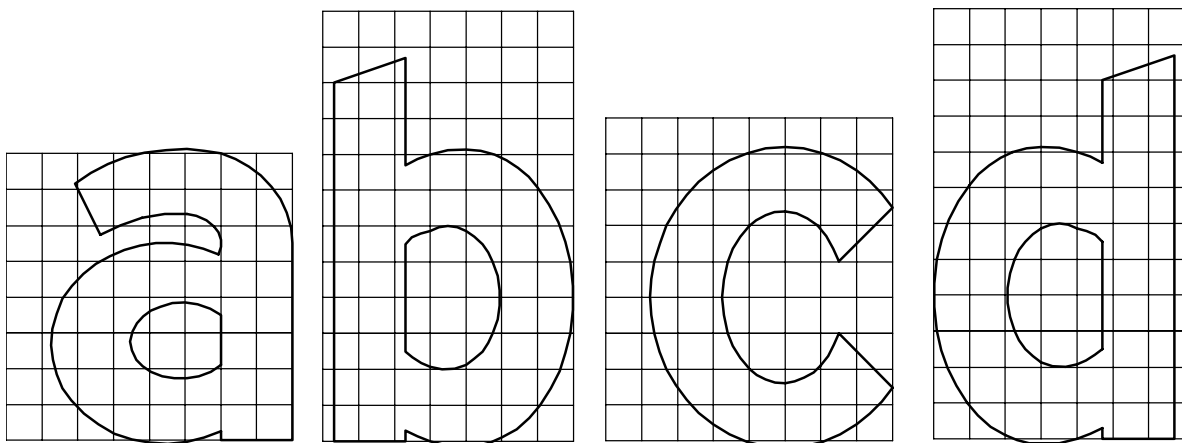
En el alfabeto se incluye una tabla tipo con las dimensiones de cuadrícula para las alturas de minúsculas y las correspondientes a las iniciales mayúsculas. Se puede, por supuesto, ampliar o reducir este alfabeto fotográficamente.

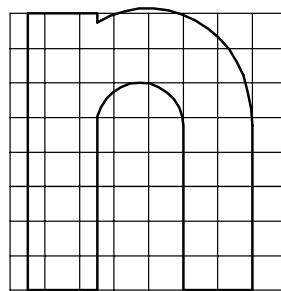
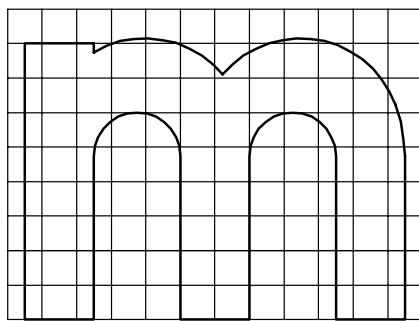
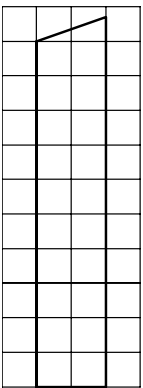
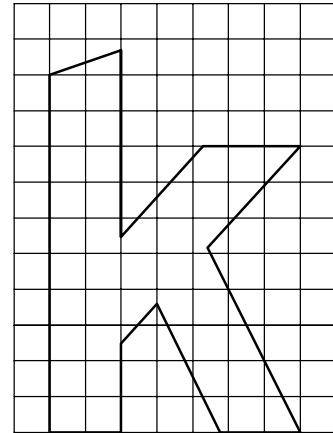
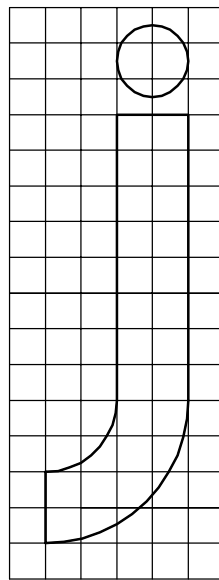
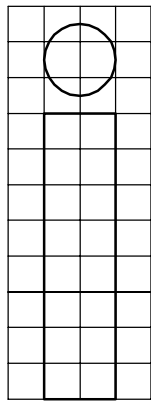
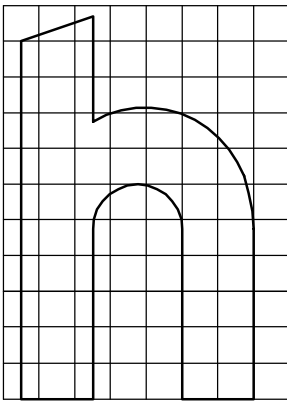
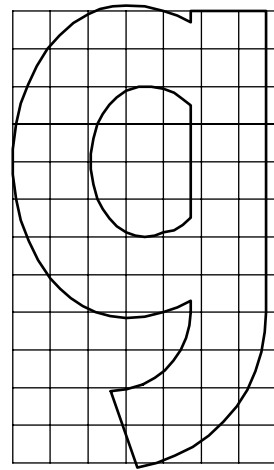
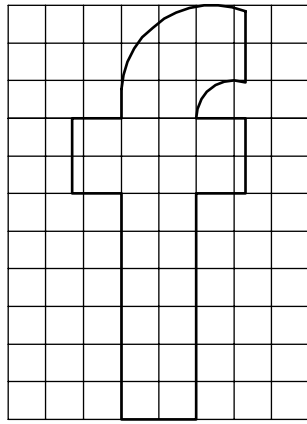
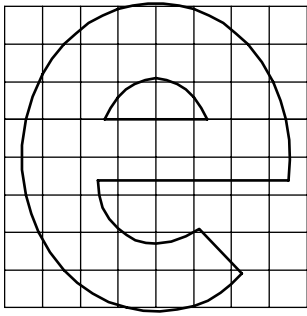
Acorde con la práctica usual, todas las curvas de la base o del tope han sido prolongadas levemente, arriba o abajo, de los límites horizontales de los encuadres de las letras.

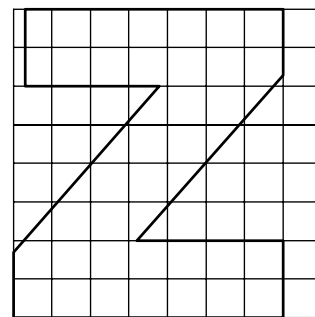
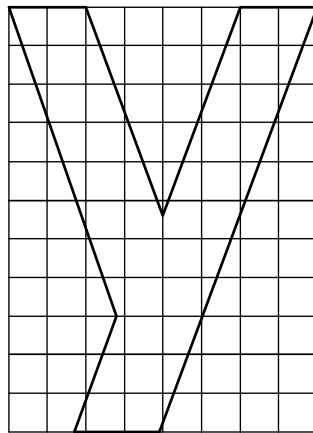
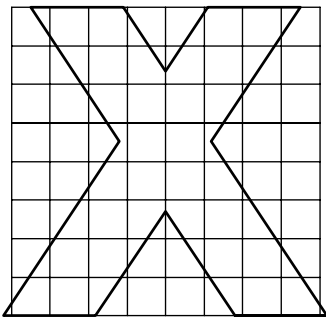
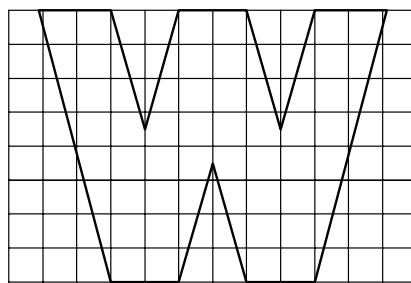
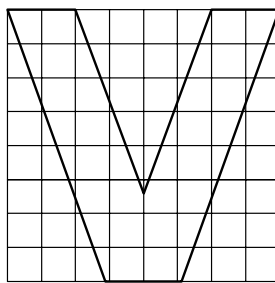
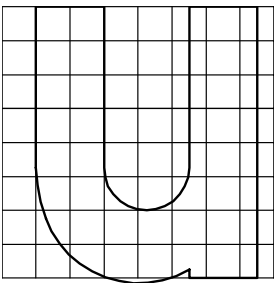
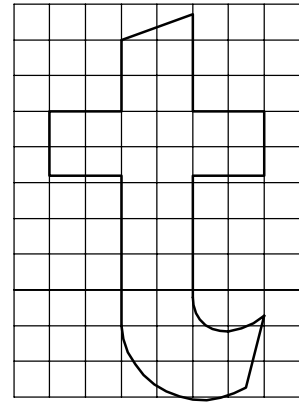
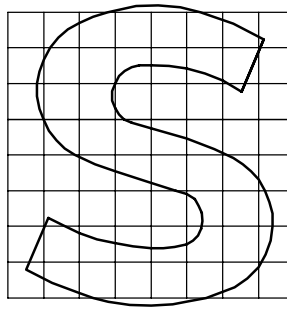
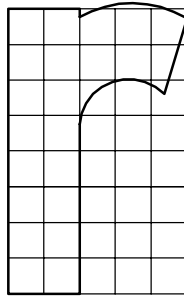
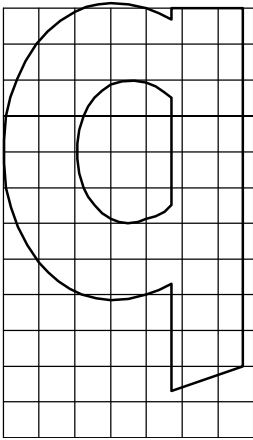
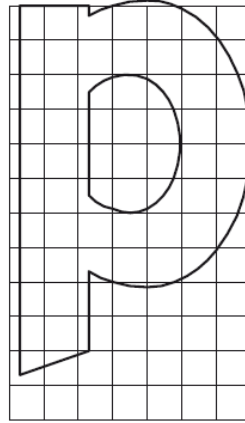
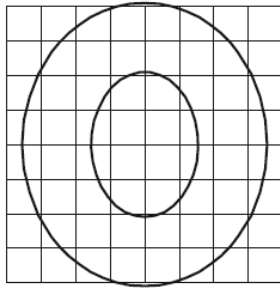
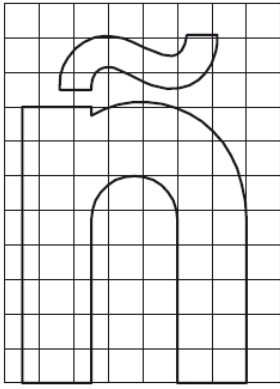
Debe notarse que el contorno en línea gruesa, en estos dibujos, permanece totalmente fuera del área que ocupa la letra en sí.

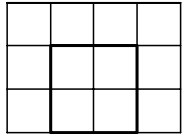
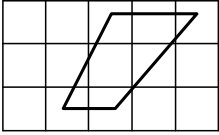
Se permiten modificaciones a estas letras dentro de límites razonables, particularmente cuando sea necesario por requisitos de los procesos de manufactura o por el tipo de materiales retrorreflectantes que sean usados.

ALTURA DE MINÚSCULAS	CUADRÍCULA	ALTURA DE MAYÚSCULA INICIAL
5,0	0,6	6,7
7,5	0,9	10,0
10,0	1,3	13,3
12,5	1,6	16,7
15,0	1,9	20,0
17,5	2,2	23,3
20,0	2,5	26,7
22,5	2,8	30,0
25,0	3,1	33,3
30,0	3,8	40,0
45,0	5,6	60,0









2.2 Espaciamientos

Para las distintas alturas de minúscula se incluyen tablas de Espaciamientos, tanto de los espacios adecuados entre la mayúscula y las minúsculas, como entre minúsculas. Para alturas intermedias se deben realizar los ajustes en forma proporcional.

