



Índice

4.1	INTRODUCCIÓN	1
4.2	PLANEAMIENTO	3
4.3	CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO	6
4.4	TRAZADO Y ALINEAMIENTOS	12
4.5	SECCIÓN TRANSVERSAL	16
4.6	MEDIANAS	23
4.7	AMPLIACIÓN DE CALZADAS	36
4.8	SECCIONES TÍPICAS	38
4.9	ESTRUCTURAS	41
4.10	INTERSECCIONES	45
4.11	CALLES COLECTORAS, FRENTISTAS O DE SERVICIO	52
4.12	SEÑALIZACIÓN	56
4.13	ILUMINACIÓN	57
4.14	PAISAJISMO	58
4.15	AUTOVÍAS	59
4.16	PLANILLA RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO	64
4.17	PARTICULARIDADES DE LAS AUTOPISTAS URBANAS	67
4.18	BIBLIOGRAFÍA PARTICULAR DE CONSULTA	95

4 AUTOPISTAS

4.1 INTRODUCCIÓN

Según la Ley de Tránsito y Seguridad Vial N° 24449:

ARTÍCULO 5.- DEFINICIONES:

b) *Autopista: una vía multicarril sin cruces a nivel con otra calle o ferrocarril, con calzadas separadas físicamente y con limitación de ingreso directo desde los predios frentistas lindantes.*

s) *Semiautopista: un camino similar a la autopista pero con cruces a nivel con otra calle o ferrocarril.*

ARTÍCULO 45.- VÍA MULTICARRILES

En las vías con más de dos carriles por mano, sin contar el ocupado por estacionamiento, el tránsito debe ajustarse a lo siguiente:

- a) *Se puede circular por carriles intermedios cuando no haya a la derecha otro igualmente disponible;*
- b) *Se debe circular permaneciendo en un mismo carril y por el centro de éste.*
- c) *Se debe advertir anticipadamente con la luz de giro correspondiente la intención de cambiar de carril;*
- d) *Ningún conductor debe estorbar la fluidez del tránsito circulando a menor velocidad que la de operación de su carril;*
- e) *Los vehículos de pasajeros y de carga, salvo automóviles y camionetas, deben circular únicamente por el carril derecho, utilizando el carril inmediato de su izquierda para adelantamientos;*
- f) *Los vehículos de tracción a sangre, cuando les está permitido circular u no tuvieren carril exclusivo, deben hacerlo por el derecho únicamente;*
- g) *Todo vehículo al que la haya advertido el que lo sigue su intención de adelantarse, se debe desplazar hacia el carril inmediato a la derecha.*

ARTÍCULO 46.- AUTOPISTAS

En las autopistas, además de lo establecido para las vías multicarriles, rigen las siguientes reglas:

- a) *El carril extremo izquierdo se utilizará para el desplazamiento a la máxima velocidad admitida por la vía y a maniobras de adelantamiento;*
- b) *No se puede estacionar ni detener para ascenso y descenso de pasajeros, ni efectuar carga y descarga de mercaderías, salvo en las dársenas construidas al efecto, si las hubiere;*
- c) *Los vehículos remolcados por causa de accidentes, desperfecto mecánico, etc. deben abandonar la vía en la primera salida.*

En semiautopistas son de aplicación los incisos b), c) y d).

En general, las autopistas transportan más vehículos por kilómetro que cualquier otro sistema vial comparable, e incluyen los caminos de mayor significación para el transporte de mercancías y personas de un país.

Sobre su importancia como columna vertebral de los sistemas viales, y para satisfacer el crecimiento del tránsito, las autopistas deben diseñarse para dar seguridad, permanencia, utilidad, y flexibilidad. Estos objetivos pueden alcanzarse mediante la concienzuda atención al diseño.

Desde el punto de vista de la ingeniería vial, para ser verdaderamente una autopista un camino debe satisfacer todas las condiciones siguientes:

- dos calzadas -de por lo menos dos carriles cada una- separadas físicamente
- control total de acceso
- cruces a distinto nivel con otras vías
- conexiones con otras vías mediante distribuidores
- exclusivo para tránsito automotor
- diseño superior, apropiado para desarrollar altas velocidades con seguridad, comodidad y economía

Según la velocidad directriz adoptada, las autopistas nuevas y las reconstruidas totalmente se diseñarán según los valores más altos que los mínimos deseables indicados en las normas y recomendaciones presentes, particularmente los valores de los elementos geométricos de las tablas y gráficos del [Capítulo 3 DISEÑO GEOMÉTRICO]; sólo se adoptarán los valores mínimos absolutos cuando los más altos resulten inaceptables por las consecuencias sociales, económicas o ambientales. En los proyectos de reconstrucción parcial de autopistas, las normas y recomendaciones para los alineamientos horizontal y vertical, y anchos de mediana, calzada y banquina podrán ser las de la DNV vigentes durante la construcción original, señalizando una velocidad máxima no mayor que la velocidad máxima segura (VMS) según las normas y recomendaciones presentes, y según cuál haya sido el historial de accidentes.