Espaciamiento entre mayúscula inicial y minúscula, así como entre minúsculas

ALTURA DE MINÚSCULA: 5,0 cm (MAYÚSCULA: 6,7 cm)

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acde gop	bhikl mnpru	j	st	vy	X
APSWX	1,6	1,8	1,0	1,4	1,2	1,4
BCDEGOQR	1,8	2,3	1,2	1,7	1,5	1,6
FY	0,8	1,7	0,8	0,9	0,8	1,0
HIJMNUZ	2,1	2,6	1,7	2,1	2,1	2,1
KLTV	1,3	2,0	0,9	1,4	1,4	1,4
adghijlmnqu	2,0	2,6	1,5	1,9	1,9	2,0
bcefkopstxz	1,5	2,0	0,9	1,4	1,4	1,5
r	1,0	1,6	0,4	0,8	0,8	0,9
vvy	1,4	1,9	0,8	1,2	1,2	1,3

ALTURA DE MINÚSCULA: 7,5 cm (MAYÚSCULA: 10 cm)

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acde gop	bhikl mnpru	j	st	vy	X
APSWX	2,4	2,7	1,5	2,0	1,8	2,1
BCDEGOQR	2,7	3,5	1,8	2,5	2,3	2,4
FY	1,3	2,5	1,2	1,4	1,3	1,5
HIJMNUZ	3,2	3,9	2,6	3,1	3,1	3,2
KLTV	1,9	2,9	1,4	2,0	2,0	2,0
adghijlmnqu	3,0	3,9	2,2	2,8	2,8	3,0
bcefkopstxz	2,3	3,0	1,4	2,0	2,0	2,2
r	1,5	2,4	0,6	1,3	1,3	1,4
vvy	2,0	2,8	1,2	1,8	1,8	2,0

ALTURA DE MINÚSCULA: 10 cm (MAYÚSCULA: 13,3 cm)

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acde gop	bhikl mnpru	j	st	vy	X
APSWX	3,2	3,6	1,9	2,7	2,4	2,8
BCDEGOQR	3,6	4,7	2,4	3,3	3,0	3,2
FY	1,7	3,3	1,6	1,8	1,7	2,0
HIJMNUZ	4,4	5,2	3,4	4,2	4,2	4,4
KLTV	2,5	3,9	1,8	2,7	2,7	2,7
adghijlmnqu	4,1	5,1	2,9	3,8	3,8	4,0
bcefkopstxz	2,9	4,1	1,8	2,7	2,7	2,9
r	2,0	3,2	0,8	1,7	1,7	1,9
vvy	2,7	3,8	1,6	2,4	2,4	2,6

ALTURA DE MINÚSCULA: 12,5 cm (MAYÚSCULA: 16,7 cm)

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acde gop	bhikl mnpru	j	st	vy	X
APSWX	4,0	4,5	2,3	3,4	3,0	3,5
BCDEGOQR	4,5	5,9	3,0	4,2	3,8	4,0
FY	2,1	4,2	2,0	2,2	2,1	2,4
HIJMNUZ	5,5	6,5	4,3	5,2	5,2	5,5
KLTV	3,1	4,9	2,2	3,3	3,3	3,4
adghijlmnqu	5,1	6,4	3,7	4,7	4,7	5,0
bcefkopstxz	3,7	5,1	2,2	3,4	3,4	3,6
r	2,4	4,0	1,1	2,1	2,1	2,3
vwy	3,3	4,7	1,9	3,0	3,0	3,2

ALTURA DE MINÚSCULA: 15 cm (MAYÚSCULA: 20 cm)

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acde gop	bhikl mnpru	j	st	vy	X
APSWX	4,7	5,4	2,8	4,0	3,6	4,1
BCDEGOQR	5,4	6,9	3,6	5,0	4,5	4,7
FY	2,5	5,0	2,4	2,7	2,6	2,9
HIJMNUZ	6,5	7,7	5,1	6,2	6,2	6,5
KLTV	3,7	5,8	2,7	3,9	3,9	4,0
adghijlmnqu	6,1	7,6	4,3	5,6	5,6	5,9
bcefkopstxz	4,4	6,1	2,7	4,0	4,0	4,3
r	2,9	4,7	1,2	2,5	2,5	2,8
vwy	3,9	5,6	2,3	3,6	3,6	3,8

ALTURA DE MINÚSCULA: 17,5 cm (MAYÚSCULA: 23,3 cm)

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acde gop	bhikl mnpru	j	st	vy	X
APSWX	5,4	6,1	3,2	4,6	4,1	4,7
BCDEGOQR	6,1	7,8	4,1	5,6	5,2	5,4
FY	2,8	5,6	2,7	3,0	2,9	3,3
HIJMNUZ	7,4	8,8	5,7	7,0	7,0	7,4
KLTV	4,2	6,6	3,0	4,5	4,5	4,6
adghijlmnqu	6,9	8,7	4,9	6,3	6,3	6,7
bcefkopstxz	5,0	6,9	3,0	4,6	4,6	4,9
r	3,3	5,4	1,4	2,8	2,8	3,2
vwy	4,5	6,3	2,6	4,1	4,1	4,3

ALTURA DE MINÚSCULA: 20 cm (MAYÚSCULA: 26,7 cm)

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acde gop	bhikl mnpru	j	st	vy	X
APSWX	6,2	7,1	3,7	5,3	4,7	5,5
BCDEGOQR	7,1	9,1	4,7	6,5	6,0	6,2
FY	3,2	6,5	3,1	3,5	3,4	3,9
HIJMNUZ	8,6	10,2	6,7	8,1	8,1	8,6
KLTV	4,9	7,6	3,5	5,2	5,2	5,3
adghijlmnqu	8,0	10,0	5,7	7,3	7,3	7,7
bcefkopstxz	5,8	8,2	3,5	5,3	5,3	5,6
r	3,9	6,2	1,6	3,2	3,2	3,7
vwy	5,2	7,3	3,0	4,7	4,7	5,0

ALTURA DE MINÚSCULA: 22,5 cm (MAYÚSCULA: 30 cm)

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acde gop	bhikl mnpru	j	st	vy	X
APSWX	7,1	8,1	4,3	6,1	5,4	6,3
BCDEGOQR	8,1	10,5	5,4	7,5	6,9	7,1
FY	3,7	7,5	3,6	4,0	3,9	4,5
HIJMNUZ	9,8	11,8	7,7	9,3	9,3	9,8
KLTV	5,6	8,7	4,0	6,0	6,0	6,1
adghijlmnqu	9,1	11,6	6,6	8,4	8,4	8,9
bcefkopstxz	6,7	9,7	4,1	6,1	6,1	6,3
r	4,5	7,1	1,9	3,7	3,7	4,2
vwy	6,0	8,4	3,4	5,4	5,4	5,8

ALTURA DE MINÚSCULA: 25 cm (MAYÚSCULA: 33,3 cm)

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acde gop	bhikl mnpru	j	st	vy	X
APSWX	7,9	9,0	4,8	6,8	6,0	7,0
BCDEGOQR	9,0	11,7	6,0	8,4	7,7	7,9
FY	4,1	8,4	4,0	4,5	4,3	5,0
HIJMNUZ	10,9	13,0	8,6	10,4	10,4	10,9
KLTV	6,3	9,7	4,5	6,7	6,7	6,8
adghijlmnqu	10,2	12,8	7,4	9,4	9,4	9,9
bcefkopstxz	7,5	10,6	4,6	6,8	6,8	7,1
r	5,0	7,9	2,1	4,1	4,1	4,7
vwy	6,7	9,4	3,8	6,0	6,0	6,5

ALTURA DE MINÚSCULA: 30 cm (MAYÚSCULA: 40 cm)

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acde gop	bhikl mnpru	j	st	vy	X
APSWX	9,5	10,8	5,7	8,1	7,2	8,4
BCDEGOQR	10,8	14,0	7,2	10,0	9,1	9,5
FY	5,0	10,0	4,8	5,4	5,2	6,0
HIJMNUZ	13,1	15,6	10,3	12,5	12,5	13,1
KLTV	7,5	11,7	5,4	8,0	8,0	8,1
adghijlmnqu	12,2	15,4	8,8	11,3	11,3	11,9
bcefkopstxz	9,0	12,4	5,5	8,1	8,1	8,6
r	6,0	9,5	2,5	5,0	5,0	5,6
vvy	8,0	11,3	4,6	7,2	7,2	7,8

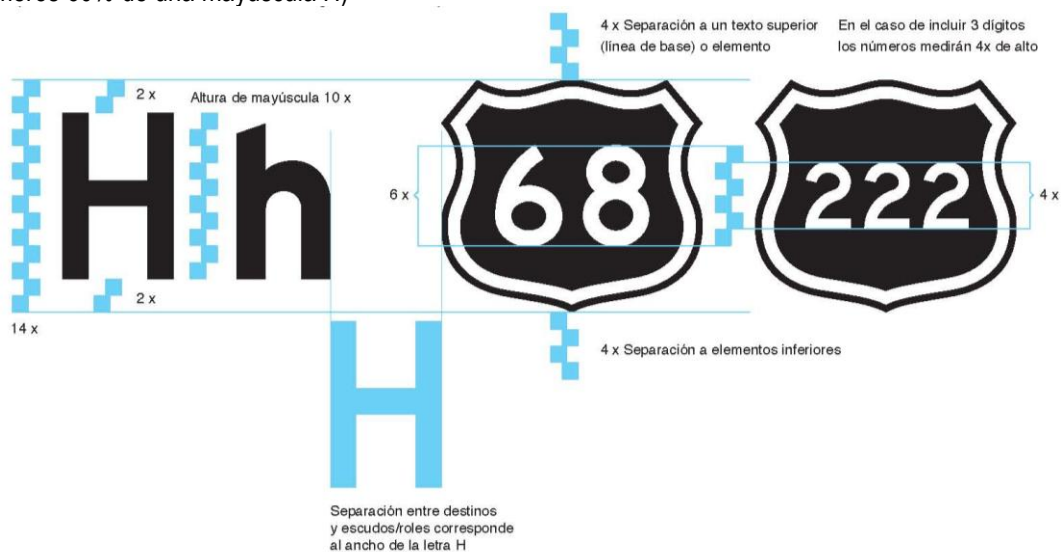
ALTURA DE MINÚSCULA: 45 cm (MAYÚSCULA: 60 cm)

MAYÚSCULA INICIAL O MINÚSCULA PRECEDENTE	LETRA SIGUIENTE					
	acde gop	bhikl mnpru	j	st	vy	X
APSWX	14,2	16,2	8,5	12,2	10,8	12,6
BCDEGOQR	16,2	21,0	10,8	15,0	13,6	14,2
FY	7,5	15,0	7,2	8,0	7,7	8,9
HIJMNUZ	19,7	23,4	15,4	18,8	18,8	19,7
KLTV	11,3	17,6	8,0	12,1	12,1	12,2
adghijlmnqu	18,4	23,0	13,3	17,1	17,1	17,8
bcefkopstxz	13,6	17,8	8,3	12,2	12,2	13,2
r	8,9	14,2	3,7	7,5	7,5	8,4
vvy	12,1	17,1	7,0	10,8	10,8	11,7

3 Criterios de Aplicación de Escudos y Roles en las Señales en Carretera

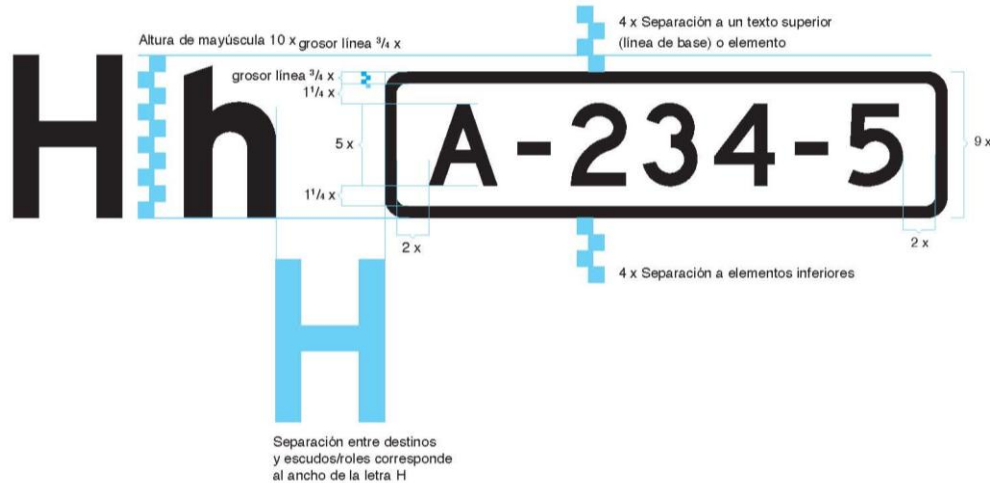
Proporción Escudo de Ruta:

140% del tamaño de una mayúscula H.
(Números 60% de una mayúscula H)



Proporción Rol Rectangular:

90% del tamaño de una mayúscula H.
(Números y Letras 50% de una mayúscula H)
Se considera el rol mas largo posible
(7 caracteres, incluyendo los guiones)



1. Los escudos de ruta deben tener una altura correspondiente al 140% de una mayúscula y los números en su interior un 60% de éstas, tomando una H como referencia. Excepcionalmente, cuando el código supere los dos dígitos, el tamaño deberá cambiar a un 40%.
2. Los roles rectangulares deben tener una altura igual al 90% de una H mayúscula y los números y/o letras del código en su interior deben tener una altura equivalente al 50% de dicha letra.
3. Tanto para los escudos como para los roles debe aplicarse el siguiente criterio: se dispondrán abajo del nombre del destino a una distancia de 4x y alineado a la izquierda; si existe algún elemento que interfiera en esa posición, se deberá alinear a la derecha. Bajo este criterio privilegiar, siempre que se pueda, la disposición de escudos y roles en la misma ubicación respecto a los nombres de los destinos de cada señal, para mantener la coherencia hacia el conductor.
4. Cuando más de un destino use la misma ruta, solo se deberá dejar una vez el escudo o rol que utilicen en la señal, sin repetirlo, y ser colocado encima del primer destino con una distancia de 4x tanto arriba, en el límite superior de la señal, como por abajo hasta la línea blanca que divida el espacio.
5. Únicamente para las señales con forma de flecha (salida inmediata), el criterio a aplicarse, tanto para el escudo como para el rol, es disponerlo a continuación del destino y centrado verticalmente en su altura. Si más de un destino usa la misma ruta, se deberá dejar un solo escudo o rol centrado verticalmente respecto al alto de la señal. Para ambos casos la distancia de separación entre el destino y el escudo/rol es del ancho de una letra H mayúscula.
6. Solo en señales aéreas, tanto el escudo como el rol se deben ubicar centrados horizontalmente respecto al destino, en su parte inferior y con una separación de 4x, como se muestra en la figura.