Las popularmente denominadas *autovías*, no están definidas por la Ley 24449. Internacionalmente, un punto muy débil de la clasificación de caminos es la falta de definición de las autovías, como distintas de las bien definidas autopistas. En estas normas, su diseño se trata en [S4.15]

Funcionalmente, las autopistas se clasifican como caminos arteriales o principales. Están destinadas a dar altos niveles de seguridad y eficiencia en el movimiento de grandes volúmenes de tránsito a altas velocidades. La eficiencia operativa, capacidad, seguridad, y costos de construcción dependen en gran medida de su diseño geométrico.

En este Capítulo y en el [Capítulo 6 DISTRIBUIDORES] se orienta al proyectista de autopistas sobre criterios específicos relativos a velocidades, alineamientos, medianas, caminos frentistas, balance de carriles, separaciones de nivel, ramas de conexión, control de acceso y medidas de seguridad. Especialmente si se diseñan y construyen según los más altos estándares, las autopistas son los caminos más seguros entre varias clases de caminos.

La separación física de las calzadas y el control de acceso son los factores primarios para obtener índices relativamente bajos de accidentes, heridos y muertos. También son factores clave otras características de diseño, tales como anchos de medianas y banquetas, zona despejada de obstáculos y condiciones peligrosas al costado de la calzada.

Las altas velocidades directrices usadas para el diseño geométrico de las autopistas resultan en distancias de visibilidad largas, curvas horizontales de grandes radios, curvas verticales amplias y otras características de diseño que crean un ambiente de conducción segura.

En el [Capítulo 7 SEGURIDAD EN LA CALZADA Y SUS COSTADOS] se recomiendan medidas de seguridad resultantes de investigaciones y pruebas de campo en los países líderes en seguridad vial. Tal información debería considerarse como complementaria de las normas de diseño. Las mejoras de seguridad en las autopistas resultarán en sustanciales ahorros en vidas y daños materiales, ya que un importante porcentaje del tránsito total circula por ellas.

Una forma de clasificar las autopistas se relaciona con el entorno en que se desarrollan: rural o urbano. Las normas y recomendaciones desarrolladas en las secciones 1 a 14 de este capítulo son aplicables a ambas, por lo que sólo se usa el término 'autopista', salvo que sólo sean aplicables a las 'autopistas rurales', y entonces se las refiere así.

La sección [S4.17] trata sobre particularidades de las 'autopistas urbanas'.

4.2 PLANEAMIENTO

4.2.1 Volúmenes de tránsito

Toda sección de un camino de la red nacional se diseñará para contener segura y eficientemente los volúmenes de tránsito estimados para el año de diseño, de automóviles, ómnibus y camiones. En general, el año de diseño para construcción nueva y reconstrucción completa será 20 años más allá de aquel en el cual se aprueben los planos, especificaciones y cómputos para construcción. Algunos elementos de la reconstrucción de una autopista pueden basarse en un período de diseño menor. En los casos extraordinarios donde intervengan decisiones ambientales y/o políticas, el año de diseño y el tránsito resultante serán coherentes con esa decisión.

En cuanto a los requerimientos de capacidad se determinan a partir de los volúmenes horarios de diseño en un sentido, para el período de diseño. Es habitual adoptar el volumen de la trigésima hora más alto del año de diseño. Este volumen horario suele referirse como un porcentaje del TMDA, del orden del 13% del TMDA (más bajo cuanto más urbano sea el camino). Se indica en vehículos por hora (vph), en ambos sentidos de viaje, y se distribuye por sentidos de viaje.

4.2.2 Niveles de servicio

Las técnicas y procedimientos para ajustar los factores operacionales y del camino para compensar las condiciones distintas de las ideales se encuentran en el Manual de Capacidad (MC), el cual presenta una completa discusión del concepto de nivel de servicio. Aunque la elección del nivel de servicio de diseño es dejado al usuario del MC, los proyectistas deberían esforzarse por proveer el nivel de servicio más alto posible según las condiciones previstas.