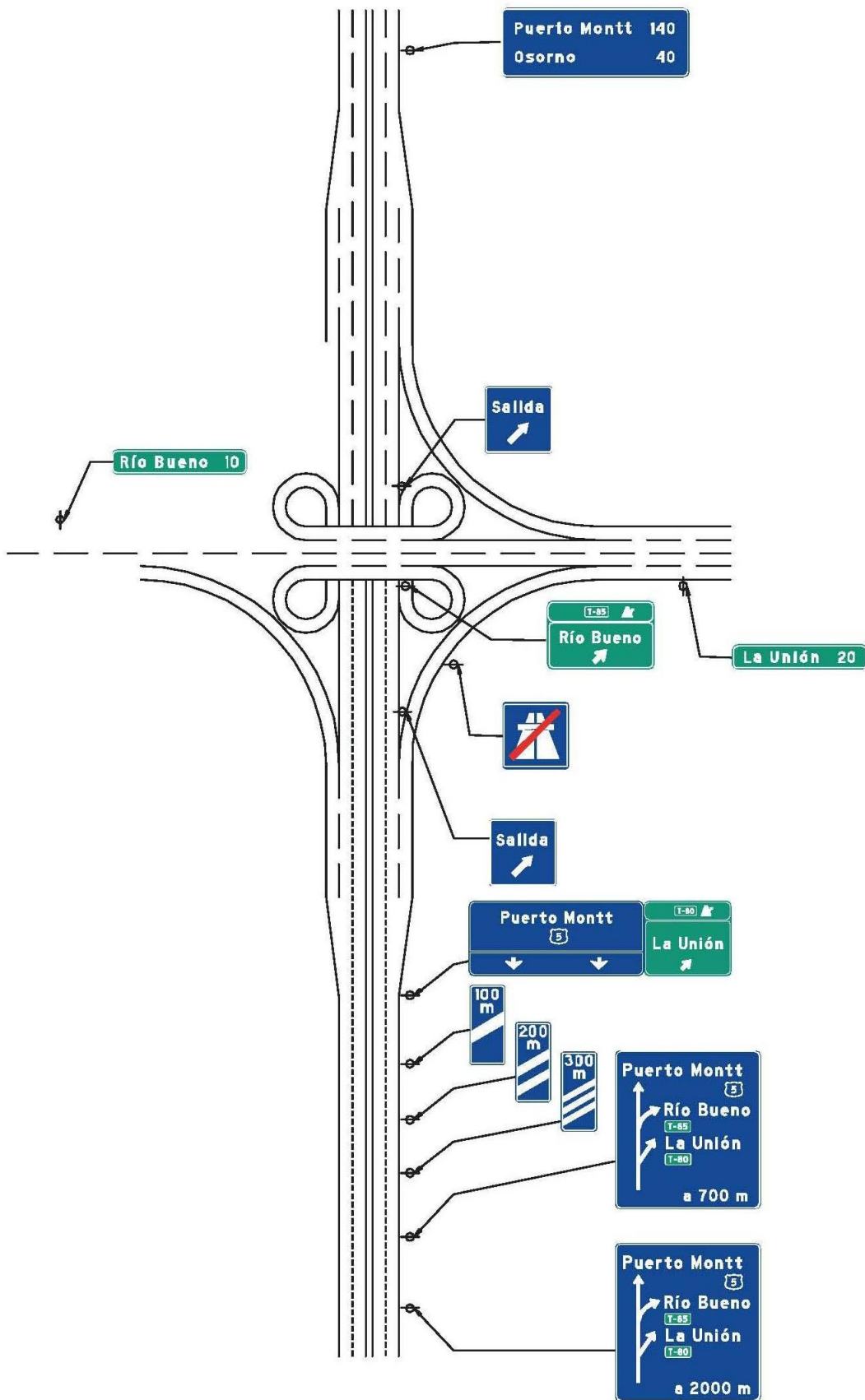


PRESEÑALIZACIÓN
IP



DIRECCIÓN
ID

En la señal de preseñalización el escudo se coloca abajo del destino "Los Vilos" alineando a la derecha, ya que la punta de la flecha impide alinearlo a la izquierda. En cambio el rol en Tongoy, sí puede ser alineado abajo a la izquierda, en ambos casos la separación corresponde a 4x, sin considerar los descendentes (en este caso la letra "g" de Tongoy). En la señal de Dirección, cuando posea un espacio para indicar una salida lateral, el escudo o rol irá ubicado en esta zona alineado al centro horizontalmente.



SEÑALES TIPO MAPA.



En la señal superior se aplica perfectamente el criterio de alineación de escudos y roles en la misma posición respecto a los nombres, para privilegiar la coherencia.

En la señal inferior, el destino "Talca" al ser muy corto, se mantendrá centrado a la flecha y el escudo o un rol se alinearán a la izquierda del destino, pero desplazándolo aún más hacia ese lado para que no se superponga a la punta de esta flecha.





Solo en señales aéreas, tanto el escudo como el rol se deben ubicar centrados horizontalmente respecto al destino, en su parte inferior y con una separación de 4x, como se muestra en la figura.

En las señales con forma de flecha (salida inmediata), el rol o escudo, debe ir centrado verticalmente en la señal, hacia el lado que apunta ésta. Si hay más de un destino que usa la misma ruta, solo se debe colocar una vez, sin repetirlo, como se muestra en los ejemplos. La separación entre roles y los destinos corresponde al ancho de una letra H mayúscula.



Aquí también se aplica el criterio de centrar el escudo cuya ruta usan ambos destinos, y se ha dispuesto para ello una franja superior



Otro ejemplo de consistencia en la ubicación de escudo y rol, siempre abajo del destino y alineado a la izquierda.

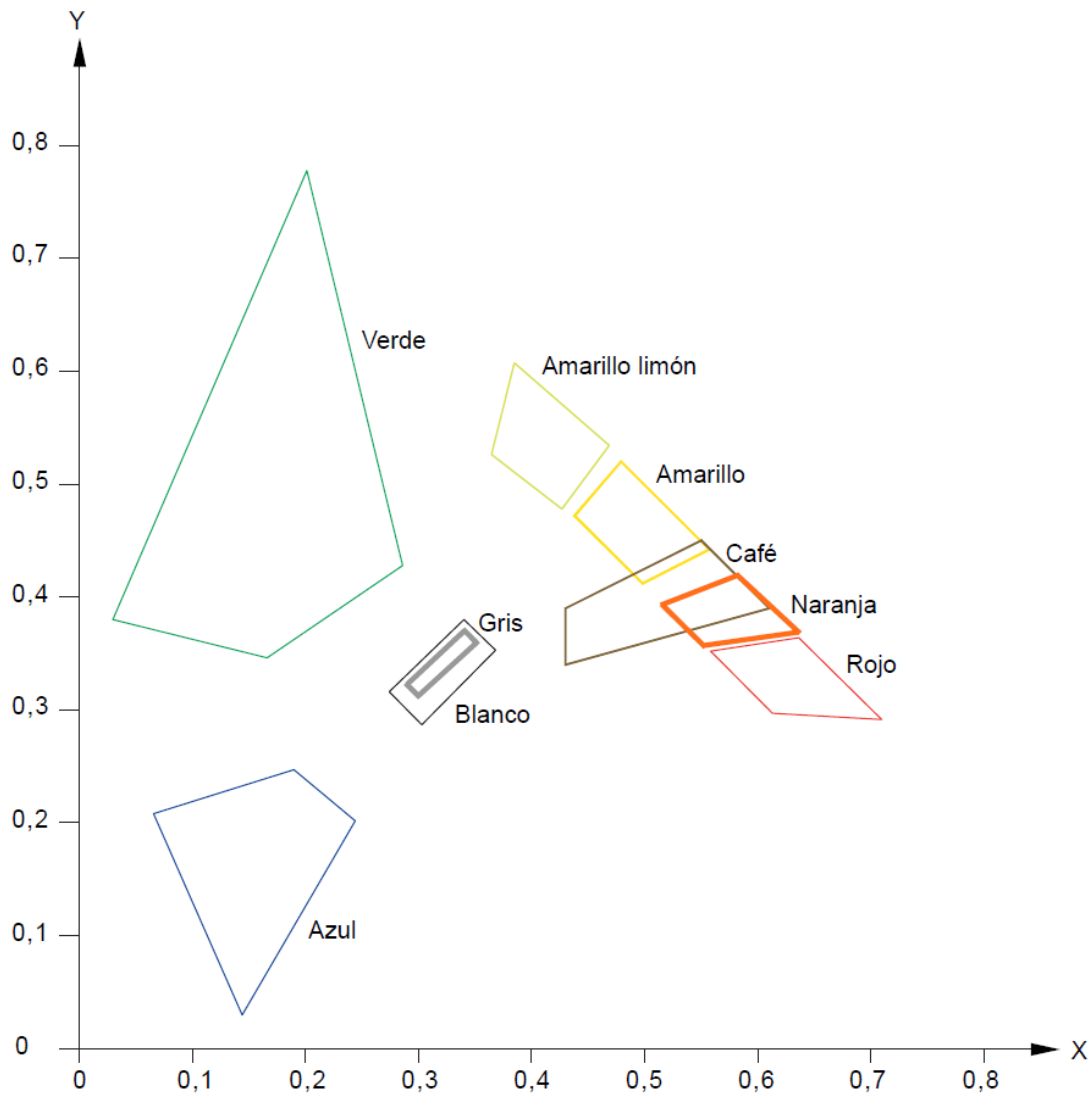


ANEXO 2

COLORES DE LAS SEÑALES DE TRÁNSITO

ANEXO 2.- COLORES DE LAS SEÑALES DE TRÁNSITO

Las señales contenidas en este Manual se deben construir con los colores especificados para cada una de ellas, los que están definidos por los cuatro pares de coordenadas de cromaticidad en términos del Sistema Colorimétrico Estándar CIE 1931, establecido en la norma ASTM D-4956.