En autopistas rurales, es deseable utilizar el nivel de servicio B. En autopistas urbanas y en caminos auxiliares con tránsitos altos suele recomendarse el nivel C.

Generalmente, las autopistas rurales tienen cuatro carriles de tránsito directo (dos por sentido). En las cercanías de las zonas metropolitanas pueden necesitarse seis o más carriles.

4.2.3 Topografía

Selección de ruta o corredor

Según se detalla en el [Capítulo 9 TRAZADO], dos de las consideraciones más importantes en la selección de la ruta para un camino propuesto son:

- Las características físicas de la zona y
- Cómo estas características se refieren a los controles de diseño geométrico.

Las características físicas que afectan la selección de rutas incluyen:

- Topografía (llana, ondulada, montañosa) y drenaje
- Condiciones del suelo y geológicas
- Uso de la tierra adyacente
- Impactos ambientales, sociales, históricos, culturales

El diseñador busca las condiciones que eviten cambios repentinos en los alineamientos. Por ejemplo, trata de obviar condiciones que requieran conectar largas rectas con curvas muy cerradas, o de evitar las zonas sujetas a inundaciones o avalanchas.

4.2.4 Trazado preliminar

En terreno plano, la selección de un alineamiento está influida por el costo de las expropiaciones, el uso de la tierra, la presencia de cursos de agua que requieren puentes costosos, las redes vial y ferroviaria existentes, y las condiciones del subsuelo. En el terreno ondulado deben considerarse las pendientes, profundidad de desmontes y altura de terraplenes, estructuras de drenaje y el número de puentes. En ambos casos influye también la ubicación de los distribuidores.

La selección de un trazado es un proceso de prueba y error: con un alineamiento de prueba se verifica la conformidad con los criterios de control horizontal y vertical y coordinación planialtimétrica. La selección del alineamiento final se basa en una comparación de costos y en la evaluación de los impactos.



4.2.5 Estudios de factibilidad

La planificación de una autopista o red de autopista se basa en estudios de evaluación técnica y económica sobre proyecciones de tránsito, reconocimientos de campo, trazados preliminares en gabinete sobre cartografía o modelos digitales confiables, estimaciones de costos, e índices económicos. Estos dan idea de la rentabilidad económica de un proyecto, con lo cual se determinan las prioridades para las obras nuevas y los mejoramientos de las existentes.

4.2.6 Construcción por etapas

Cuando se plantea una autopista con nuevo trazado, puede ser que el tránsito no justifique la construcción de las dos calzadas en una primera etapa. Puede, entonces, construirse una sola de ellas y que funcione como de doble sentido durante algún tiempo. En ese caso, correspondería construir los puentes para la condición final y los distribuidores casi definitivos, con empalmes provisionales del lado de la futura calzada. Para un correcto funcionamiento en la primera etapa se recomienda pavimentar ambas banquetas con el ancho de la externa. También es aconsejable plantear las colectoras frentistas, aunque en primera etapa no se pavimenten.

4.3 CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

4.3.1 Velocidad máxima legal señalizada

Velocidad límite

Una velocidad límite o límite de velocidad es la máxima o mínima velocidad permitida por ley, estatuto o indicación expresa en una sección de calle o camino, comunicada a los conductores por medio de señales reglamentarias u otra forma de transmitir información.

Los límites de velocidad deben determinarse por medio de estudios de ingeniería vial y de tránsito, para informar al conductor las velocidades a la cuales se espera minimizar el número y gravedad de los accidentes, según tipos de caminos y vehículos. Adecuadamente establecidos, fomentan el cumplimiento voluntario y separan de la mayoría a los conductores de alto riesgo.

Velocidad máxima legal

En ausencia de límites de velocidad señalizados, la velocidad máxima legal es la velocidad máxima autorizada por ley, estatuto, código o reglamentación, para distintos tipos de caminos y vehículos, en las jurisdicciones nacional, provincial o municipal. Para que las velocidades máximas legales sean válidas deben poder adoptarse con seguridad y comodidad cuando las condiciones sean favorables, y los caminos deben diseñarse, construirse y mantenerse según ellas.

En autopistas y otras carreteras de alta velocidad, las velocidades de operación y los choques con heridos y muertos crecen cuando se aumentan los límites de velocidad. Aproximadamente, los resultados de los estudios internacionales indican que por cada incremento de 4 km/h en los límites, la velocidad de operación crece 1 km/h y los choques con heridos en 3%.

Velocidad máxima señalizada

Las limitaciones oficiales de la velocidad se establecen para mejorar la seguridad pública, y su racionalidad se basa en el hecho incontrastable de que una velocidad irrazonable es causa de muertes, lesiones y daños materiales. Secundariamente, las regulaciones proveen una base para castigar la conducta irracional de algún conductor individual.

La velocidad máxima señalizada debería ser la más razonable y segura de operar en flujo libre, cuando las demás condiciones de tránsito y calzada sean también favorables. Si además contribuye a mejorar la capacidad de la vía, disminuir el consumo de combustible y las emisiones de gases tóxicos, serán beneficios adicionales.

Una elección de velocidad por parte de los conductores es un equilibrio entre el apuro y la seguridad, y también una reacción inconsciente al entorno. Casi todos los conductores seleccionan una velocidad que sienten razonable, segura y cómoda para alcanzar su destino en el tiempo más corto posible, y evitar poner en peligro a sí mismos, a los otros y a su propiedad.

Los conductores tienden a prestar poca atención a las limitaciones de velocidad que consideran irrazonables, y a viajar a velocidades más influidas por las condiciones de tránsito y calzada que por los límites señalizados. El juicio colectivo de la mayoría de los conductores representa un nivel de velocidad de operación razonable y riesgo aceptable; señalar cualquier límite diferente empeora la seguridad vial.

Señalando un adecuado límite de velocidad máxima, la mayoría viajará voluntariamente a la velocidad señalizada. La idea de aplicar el *sentido común* a los límites de velocidad tiene mucho sentido, con tal que se refiera a lo que la gente hace, y no a los que otros querrían que hiciera.

- **Experiencia mundial:** Las velocidades legales máximas señalizadas, VLMS, en autopistas de 60 países de 5 continentes son:

Tabla 4.1 Velocidades máximas legales

VLMS	Cantidad	%	Países
130 - 80	21	35	Argentina , Australia, Austria, Bosnia y Herzegovina, Bulgaria, Croacia, República Checa, Dinamarca, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Italia, Lituania, Luxemburgo, Polonia, Rumania, Eslovaquia, Eslovenia, Ucrania, EUA.
120 - 70	20	33	Bélgica, Brasil, China, Finlandia, Irán, Irlanda, Corea del Sur, Los Países Bajos, Portugal, Serbia, Sudáfrica, España, Suecia, Suiza, Tailandia, Turquía, Zimbabwe, Namibia, India, Pakistán.
110 - 50	19	32	Canadá, Macao, Hong-Kong, Chipre, Islandia, Indonesia, Israel, Japón, Letonia, Malasia, Méjico, Nueva Zelanda, Noruega, Rusia, Singapur, Taiwán, Reino Unido, Vietnam, Túnez.

- **Experiencia argentina:**

Según la Ley de Tránsito y Seguridad Vial N° 24449:

ARTÍCULO 51.- VELOCIDAD MÁXIMA

Los límites máximos de velocidad son:

b) En semiautopistas los mismos límites que en zona rural para los distintos tipos de vehículos (1. motocicletas, automóviles y camionetas: 110 km/h; 2. microbús, ómnibus y casas rodantes motorizadas: 90 km/h; 3. camiones y automotores con casa rodante acoplada: 80 km/h; 4. transporte de sustancias peligrosas: 80 km/h), salvo de 120 km/h para motocicletas y automóviles;

c) en autopistas: los mismos límites del inciso b), salvo para motocicletas y automóviles que podrán llegar hasta 130 km/h y los del punto 2 que tendrán un máximo de 100 km/h.

Las velocidades máximas de automóviles y motocicletas en las autopistas rurales podrán alcanzar los 130 km/h. La declaración de la Ley es condicional, no obligatoria; el espíritu es que los automóviles y motocicletas podrán alcanzar una velocidad de 130 km/h, si la autopista se diseña, construye y mantiene según ella.

En consecuencia, si una autopista fue diseñada con una velocidad menor que la legal, no debe aumentarse artificialmente la velocidad máxima señalizada por efecto de la promulgación de una Ley, sin estudiar su relación con los accidentes. Después de promulgarse la Ley 24449, las *velocidades máxima señalizadas* de algunas autopistas diseñadas para 110 km/h se elevaron a 130 km/h, con un incremento potencial de la frecuencia y gravedad de los accidentes.