Coordenadas Cromáticas

Color	x	y	x	y	x	y	x	y
Blanco	0,303	0,287	0,368	0,353	0,340	0,380	0,274	0,316
Amarillo	0,498	0,412	0,557	0,442	0,479	0,520	0,438	0,472
Rojo	0,613	0,297	0,708	0,292	0,636	0,364	0,558	0,352
Azul	0,066	0,208	0,190	0,247	0,244	0,202	0,144	0,030
Café	0,430	0,340	0,610	0,390	0,550	0,450	0,430	0,390
Verde	0,030	0,380	0,166	0,346	0,286	0,428	0,201	0,776
Naranja	0,550	0,360	0,630	0,370	0,581	0,418	0,516	0,394
Amarillo limón	0,387	0,610	0,460	0,540	0,421	0,486	0,368	0,539
Gris	0,350	0,360	0,300	0,310	0,290	0,320	0,340	0,370

Factor de Luminancia

Color	Factor Luminancia (y)%	
	Mínimo	Máximo
Blanco	27	-
Amarillo	15	40
Rojo	3	-
Azul	1	-
Café	-	-
Verde	3	-
Naranja	14	30
Amarillo limón	60	-
Gris	20	35

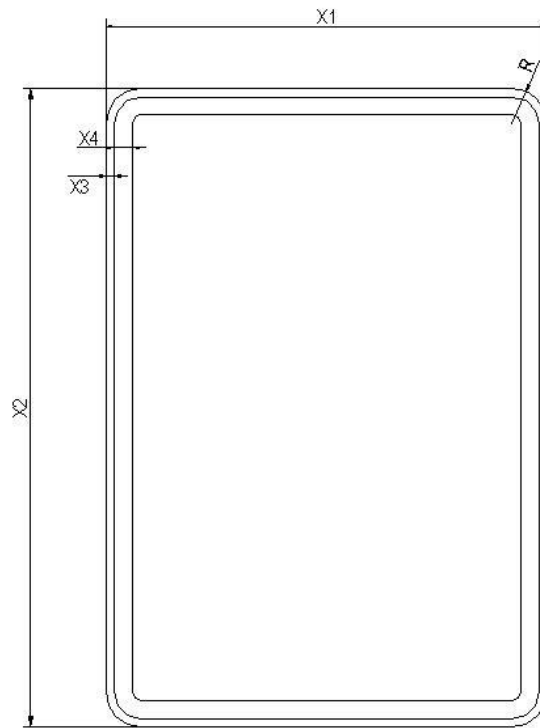
ANEXO 3
TAMAÑO DE SEÑALES

ANEXO 3.- TAMAÑO DE LAS SEÑALES

La siguiente tabla contiene los factores a aplicar a las dimensiones de las señales que se muestran en el Manual, cuando se requiere diseñarlas para velocidades distintas de 60 ó 70 km/h. Por razones de espacio y para facilitar la aplicación del Manual, las señales se han identificado solo con sus códigos.

Señal	Factores de escala				
	Velocidad ≤ 50 km/h	Velocidad 60 – 70 km/h	Velocidad 80 - 90 km/h	Velocidad 100 - 110 km/h	Velocidad ≥ 120 km/h
RPI-1	(3/4)	1	(6/5)	X	X
RPI-2	(4/5)	1	(6/5)	(7/5)	X
RPI-3	(5/6)	1	X	X	X
RPO-1; RPO-2c; RPO-7	(5/6)	1	(4/3)	(5/3)	X
RPO-2a; RPO-2b; RPO-3; RPO-4; RPO-5; RPO-8; RPO-9; RPO-10; RPO-11; RPO-12; RPO-15	(5/6)	1	(4/3)	(5/3)	2
RPO-13; RPO-14; RPO-18	(5/6)	1	(4/3)	X	X
RPO-6; RPO-17;	(5/6)	1	X	X	X
RPO-16	1	1	1	1	1
RR-1; RR-4; RR-5; RR-6; RR-7; RR-8; RR-9; RR-10	(5/6)	1	(4/3)	(5/3)	2
RR-2	X	X	X	1	(6/5)
RR-3	(5/6)	1	(4/3)	(5/3)	X
RO-1a; RO-1b; RO-1c; RO-1d	1	1	X	X	X
RO-1e; RO-6d; RO-12a; RO-12b; RO-13; RO-14a; RO-14b	(5/6)	1	X	X	X
RO-2a; RO-2b; RO-6a; RO-6b; RO-6c; RO-7; RO-9	(5/6)	1	(4/3)	(5/3)	2
RO-3; RO-4	(5/6)	1	(4/3)	(5/3)	X
RO-5	(5/6)	1	1	1	1
RO-8; RO-10	(5/6)	1	(4/3)	X	X
RO-11a; RO-11b	1	1	X	X	X
RA-2	(5/6)	1	X	X	X
RA-1a; RA-1b	1	1	X	X	X
PG-1a; PG-1b; PG-7a; PG-7b; PG-7c; PG-7d	(3/4)	1	(5/4)	(3/2)	(7/4)
PG-3a; PG-3b; PG-4a; PG-4b; PG-5a; PG-5b	(3/4)	1	(5/4)	(3/2)	X
PG-2a; PG-2b; PG-10	(3/4)	1	(5/4)	X	X
PG-6a; PG-6b; PG-8a; PG-8b; PG-9	(3/4)	1	X	X	X
PF-1a; PF-1b; PF-1c PF-3a; PF-3b; PF-3c; PF-4; PF-5; PF-6; PF-7;	(3/4)	1	(5/4)	(3/2)	(7/4)
PF-2; PF-8a; PF-8b	(3/4)	1	(5/4)	(3/2)	X
PI-1a; PI-1b; PI-2; PI-4a; PI-b; PI-4c; PI-4d; PI-4e; PI-4f; PI-4g; PI-4h; PI-4i	(3/4)	1	(5/4)	(3/2)	X
PI-3	(3/4)	1	(5/4)	X	X
PO-1; PO-2; PO-4; PO-5; PO-6; PO-7; PO-12; PO-13	(3/4)	1	(5/4)	(3/2)	X
PO-3	(3/4)	1	(5/4)	(3/2)	(7/4)
PO-8; PO-9; PO-11; PO-14	(3/4)	1	(5/4)	X	X
PO-10	(3/4)	1	X	X	X
PO-15	(3/4)	1	X	X	X
PE-1; PE-2; PE-3; PE-6; PE-9; PE-10; PE-12	(3/4)	1	(5/4)	(3/2)	X
PE-4; PE-5; PE-7; PE-8	(3/4)	1	(5/4)	(3/2)	(7/4)
PE-11	1	1	1	1	X

Tratándose de señales reglamentarias de forma rectangular, los factores mostrados en la tabla anterior corresponden sólo al círculo y símbolo de ellas. Los correspondientes tamaños de las placas para estas señales se entregan en la tabla y figura siguientes:



Velocidad	Dimensiones de Placa Rectangular (mm)				
	X1	X2	X3	X4	R
≤ 50 km/h	600	900	12	24	48
60-70 km/h	750	1100	15	30	60
80-90 km/h	1000	1450	20	40	80
100-110 km/h	1200	1800	24	48	96
≥ 120 km/h	1440	2160	29	58	115

No obstante que las dimensiones especificadas en este Manual corresponden siempre a las mínimas requeridas, excepcionalmente, sólo en áreas urbanas donde existan limitaciones importantes de espacio, el tamaño de señales reglamentarias y de advertencia de peligro podrá reducirse levemente.

ANEXO 4
METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE
VELOCIDADES MÁXIMAS

ANEXO 4.- -METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE VELOCIDADES MÁXIMAS

1.- INTRODUCCIÓN

La velocidad de circulación de los vehículos por calles y caminos es uno de los elementos claves en los niveles de seguridad en el tránsito. La relación entre velocidad, distancia de visibilidad de parada y distancia de detención se vincula directamente con la probabilidad de ocurrencia de un accidente y con la gravedad que éste pueda alcanzar.

El presente Anexo tiene como objetivo entregar los criterios que deben considerar las autoridades competentes para justificar la adopción reglamentaria de velocidades máximas en calles y caminos. Si bien la Ley de Tránsito define los límites máximos en zonas urbanas y rurales, la misma Ley establece que, en casos excepcionales y por razones fundadas, tales límites puedan aumentar o disminuir. Esta facultad queda radicada en los municipios tratándose de zonas urbanas y en la Dirección de Vialidad (MOP), de las rurales.

No obstante que dicha ley permite la adopción de velocidades mínimas – aspecto que también tiene un estrecho vínculo con la probabilidad de ocurrencia de un accidente, debido a la presencia de velocidades de rango diferente que comparten el mismo flujo vehicular – este Anexo se limita sólo a entregar los criterios a aplicar para el caso de fijación de velocidades máximas.

2.- DEFINICIONES

Para efectos de este Anexo, se entregan a continuación las siguientes definiciones:

Velocidad de Operación

Corresponde a la velocidad del percentil 85, que es aquella bajo la cual circula el 85 por ciento de los vehículos cuando no existe congestión. Se puede obtener ordenando las velocidades de circulación observadas de menor a mayor hasta alcanzar el 85% de la muestra. La velocidad que completa el 85% de las observaciones es la correspondiente al percentil 85. Métodos para estimar velocidades se indican en el Apéndice 1 de este Anexo.

Velocidad de Diseño

Es la velocidad considerada para diseñar una vía, que corresponde a la máxima velocidad a la que un vehículo puede circular en condiciones de flujo libre, con seguridad teóricamente total.

La velocidad de diseño es uno de los principales criterios utilizados para explicar el grado de movilidad o accesibilidad que ofrece una vía.

En el ámbito urbano, este criterio se resume en la definición de tres tipos de redes viales que cumplen distintas funciones:

- Red vial primaria: para alta movilidad, pero baja accesibilidad
- Red vial secundaria o intermedia: para movilidad y accesibilidad moderadas
- Red vial local: para baja movilidad, pero alta accesibilidad

En la presente metodología, el concepto de Velocidad de Diseño sólo se aplica a las vías urbanas excluidas aquellas declaradas camino público.

Velocidad de Proyecto

Es la velocidad que permite definir las características geométricas mínimas de los elementos del trazado bajo condiciones de seguridad y comodidad, elementos que solo pueden ser empleados en la medida que estén precedidos por otros, que anticipen al usuario que se está entrando a un tramo de características geométricas mínimas, el que además debe estar debidamente señalizado.

En esta metodología, el concepto de Velocidad de Proyecto se aplica respecto de las vías que son de competencia del Ministerio de Obras Públicas.

Velocidad Límite Legal

La velocidad límite legal es la que establece la Ley de Tránsito; se asume válida en todos aquellos casos donde no existe señalización explícita que indique lo contrario.²

Velocidad Reglamentaria

La velocidad reglamentaria es aquella establecida mediante señalización de tránsito. A falta de ella, corresponde a la velocidad límite legal.

3.- CRITERIOS BÁSICOS PARA RESTRICCIÓN DE VELOCIDAD

Se deben adoptar medidas para restringir la velocidad o segregar la vía del entorno (disminuyendo la accesibilidad), si se da una o ambas de las siguientes situaciones:

- Si las mediciones de distancia de visibilidad de parada son sistemáticamente menores que la distancia de visibilidad de parada obtenida al reemplazar la velocidad de operación en la Ecuación 1 ó las Tablas 1 ó 2 siguientes, y siempre que dichas mediciones no puedan ser mejoradas removiendo obstáculos.
- Si se registran, en vías rurales, 2 o más accidentes anuales por kilómetro, asociados a velocidades de circulación inapropiadas; en vías urbanas, 4 o más (atropellos, choques a vehículos que salen de vías secundarias, choques por detrás, colisiones con obstáculos laterales, etc.); o, se registran conflictos graves que permitan pronosticar accidentes, independientemente del tipo de vía.

Todas las investigaciones indican que el factor de control de la velocidad más importante es la forma como los usuarios interpretan las condiciones operacionales de la vía. Las limitaciones legales o la señalización son innecesarias si las características de la vía, por sí solas, limitan la velocidad de circulación a valores prudentes y seguros para su diseño y su entorno. A la inversa, no debe esperarse que la sola limitación legal o la señalización reduzcan la velocidad si los conductores perciben que pueden circular a una velocidad mayor, dictada por el diseño vial. Sin embargo, cualquier característica geométrica que aumente en los conductores la percepción de riesgo, resultará en una reducción de velocidad.

Las medidas físicas³ para controlar la velocidad y/o aquietar el tráfico pueden ser de dos tipos:

- Las que involucran un cambio en la geometría de la vía, tales como estrechamiento de calzadas, reducción de radios de curva o limitación de tramos rectos.
- Las que involucran cambios en la superficie de rodado, como modificación en la textura o pigmentación del pavimento.