4.3.2 Velocidad directriz

Las funciones esenciales de las autopistas son mejorar la seguridad, comodidad y capacidad. Al disminuir los congestionamientos, una consecuencia es el aumento de la velocidad de operación. La selección de la velocidad directriz de una autopista es un elemento de seguridad esencial porque la mayoría de los criterios geométricos se relacionan o dependen de ella. Para proyectos de reconstrucción, la velocidad directriz no debería ser menor que la original, o que el actual límite legal de esa sección de camino. El rango de velocidades directrices depende de si el proyecto es *rural o urbano*, de nueva construcción o reconstrucción, y de la *topografía, llana, ondulada o montañosa*. En general, por razones de seguridad, se recomienda adoptar velocidades directrices unos 10 km/h superiores a los límites máximos de las velocidades máximas legales por señalizar. Este fue el propósito de las Normas 67/80 de la DNV: en la planilla de características geométrica se fija una velocidad directriz máxima de 130 km/h (para una velocidad máxima legal de 130 km/h). Sin embargo, los valores de los elementos geométricos se encuentran tabulados hasta 140 km/h.

Autopistas rurales

Las autopistas rurales (fuera de las zonas montañosas) tienen las más altas velocidades directrices. Normalmente se dispone de zona de camino amplia, lo cual permite alineamientos suaves. Las mayores velocidades directrices y de operación permiten mayores volúmenes y capacidad, mientras que se provee una instalación segura y un ambiente de conducción cómodo. El aumento de la capacidad mejora la movilidad, y en zona llana se emplea una velocidad señalizada de 110 a 130 km/h.

En zona montañosa, una velocidad de 100 u 80 km/h es coherente con las expectativas del conductor. En tal topografía puede ser muy difícil lograr un diseño de alta velocidad por las limitaciones horizontales y verticales del terreno y a las limitaciones impuestas por los mayores costos de construcción; en particular del movimiento de suelos. Para disminuirlos, probablemente convendrá un diseño con alineamientos planialtimétricos diferentes para cada calzada.

Según mediciones de la DNV, la velocidad de operación del 85 percentil en flujo libre en algunas autopistas existentes supera en por lo menos 30 km/h la velocidad directriz, y en 10 km/h la máxima señalizada. En las tablas de características geométricas de esta norma se llega hasta una velocidad directriz (V) de 140 km/h, para una velocidad legal máxima señalizada (VLMS) de 130 km/h.

Es decir:

- condición de mínima $V = VLMS$; NORMA
- condición deseable $V = VLMS + 10$ RECOMENDACIÓN

Tabla 4.2. Principales características geométricas deseables en función de V

Velocidad Directriz $V=VLMS+10$	Distancia visual mínima de detención DVD (calzada húmeda)	Planimetría		Altimetría	
		Radio Mínimo emáx = 8%		K Mínimo	
		Absoluto	Deseable	Convexa	Cóncava
km/h	m	m	m	m/%	m/%
110	245	520	820	121	62
120	290	665	950	169	75
130	340	845	1085	229	88
140	390	1065	1230	305	103

Ramas de distribuidores

Las velocidades directrices para ramas de distribuidores, [C6], dependen del tipo de rama seleccionada -p. ej., rulo, semidirecta o directa y de la velocidad directriz del camino que se cruza. Usualmente, la velocidad directriz de la rama se establece según el elemento más restrictivo, típicamente la curva más cerrada. Cualquiera que sea la velocidad directriz seleccionada, deberán desarrollarse adecuadas transiciones desde la propia autopista y en el terminal de la rama o punto de convergencia.

4.3.3 Comparación Normas 1980 y 2010

En el modelo de distancia visual de detención DVD de las normas 1967/80 se adoptó un coeficiente de fricción longitudinal para calzada seca y tiempo de percepción y reacción variable con la velocidad. Para calcular los parámetros mínimos absolutos de las curvas verticales se supuso operación nocturna con el 90% de la velocidad directriz. Siguiendo las recomendaciones de AASHTO de 1971, en la norma presente se considera coeficiente de fricción longitudinal para calzada húmeda, tiempo de percepción y reacción de 2,5 s (independiente de la velocidad), y operación nocturna con el 100% de la velocidad directriz.

Consecuentemente, aumentan los valores de Radio mínimo absoluto para emáx = 8% (Rmín abs), Distancia visual de detención en horizontal (DVD), Valor K mínimo absoluto curva convexa (KmínCX), Valor K mínimo absoluto curva cóncava (KmínCV).

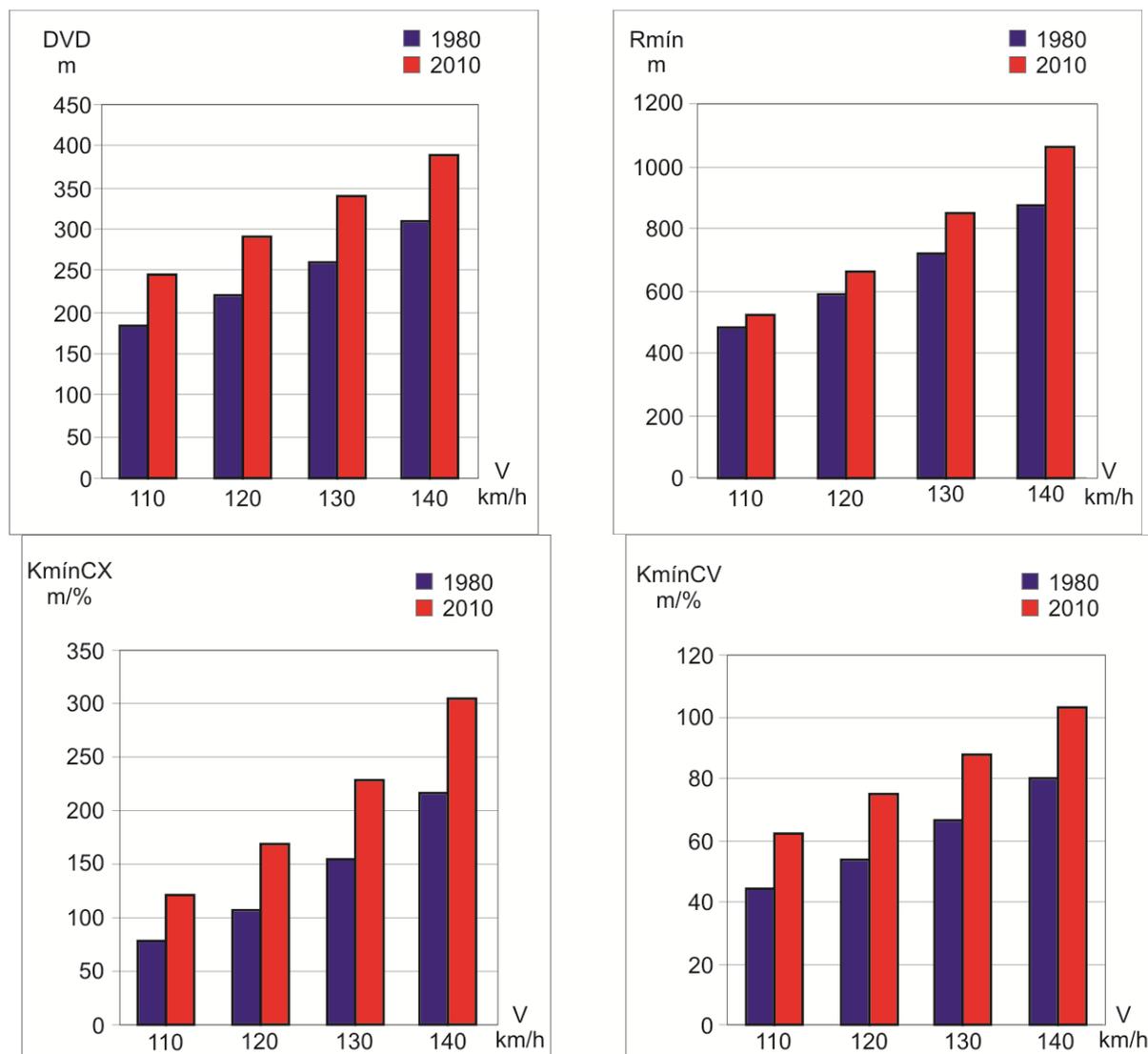


Figura 4.1 Comparación normas 1980 y 2010

Tabla 4.3 Velocidades directrices V 2010 vs. 1967/80

Velocidades directrices según Normas 2010 en km/h				
V 1967/80 (km/h)	110	120	130	140
Rmínabs	107	115	123	131
DVD	94	104	114	125
KmínCX	98	107	116	128
KmínCV	93	103	113	123

4.3.4 Control total de acceso

El control de acceso es la condición por la cual el derecho de los propietarios u ocupantes frentistas de acceder al camino está total o parcialmente controlado por la autoridad pública. Se ejerce para dar preferencia al tránsito directo mediante las conexiones de acceso sólo con caminos públicos seleccionados y la prohibición absoluta de los cruces a nivel o conexiones directas a predios frentistas. Puede proveerse acceso indirecto a ellos por medio de caminos frentistas o de servicio paralelos a la autopista, o por caminos existentes que se cruzan con otros caminos públicos que a continuación se conectan con la autopista mediante un distribuidor.