Las medidas para segregar la vía del entorno pueden ser barreras de seguridad, cierre de medianas y accesos, cruces a desnivel, separación de puntos singulares (controles, paradas de buses, estaciones de servicio, etc.) mediante pistas segregadas y de cambio de velocidad, entre otras⁴

La aplicación de estos criterios requiere que los interventores de la vialidad conozcan la jerarquía y características asociadas de las vías que son de su competencia, antes de fijar velocidades límites.

² El D.F.L. N°1/2007 que fija el texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Ley de Tránsito, en su artículo 145, establece los límites de velocidad máxima: En zonas urbanas, para vehículos de menos de 3.860 kg de PBV, 60 km/h. En zonas rurales, 100 km/h en caminos con una pista por sentido, y 120 km/h cuando existan 2 o más pistas de circulación por sentido, con excepción de los buses, vehículos de carga de PBV igual o superior a 3.860 kg y de transporte escolar.

³ Una guía para estas medidas se puede consultar en el manual "Hacia Vías más Seguras en Países en Desarrollo", TRRL, CONASET (1997) o IHT, (1997); esta última describe más de 30 medidas de aquietamiento de tráfico.

⁴ Una guía para estas medidas se puede consultar en REDEVU II (1998).

4.- CRITERIOS PARA DEFINIR VELOCIDADES

Los controles básicos del diseño vial son la distancia de visibilidad de parada y la velocidad de diseño o de proyecto, según se trate de una vía urbana (excluidas las que son caminos públicos) o de un camino público, respectivamente. Así, en todo punto de la vía, cualquiera sea su categoría, un conductor que se desplaza a la velocidad de diseño o de proyecto, según sea el caso, debe disponer a lo menos de la distancia de visibilidad de parada. En una recta sin pendiente, dicha distancia se puede calcular como:

$$D_p = D_r + D_f = \frac{v \cdot t_p}{3,6} + \frac{v^2}{254(r+i)} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

D_p : distancia de visibilidad de parada (m)

D_r : distancia de percepción y reacción (m)

D_f : distancia de frenado (m)

v : velocidad diseño o de proyecto, según sea el caso (km/h)

t_p : tiempo de percepción y reacción (seg)

r : coeficiente de roce rodante

i : pendiente longitudinal de la vía [$^{\circ}/\%$] (v.g. 5% pendiente = 0,05; positivo en subida y negativo en bajada).

Las Tablas 1 y 2 entregan valores de D_p , D_r y D_f para diferentes velocidades y valores de t_p y r , con $i = 0$ en vías urbanas y rurales, respectivamente.

Tabla 1
Distancias Mínimas de Visibilidad de Parada en Horizontal en Vías Urbanas

Velocidad (km/h)	r ()	t_p (s)	D_r (m)	D_f (m)	D_p (m)
30	0,410	1,5	12,5	8,6	21,1
40	0,380	1,5	16,7	16,6	33,2
50	0,365	1,5	20,8	27,0	47,8
60	0,350	1,5	25,0	40,5	65,5
70	0,340	1,5	29,2	56,7	85,9
80	0,335	1,5	33,3	75,2	108,5
90	0,330	1,5	37,5	96,6	134,1
100	0,320	1,5	41,7	123,0	164,7

Fuente: Redevu (2009), elaboración propia

Tabla 2
Distancias Mínimas de Visibilidad de Parada en Horizontal en Vías Rurales

Velocidad (km/h)	r ()	t_p (s)	D_r (m)	D_f (m)	D_p (m)
30	0,420	2,0	16,7	8,4	25
40	0,415	2,0	22,2	15,2	38
50	0,410	2,0	27,8	24,0	52
60	0,400	2,0	33,3	35,5	70
70	0,380	2,0	38,9	50,8	90
80	0,360	2,0	44,4	70,0	115
90	0,340	2,0	50,0	93,9	145
100	0,330	2,0	55,5	119,4	175
110	0,320	2,0	61,1	149,0	210
120	0,310	2,0	66,6	183,0	250

Fuente: MOP (2008)

La velocidad de proyecto o velocidad de diseño, según sea el caso, es también el principal criterio utilizado para definir la jerarquía de una vía. Es decir, las características de diseño físico y funcional de la vía y la relación con su entorno.

Tanto en el REDEVU como en el Manual de Carreteras se sugieren jerarquías viales con sus velocidades de diseño o de proyecto asociadas. Se recomienda adoptar las jerarquías indicadas en la Tabla 3, para vías urbanas, y en la Tabla 4, tratándose de carreteras y caminos públicos.

Tabla 3
Tipos de Vías Urbanas y Velocidades de Diseño

Categoría de la Vía	Velocidad de Diseño (km/h)
Autopista	80 - 100
Autovía	80 - 100
Troncal	50 - 80
Colectora-Distribuidora	40 - 50
Servicio	30 - 40
Local	20 - 30

Fuente: REDEVU (2009).

Tabla 4
Tipos de Carreteras y Caminos y Velocidades de Proyecto

Categoría		Velocidad de Proyecto (km/h)
Carreteras	Autopista	80 - 120
	Autorruta	80 - 100
	Primario	80 - 100
Caminos	Colector	60 - 80
	Local	40 - 70
	Desarrollo	30 - 50

Fuente: Manual de Carreteras, MOP, (2008)

Se pueden presentar dos tipos de situaciones que requieran cambios de velocidad reglamentaria respecto de la velocidad límite legal:

Caso 1: Señales existentes que definen una velocidad reglamentaria inferior a 60 km/h en un ámbito urbano e inferiores a 100 ó 120 km/h, según sea el caso, en un ámbito rural.

Caso 2: Situaciones en que las condiciones del diseño vial y de la velocidad de operación de los vehículos permite elevar la velocidad de 60 y de 100 ó 120 km/h, en los ámbitos urbano e interurbano, respectivamente.

Los pasos a seguir para cada uno de esos casos son:

Caso1: Señales existentes que definen una velocidad reglamentaria inferior a 60 km/h en un ámbito urbano e inferiores a 100 ó 120 km/h, según sea el caso, en un ámbito rural.

Se debe revisar la velocidad de diseño o velocidad de proyecto, según sea el caso, que le corresponde a la vía en estudio de acuerdo con su jerarquía y compararla con la velocidad reglamentaria existente.

Se entiende que dos velocidades son equivalentes cuando difieren a lo más en un 20% o en un rango de velocidad no mayor a 10 km/h (el que sea menor).

En este caso, es posible:

- a) Que ambas velocidades sean equivalentes, lo cual significa que **no corresponde realizar cambios en la velocidad reglamentaria**. Sin embargo, debe medirse la velocidad de operación. Si ésta resulta superior a la velocidad reglamentaria, significa que debe modificarse el diseño de la vía o del tramo afectado, con el objeto de disminuir la velocidad de operación hasta alcanzar la velocidad reglamentaria señalizada (ver punto 3, Criterios básicos para restricción de velocidad).
- b) Que ambas velocidades sean distintas, lo cual puede conducir a dos situaciones:
 - Que la velocidad reglamentaria sea mayor que la velocidad que define la jerarquía - velocidad de diseño o velocidad de proyecto -, **por lo que debe adecuarse, disminuyéndola hasta la velocidad de diseño o de proyecto**, según corresponda. Al igual que en el caso anterior, debe medirse la velocidad de operación y si resulta superior a la velocidad reglamentaria, debe adecuarse el diseño vial a las nuevas condiciones de operación, a través de medidas reductoras, con el objeto de disminuir la velocidad de operación hasta alcanzar la nueva velocidad reglamentaria.
 - Que la velocidad reglamentaria sea inferior a la que define su nivel jerárquico, **por lo que debe aumentarse hasta igualar la velocidad de diseño o velocidad de proyecto**, según sea el

caso, siempre y cuando el número de accidentes registrados no supere los 2 accidentes anuales por kilómetro en vías rurales o 4 en urbanas, siendo en estos accidentes el exceso de velocidad un factor contribuyente. En todo caso, debe medirse la velocidad de operación y si ésta es superior a la de su jerarquía, debe rediseñarse la vía con el objeto de disminuir su velocidad de operación hasta la nueva velocidad reglamentaria.

Caso 2: Situaciones en que las condiciones del diseño vial y de la velocidad de operación de los vehículos permite elevar la velocidad de 60 km/h en el ámbito urbano y de 100 ó 120 km/h, según sea el caso, en el ámbito interurbano

En este caso, las mediciones de velocidad de operación y la tasa de accidentes deben ser los elementos fundamentales de apoyo. Si la velocidad de operación es mayor que la velocidad reglamentaria, **esta última debe aumentarse hasta el máximo posible permitido por su jerarquía**, siempre y cuando el número de accidentes registrados no supere los 2 accidentes anuales por kilómetro en vías rurales y 4 en urbanas; en caso contrario, el aumento de velocidad sólo puede llevarse a cabo si conjuntamente se adoptan medidas que reduzcan los accidentes a lo menos a los niveles indicados. Si la velocidad de operación sigue siendo superior, se recomienda adoptar medidas de diseño vial que sean consistentes con la velocidad reglamentaria que finalmente se adopte.

Otros Casos: Modificaciones de velocidad límite o de velocidad de operación

En términos generales, las decisiones de modificación de velocidad límite legal o de velocidad de operación se podrán comprobar midiendo la distancia de visibilidad de parada a los puntos conflictivos (lugares de cruces de peatones, accesos desde vías secundarias o desde la propiedad, puntos de giro, etc.) y estudiando estadísticas de accidentes o conflictos de tránsito.

El principio general a aplicar es que las velocidades reglamentarias que se adopten deben ser concordantes con la velocidad de diseño o de proyecto según la jerarquía de la vía y el nivel de accidentes registrados. Al mismo tiempo y, como consecuencia de lo anterior, todo cambio de velocidad reglamentaria (salvo excepciones) debe ir apoyado por un rediseño.

5.- ESTUDIO PARA JUSTIFICAR MODIFICACIÓN A LA VELOCIDAD MÁXIMA

Toda proposición de cambio de la velocidad máxima permitida (velocidad reglamentaria o límite legal) en una vía o tramo de ésta, deberá ir acompañada de un proyecto de ingeniería de tránsito⁵. Este requisito es necesario porque un cambio o definición de una velocidad máxima tendrá un impacto en la operación del tráfico en toda el área afectada. Servirá también para sintetizar de manera adecuada los datos, argumentos técnicos y modificaciones de diseño que requiere la gestión de la velocidad y de la seguridad.

Los requerimientos para presentar el proyecto se resumen en lo siguiente:

- a. Presentación del Problema
- b. Datos de Terreno (ver Apéndice 2 de este Anexo)
- c. Diagnóstico y Definición del Problema. Para ello deben considerarse los siguientes aspectos:
 - Velocidades de operación
 - Distancias de visibilidad de parada
 - Jerarquía de la vía y velocidad límite
 - Accidentes

El diagnóstico concluye con la identificación del caso que justifica la solicitud de cambio o mantención de la velocidad máxima existente.

- d. Determinación de la velocidad máxima propuesta
- e. Desarrollo del proyecto
 - El proyecto debe incluir el diseño geométrico, operativo y ubicación de todos los elementos físicos y de señalización apropiados a la definición de velocidad límite en el tramo intervenido.
 - Las modificaciones deben resumirse en un plano a escala apropiada del tramo intervenido.
 - El proyecto de señalización y diseño operativo debe adecuarse a las normas de este manual.

⁵ Se excluyen de esta exigencia a las calles locales y pasajes de zonas urbanas y a los caminos locales y de desarrollo en zonas rurales.

- El proyecto de diseño físico debe ceñirse por las normas establecidas en el REDEVU o en el Manual de Carreteras.
- El proyecto debe considerar las recomendaciones de seguridad vial resumidas en el manual "Hacia Vías más Seguras en Países en Desarrollo" (TRRL, CONASET, 1997).

Apéndice 1 - Determinación de velocidades de operación

Se pueden distinguir al menos tres tipos de velocidad, que representan fenómenos diferentes:

- Instantánea, asociada a un punto.
- De recorrido, asociada a un tramo excluyendo las detenciones.
- De viaje, asociada a un tramo incluyendo tiempos de detención.

Las velocidades de recorrido y de viaje son variables agregadas; la primera desde el punto de vista de la circulación, la segunda desde el punto de vista del usuario.