El control de acceso se extenderá en la longitud total de las ramas y terminales en un cruce de caminos. Sin embargo, en zonas de alto volumen de tránsito, donde exista posibilidad de desarrollos que pudieran crear problemas operacionales o de seguridad, deben proveerse longitudes más largas de control de acceso.

A partir de las propiedades adyacentes, el control de acceso debe extenderse por lo menos unos 100 m en las zonas rurales en cada sentido a lo largo del cruce de las ramas con el camino transversal. Para cumplir esto, los caminos secundarios que se crucen estarán en niveles separados, serán clausurados, realineados y/o interceptados mediante caminos frentistas. Tal control será mediante la adquisición de derechos antes de la construcción o mediante la construcción de caminos frentistas, o una combinación de ambos.

Las ventajas principales del control de acceso son la preservación de la capacidad con que se construyó el camino, alta velocidad y mejorada seguridad a los usuarios viales.

Los distribuidores deben permitir el acceso completo. Respecto del acceso a las áreas de servicio, deberán seguirse las recomendaciones incluidas en el [Capítulo 8 DISEÑOS ESPECIALES] [SS8.1.12 Acceso a instalaciones comerciales]. Se refiere exclusivamente a servicios a la autopista, y no a barrios residenciales, industrias, etcétera.

Líneas de control de acceso

Es recomendable indicar en los planos el grado de control de acceso, a través de la denominada *línea de control de acceso*. Es una línea en los planos que señala el límite a través del cual se prohíbe la entrada o salida de una autopista. En general, es coincidente o paralela a la línea límite de zona de camino, y es continua a lo largo de la autopista.

La línea de control asume diferentes configuraciones en las estructuras a desnivel y puentes, y se extiende a lo largo de los ramales de los distribuidores. El control de acceso a lo largo de un camino transversal prevé la fluidez del tránsito y las distancias adecuadas de la señalización. Se aplicará en:

- Distribuidores
 - Estructuras de separación de niveles
 - Puentes
-

4.3.5 Distancias visuales

Las distancias visuales mínimas son las establecidas en el [C3]:

- **Distancia visual de detención (DVD):** Debe estar disponible en todas las calzadas, ramas, camino transversal y frentista, según su correspondiente velocidad directriz.
- **Distancia visual de decisión (DVDE):** Debería estar disponible en cualquier punto de la transición del cambio del número de carriles; este criterio estaría a favor de, p. ej., ubicar una caída de carril de la autopista en una curva cóncava y no poco más allá de una curva convexa.

4.4 TRAZADO Y ALINEAMIENTOS

4.4.1 Trazado y coordinación planialtimétrica

En el estudio del trazado de una autopista, entre los puntos de control principales se destacan los constituidos por la ubicación y tipo de los futuros distribuidores [SS4.2.4 y [C9]. Luego, entre ellos se desarrolla el alineamiento horizontal, coordinado con el vertical. Diseñadas para alto volumen y operaciones de alta velocidad, las autopistas deben tener alineamientos horizontal y vertical fluidos. Las combinaciones adecuadas de elementos geométricos de suave curvatura, rectas más cortas, pendientes longitudinales bajas, anchos variables de mediana y separaciones de nivel, permiten mejorar la seguridad y la estética de la autopista.



Figura 4.2 Coordinación planialtimétrica

Deben aprovecharse las condiciones topográficas favorables para obtener los objetivos deseados. En lo posible deben evitarse los cambios de anchos de mediana en las rectas, para evitar una apariencia distorsionada, según los principios detallados en la sección 3.8 COORDINACIÓN PLANIALTIMÉTRICA.

Los alineamientos horizontal y vertical se consideran "elementos de diseño permanente". Es sumamente difícil y costoso corregir las deficiencias de los alineamientos después que una autopista se traza, diseña y construye. Sin embargo, hacer cambios en la obra básica puede ser una solución posible y rentable, en particular si hay problemas de seguridad.

Los proyectos para mejorar la coordinación planialtimétrica de una obra existente no están normalmente en el ámbito de "los mejoramientos operativos de rutina", pero se consideran en la reconstrucción de caminos. Esta puede ser la oportunidad propicia para corregir o mejorar los problemas operativos y de seguridad aparecidos desde que se construyó la autopista. Estas mejoras podrían incluir cambios en el alineamiento horizontal, diseños mejorados de distribuidores, nuevas conexiones, y ampliación de las calzadas. La relación entre los alineamientos horizontal y vertical debería estudiarse simultáneamente para obtener la deseable coordinación.

4.4.2 Alineamiento horizontal

Diseñar los elementos planimétricos según la velocidad directriz y lo indicado en el [C3].