1. Medición de velocidades

La utilización de cada uno de los métodos que se describen a continuación depende más de los recursos disponibles que del objetivo: si se cuenta con un radar o un detector de velocidad, lo lógico es medir velocidades instantáneas; en cambio, si se dispone de un vehículo, conviene su uso como vehículo flotante. Lo que interesa, en definitiva, es tener una estimación razonable de la velocidad de operación.

1.1 Velocidad instantánea

En estos casos, las velocidades individuales de los vehículos v_i se obtienen directamente de la lectura del instrumento o equipo. Los métodos más usuales son:

- *Radar*: Usado para control de límite de velocidad (desviación estándar ± 2 km/h). Este método presenta limitaciones en condiciones de circulación intensa, pues se dificulta la medición de un vehículo determinado. Es especialmente apto para vías interurbanas, cuando se desea determinar velocidades de aproximación a puntos singulares o cuando las velocidades observadas son homogéneas.
- *Sensores Triboeléctricos*: Son sensores puestos bajo el pavimento. Al pasar un vehículo produce una deformación que se transmite al sensor, el que genera una carga eléctrica. Dos sensores ubicados a cierta distancia producirán dos cargas eléctricas en un intervalo de tiempo.

1.2 Velocidad de recorrido y de viaje

En estos casos se determinan tiempos de viaje t_i para un cierto tramo de longitud L de la vía. Normalmente se trabaja con muestras (subconjunto de vehículos observados). Los métodos de medición más usuales son:

- *Medición directa*. Un observador con cronómetro determina la diferencia de tiempo de viaje ΔT entre dos marcas separadas a una distancia ΔL . La velocidad individual v_i de cada vehículo será el cociente entre ΔT y ΔL . Es un método simple, pero sólo aplicable a tramos cortos ya que un error en la obtención de ΔT implica velocidades diferentes. Existen problemas de paralaje y el proceso es lento lo que implica considerar tamaños muestrales pequeños.
- *Método de las patentes*. Este método consiste básicamente en ubicar observadores a la orilla de la vía, a fin de que anoten el número de la patente y el tiempo de pasada entre dos puntos de cada vehículo motorizado, identificando su categoría (vehículo liviano, bus, camión de dos ejes, etc.). La gran desventaja de la técnica es el requerimiento computacional posterior para el análisis y procesamiento de la información. Para situaciones de alto flujo vehicular, normalmente se anotan las patentes de algunos dígitos en particular; por ejemplo, los dígitos pares. Este método permite obtener tiempos de viaje o velocidades, conocida la distancia recorrida, para cada vehículo registrado. Se requiere que los cronómetros estén sincronizados. Su limitación radica en la dificultad de lectura de la patente al oscurecer.
- *Método del vehículo flotante*. Este método consiste en utilizar un vehículo que circule dentro de un pelotón de vehículos, en períodos sin congestión, registrando el tiempo empleado en recorrer un tramo de vía de longitud determinada. Los inconvenientes principales consisten en que los resultados obtenidos estarán estrechamente ligados a la forma de conducción del vehículo y el número de observaciones normalmente es pequeño en comparación con otros métodos.
- *Método del seguimiento*. Este método consiste en utilizar un vehículo que, a diferencia del caso anterior, está equipado con un registrador de eventos, de modo que registre, cada cierto intervalo de tiempo predefinido, la distancia recorrida y el tiempo empleado. Con esto, la información posible de

obtener es el tiempo de viaje del pelotón para cada tramo recorrido. Las limitaciones del método son similares a las del vehículo flotante.

- *Filmación del flujo.* Método apto para tamaños muestrales grandes. Es similar al método de medición directa y su principal limitación es que el procesamiento de la información es lento y normalmente existen problemas para determinar los puntos que definen ΔL . Las velocidades individuales se estiman como el cociente entre ΔL y ΔT .

2. Cálculo de velocidades

En función de los métodos explicados en el punto precedente, a continuación se detallan las siguientes formas básicas de obtener valores de velocidad de circulación:

- Obtener v_i directamente mediante mediciones de velocidades puntuales, a través de los métodos descritos en 1.1.
- Medir el tiempo de viaje en un tramo de longitud L de todos los vehículos o de una muestra de tamaño n de ellos, a través de los métodos descritos en 1.2, y calcular:

$$v_i = \frac{L}{t_i} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

v_i : velocidad de circulación del vehículo i

t_i : tiempo de viaje del vehículo i

3.- Determinación del tamaño de la muestra

El tamaño de muestra n para la medición puede estimarse de la siguiente ecuación:

$$n = \left(\frac{S \cdot Z_{\alpha}}{e} \right)^2 \quad \text{Ecuación 2}$$

donde:

S : desviación estándar de las mediciones (Ecuación 3)

e : error aceptable para toda la medición (entre 2 y 10 km/h)

Z_{α} : parámetro para un nivel de confianza de α % en la estimación de la velocidad

(para un 95% de confianza $Z_{95} = 1,96$; para un 90% de confianza $Z_{90} = 1,6$)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\bar{v} - v_i)^2}{n - 1}} \quad \text{Ecuación 3}$$

donde \bar{v} : velocidad media

Como S depende del tamaño de muestra n que se está tratando de determinar, una primera aproximación es considerar un valor promedio de $S = 8$ km/h (Cal y Mayor y Cárdenas, 1994, Ingeniería de Tránsito: Fundamentos y Aplicaciones). Esto da un tamaño de muestra entre 3 y 60 vehículos para un 95% de confianza y errores aceptables de 10 y 2 km/h, respectivamente. Por lo tanto, se recomienda tomar $n = 30$, calcular S y volver a estimar n .

4.-Determinación de la velocidad de operación

Una vez obtenidas las v_i de la muestra n , se ordenan de menor a mayor hasta alcanzar el 85% de la muestra. La velocidad que completa el 85% de las observaciones corresponde a la velocidad de operación.

Apéndice 2 - Formulación de Datos

DETERMINACIÓN DE VELOCIDADES MÁXIMAS EN CALLES Y CAMINOS

I. IDENTIFICACIÓN Y DATOS GENERALES

Calle o Camino:[] Urbano [] Interurbano

Tramo en Estudio:
(indicar intersecciones o puntos singulares al inicio y fin del tramo)

Área de Influencia:
(indicar vías o singularidades que limitan el área de influencia del tramo, adjuntar croquis del sector)

Jerarquía de la Calle o Camino:.....

II. CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL TRAMO

(Resumir en un plano de planta a escala)

- Ubicación de intersecciones y su regulación (implícita, prioridad, rotonda, semáforo).
- Cruces peatonales (formales, informales).
- Paradas de transporte público (formales, informales, sobre la calzada, segregadas).
- Estacionamientos en la calzada (formales, informales, sobre la calzada, segregados).
- Accesos a la propiedad (formales, informales).
- Ancho, número y tipo de pistas (normales, sólo bus, ciclistas, etc.).
- Ancho de bermas, veredas, medianas.
- Tipo de pavimento (hormigón, asfalto, adoquín, ripio, tierra).
- Estado del pavimento (bueno, regular, malo).
- Pendientes longitudinales y transversales del tramo (en %)

III. INFORMACIÓN OPERATIVA DEL TRAMO

(Esta información debe ser recolectada, observada o medida para al menos 3 períodos y en cada sentido)

Fecha [día/mes/año]	Período 1		Observaciones y Croquis	
	Desde [hr]	Hasta [hr]		
Flujos Vehiculares [veh/hr]				
Vehículos Livianos	Buses	Camiones		
Velocidad de Operación [km/hr]				
Vehículos Livianos	Buses	Camiones		
Flujos Peatonales [peat/hr]				
Costado 1	Costado 2	Total de Cruce		
Fecha [día/mes/año]	Período 2			Observaciones y Croquis
	Desde [hr]	Hasta [hr]		
Flujos Vehiculares [veh/hr]				
Vehículos Livianos	Buses	Camiones		
Velocidad de Operación [km/hr]				
Vehículos Livianos	Buses	Camiones		
Flujos Peatonales [peat/hr]				
Costado 1	Costado 2	Total de Cruce		
Fecha [día/mes/año]	Período 3		Observaciones y Croquis	
	Desde [hr]	Hasta [hr]		
Flujos Vehiculares [veh/hr]				
Vehículos Livianos	Buses	Camiones		
Velocidad de Operación [km/hr]				
Vehículos Livianos	Buses	Camiones		
Flujos Peatonales [peat/hr]				
Costado 1	Costado 2	Total de Cruce		
Límite de Velocidad del Tramo [km/hr]				

IV. VISIBILIDAD Y ENTORNO

Uso de Suelo Predominante

(si se presenta más de uno marcar las casillas correspondientes)

Sentido 1			
Residencial	Comercial	Servicios	Industrial
Sentido 2			
Residencial	Comercial	Servicios	Industrial

Visibilidad a Puntos Singulares

(Indicar presencia y distancia a lugares de alta concentración y cruce de peatones o ingreso y egreso de vehículos: colegios, supermercados, bancos, centros comerciales, hospitales, etc.)

Tipo de Punto	Distancia Visibilidad [m]	Velocidad Asociada (¹) [km/hr]	Observaciones o croquis
Promedio			
Valor Mínimo			
Valor Máximo			

¹: ver Tablas 3 y 4

V. ACCIDENTES

(Datos de accidentes en los últimos 3 años o conflictos observados durante 3 horas por 3 días)

Periodo	Nº Accidentes o Conflictos Graves	Tipo de Accidentes o Conflictos Graves				
		Atropellos	Colisiones Cruzadas	Colisiones por Detrás	Colisiones Frontales	Choques

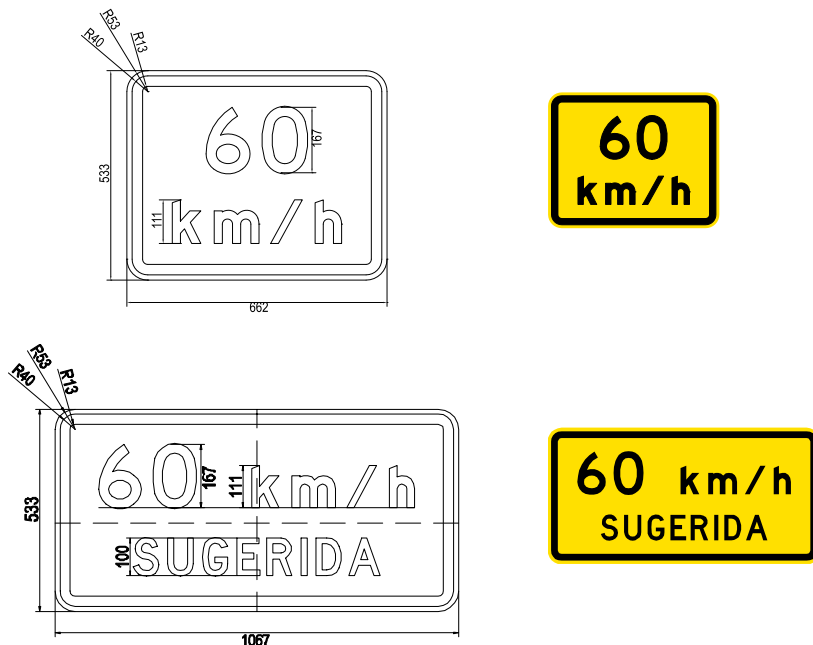
ANEXO 5
SEÑAL VELOCIDAD SUGERIDA

ANEXO 5.- VELOCIDAD SUGERIDA

Esta es una señal especial que no corresponde a alguno de los tipos de señales referidas en el Capítulo 2, ya que su mensaje es solo una recomendación. Se usa en general junto a otras señales de advertencia de peligro, pero puede también complementar a señales informativas de localización.

La velocidad sugerida o recomendada es la velocidad máxima a la cual se puede esperar que un conductor prudente, operando un vehículo en buen estado mecánico, transite sin generar riesgos a él u otros usuarios de la vía, a través de un tramo de vía específico.

La leyenda "SUGERIDA" es opcional.



cotas en milímetros

Cuando se utiliza junto a señales de curva, el cálculo de la velocidad recomendada se puede realizar, entre otras maneras:

- Transitando la curva y percibiendo directamente los efectos de circular a distintas velocidades.
- Determinando la velocidad que respeta el 85% de los conductores al transitar la curva.

Para velocidades distintas de 60 ó 70 km/h, el tamaño de la señal deberá modificarse según los siguientes factores, sin perjuicio de que siempre las señales pueden ser de tamaño superiores a los mínimos establecidos en este Manual.

FACTORES DE ESCALA PARA TAMAÑO DE SEÑAL

VELOCIDAD			
≤ 50 km/h	60 - 70 km/h	80 - 90 km/h	100 - 110 km/h
(3/4)	1	(5/4)	(3/2)

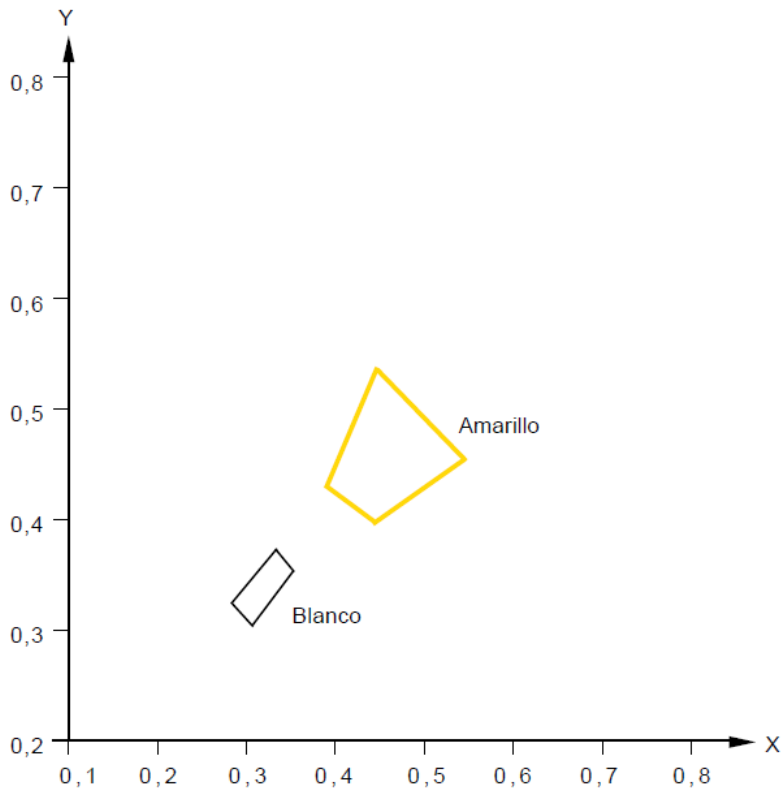
ANEXO 6
COLORES DEMARCACIONES VIALES

ANEXO 6.- COLORES DE LAS DEMARCACIONES

Las demarcaciones detalladas en este Manual se deben construir con los colores especificados para cada una de ellas, de acuerdo al color aceptado por los cuatro pares de coordenadas de cromaticidad en términos del Sistema Colorimétrico Estándar CIE 1931 y el factor de luminancia, valor asociado a la mayor o menor «claridad» o «luminosidad» de un color, según se establece en la norma ASTM D-4956, condición que deben mantener o de lo contrario deben ser repuestas.

Coordenadas Cromáticas

Color	x	y	x	y	x	y	x	y
Blanco	0,355	0,355	0,305	0,305	0,285	0,325	0,335	0,375
Amarillo	0,443	0,399	0,545	0,455	0,465	0,535	0,389	0,431



Factor de luminancia (L)

El factor de luminancia para cada color debe ser:	
Blanco:	Mayor o igual a 0,40
Amarillo:	Mayor o igual a 0,20

ANEXO 7
ESPECIFICACIONES PARA LA DEMARCACIÓN DE LEYENDAS

ANEXO 7.- ESPECIFICACIONES PARA LA DEMARCACIÓN DE LEYENDAS

Toda señal de tránsito debe ser legible a una distancia tal que proporcione al conductor el tiempo suficiente para leer el mensaje, seleccionar la maniobra apropiada y realizar ésta en forma segura y oportuna. Esta distancia depende directamente del tipo de letra utilizado y de su tamaño. Es por ello que para la demarcación de leyendas sólo se debe utilizar la tipografía definida en este Anexo. Dicha tipografía ha sido diseñada especialmente para demarcaciones; debe ir en mayúsculas, cualquiera sea su tamaño.

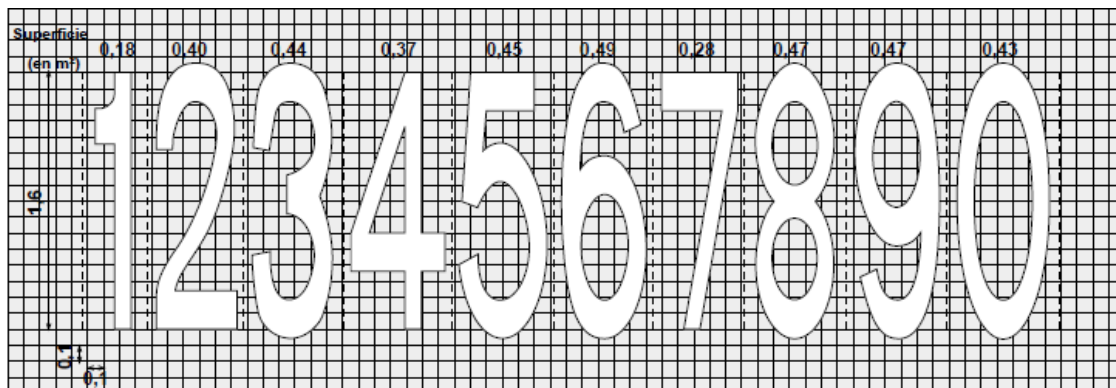
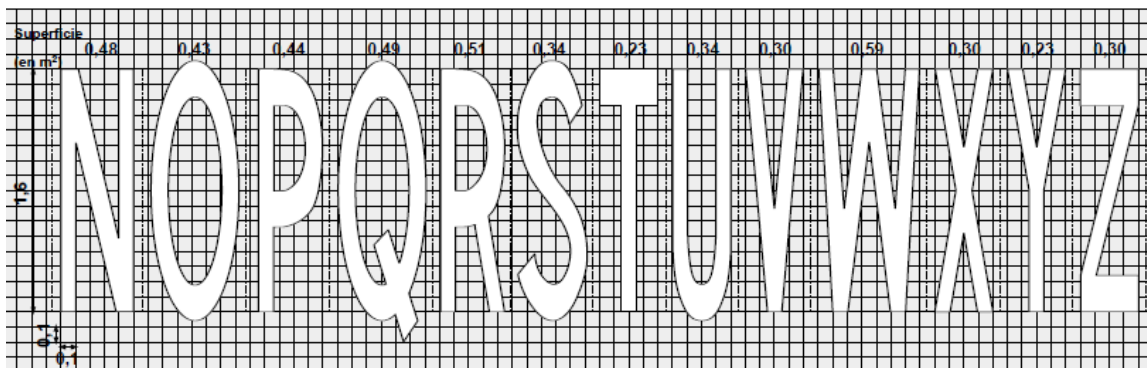
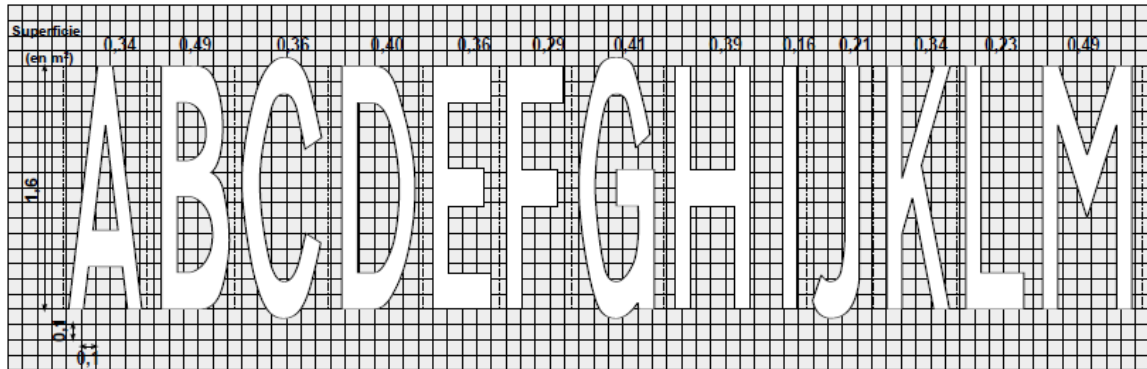
Se han considerado 3 alturas de letras según la velocidad máxima permitida de la vía, como lo detalla la siguiente Tabla.

Velocidad Máxima Permitida (km/hr)	Altura de Letras (cm)
Menor o Igual a 30	160
Mayor a 30 y menor o Igual a 60	240
Mayor a 60	400

Las dimensiones de cada letra y número se detallan a continuación. Para las tres alturas de letras definidas en la tabla anterior, el ancho especificado en cada caso incorpora el espaciado requerido “entre” las letras y números que forman una palabra.

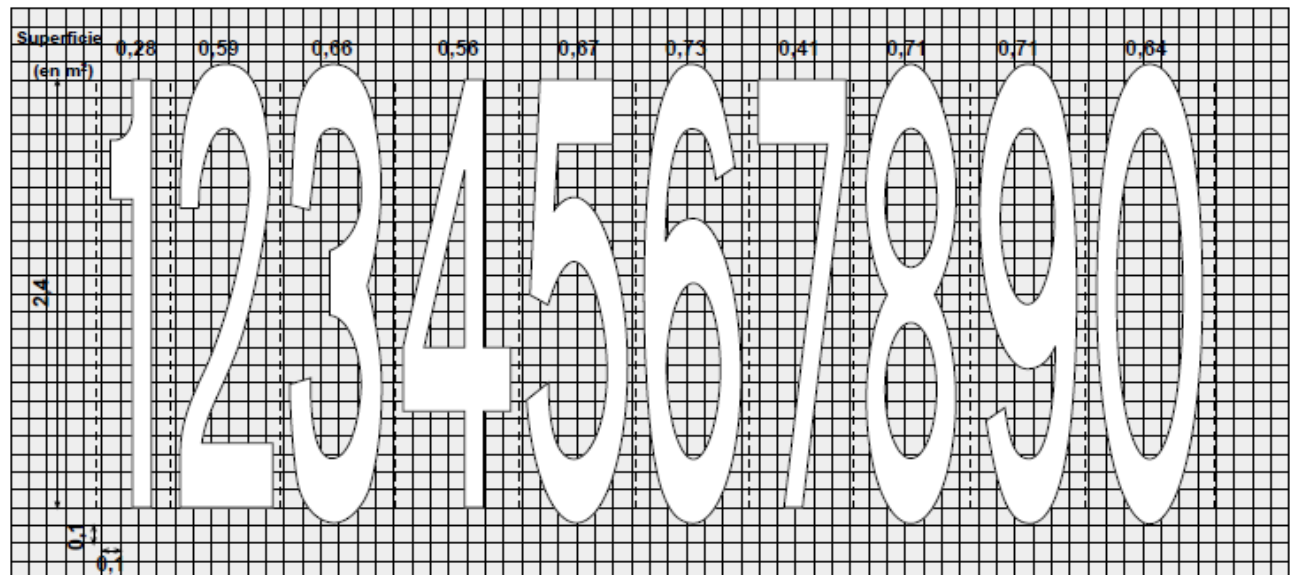
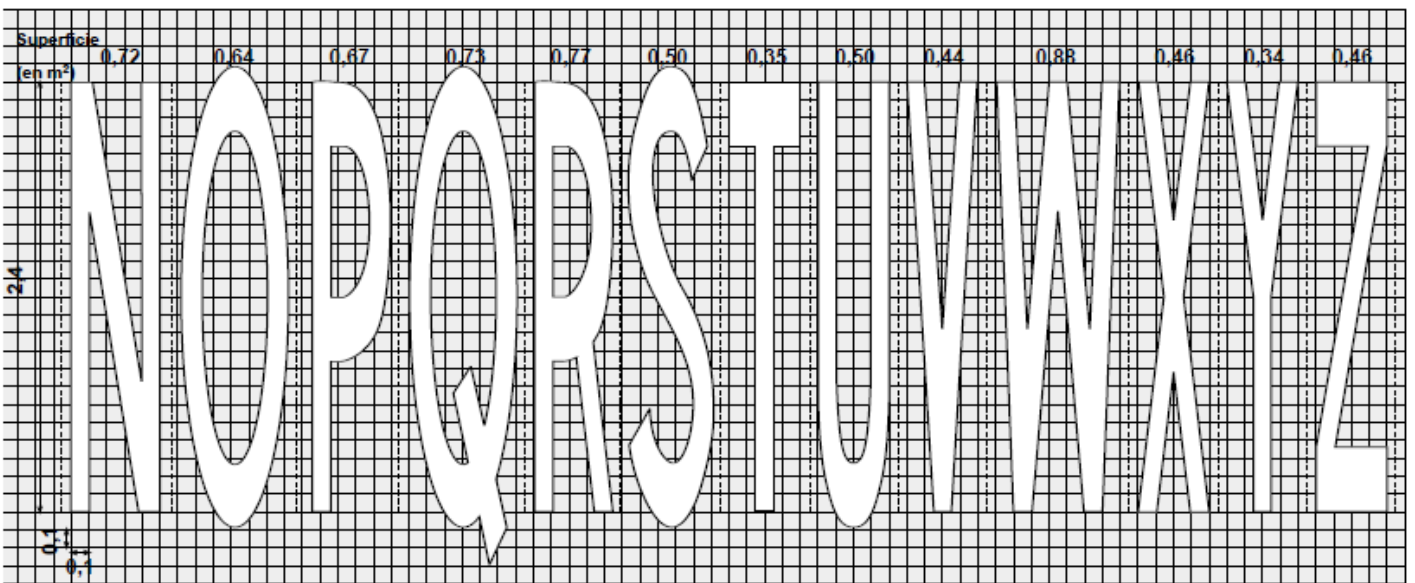
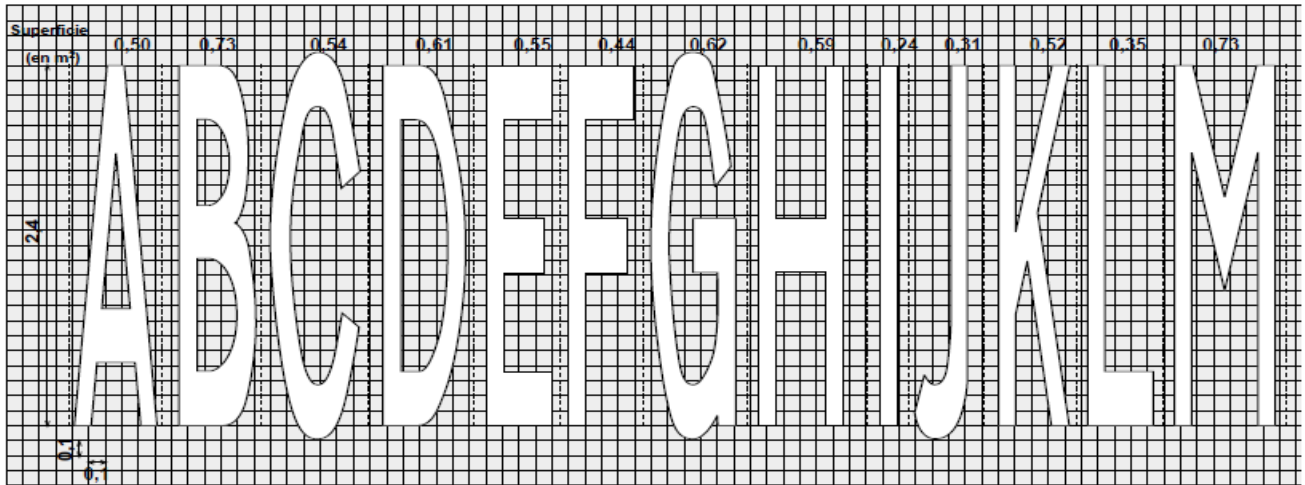
Para asegurar la legibilidad del texto se debe dejar un espacio de a lo menos 30 cm entre palabras y entre éstas y las líneas de pistas.

Via con velocidad máxima menor o igual a 30 km/hr



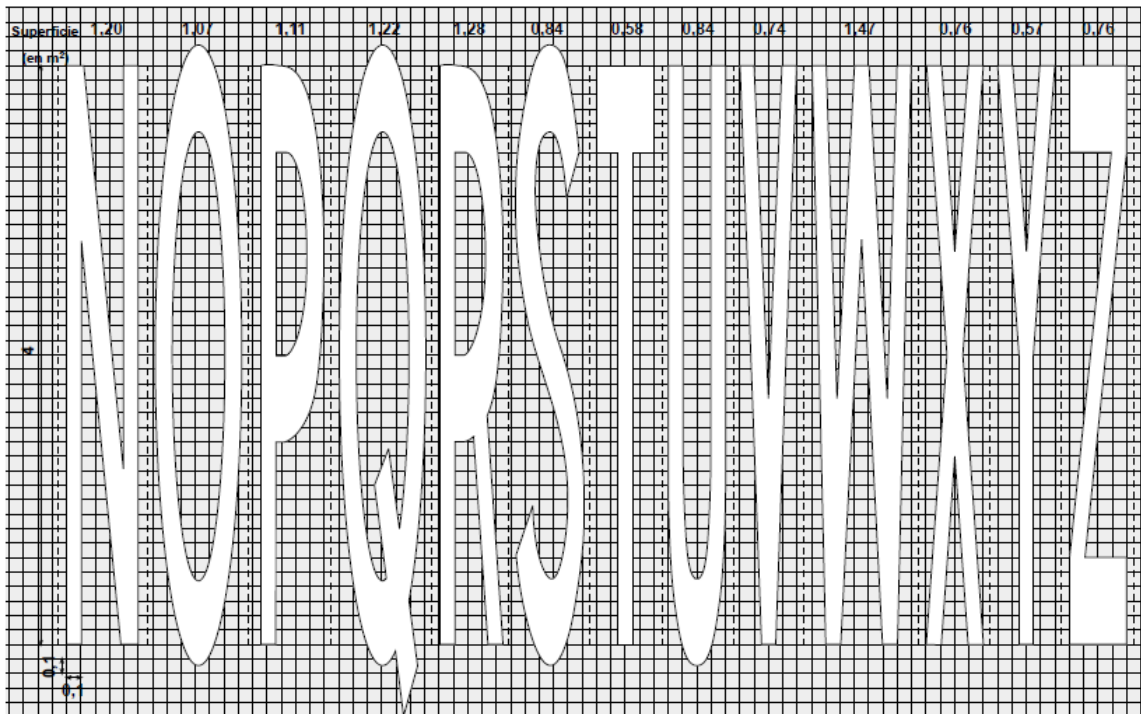
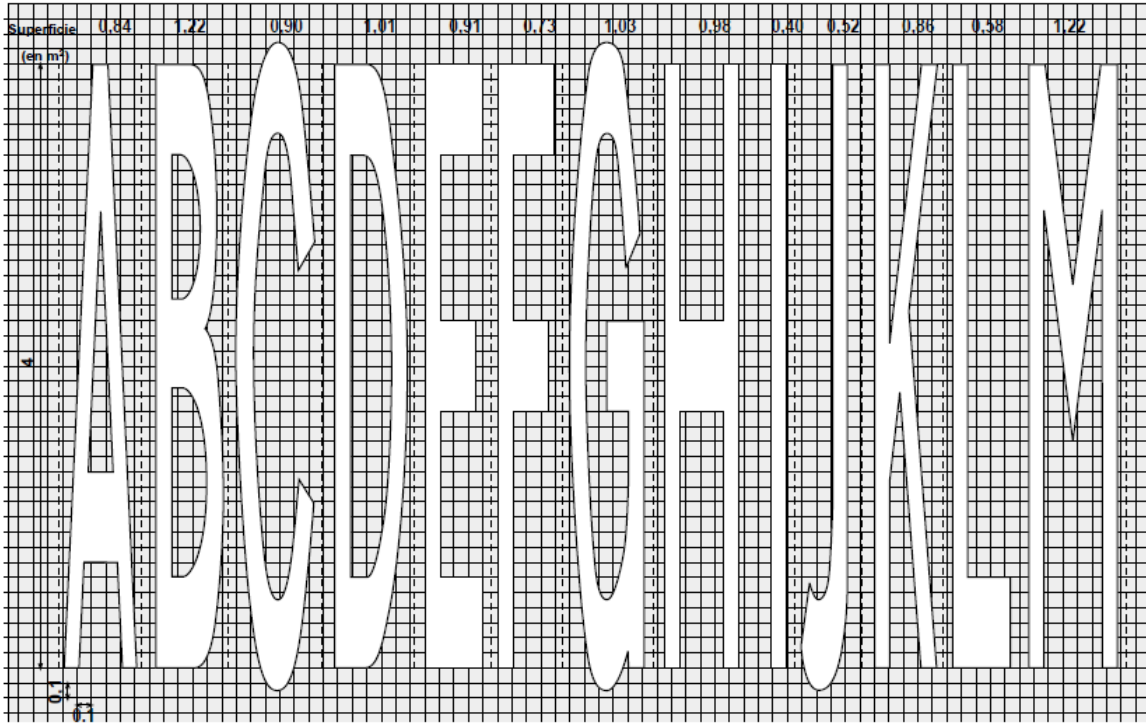
Cotas en metros

Vía con velocidad máxima de 40 a 60 km/hr



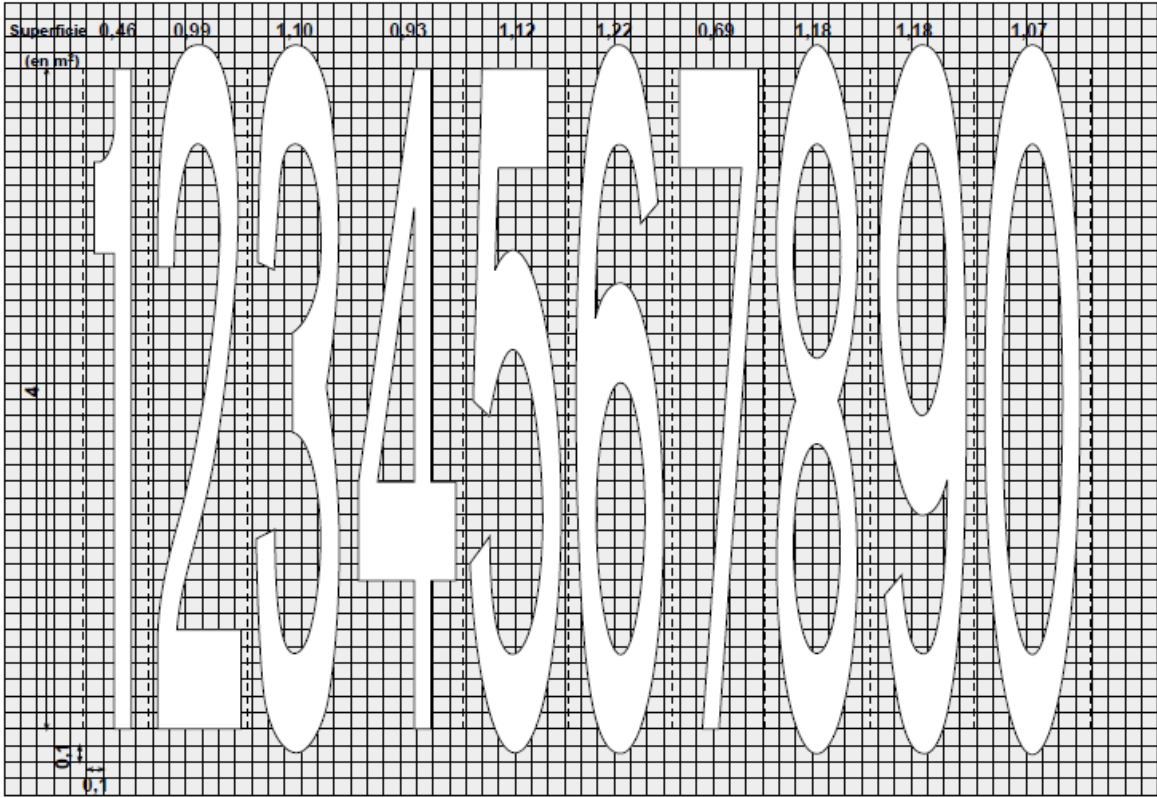
Cotas en metros

Vía con velocidad máxima mayor a 60 km/hr



Cotas en metros

Vía con velocidad máxima mayor a 60 km/hr



Cotas en metros