Curvatura de calzadas principales

- Diseñar curvas de radios grandes
- Sólo diseñar radios mínimos en condiciones restringidas
- Evitar los alineamientos que requieran transiciones de peralte en puentes o losas de aproximación.

Curvatura de ramas y carriles auxiliares

En general, las curvas en ramas con radios bajos y los carriles de aceleración y desaceleración muy cortos causan problemas a los camiones. Adecuadas distancias para desaceleración y buena visibilidad de las curvas dan a los camiones mayor oportunidad para ajustar las velocidades antes de entrar en ellas. Deben considerarse cuidadosamente las transiciones a curvas con bajas velocidades directrices para reducir la posibilidad de vuelcos.

Peralte

Frente a la posible presencia de nieve y hielo en la calzada, se debe adoptar un peralte máximo del 6%.

El radio, las curvas de transición, el peralte y su desarrollo se correlacionan con la velocidad directriz según el [C3].

- **Precauciones para camiones en calzadas principales.** Los accidentes por derrape de camiones pueden ocurrir en lugares donde exista inadecuada fricción de pavimento húmedo. Si el drenaje es inadecuado, aun curvas con radios relativamente grandes pueden causar problemas de hidroplaneo para camiones no completamente cargados. El drenaje en el contacto neumático-pavimento puede mejorarse mediante estriado o recubrimiento con un pavimento de buena macro textura. Si se construye a nuevo o se repavimenta, debería tenerse cuidado en minimizar las zonas de baja pendiente transversal, particularmente en la transición desde el bombeo normal al peralte para una curva de gran radio. Los accidentes por vuelco en calzadas con altos niveles de fricción lateral demandada, pueden aumentar si se presenta alguna de las siguientes condiciones:
 - El peralte está parcialmente desarrollado en el inicio del arco de circunferencia (EC o PC en caso de curvas sin transición)
 - Existe cordón en el exterior de una curva, cerca del borde de la calzada
 - Una curva relativamente fuerte está ubicada en el fondo de una pendiente importante
 - Múltiples curvas separadas por cortas secciones rectas
- **Precauciones para camiones en ramas.** Para desarrollar todo el peralte al comienzo de la curva circular se prefieren las curvas espirales de transición en las curvas de ramas con radios mínimos. Evitar los diseños que requieran compromisos en la pendiente transversal por plataformas que giran en direcciones opuestas en el mismo punto; p. ej. en la conexión de una rama con el camino transversal.



4.4.3. Alineamiento vertical

Aunque la rasante satisfaga todos los controles de diseño, si se aplican criterios mínimos puede parecer forzada y quebrada. En las autopistas, conviene utilizar valores superiores a los mínimos, para producir una altimetría más segura y estéticamente agradable.

Pendientes

En zonas montañosas se permiten aumentos de la pendiente por las dificultades del terreno. Las pendientes máximas deseables para autopistas rurales en zonas llana, ondulada y montañosa son de 3%, 4% y 5%, respectivamente. Los máximos absolutos admiten un punto por ciento más.

Curvas verticales

Las curvas verticales se diseñarán según los valores K indicados en el [C3].

Consideración de los camiones

Hay varios elementos de diseño y características operacionales para considerar respecto de la operación de los camiones en autopistas: carriles de ascenso, ramas de escape de emergencia, zonas de pruebas de frenos, estaciones de pesaje de camiones y restricciones de carril.

- **Carriles de ascenso.** Frecuentemente, las altas pendientes de subida plantean problemas operacionales a los camiones pesados. Los carriles de ascenso no deberían considerarse en autopistas multicarriles, a menos que el volumen de tránsito direccional de subida sea igual o mayor que el del nivel de servicio D. En la mayoría de los casos, cuando el volumen de servicio -incluyendo camiones- es mayor que 1700 vehículos por hora, y la longitud de la pendiente y el porcentaje de camiones sea suficiente como para considerar carriles de ascenso, el volumen en términos de vehículos de pasajeros equivalentes está cerca o supera la capacidad de la calzada. Un incremento en el número de carriles en toda la sección de camino representaría una mejor inversión que la provisión de carriles de ascenso. Generalmente no se justifica un carril de ascenso en caminos de cuatro carriles para un volumen de servicio direccional debajo de 1000 vehículos por hora, independientemente del porcentaje de camiones. Aunque ocasionalmente un camionero se adelante a otro camión bajo tales condiciones, con este bajo tránsito la incomodidad y peligro generado no son suficientes para justificar el costo de un carril de ascenso.
- **Ramas de escape.** Las pendientes en bajadas fuertes y sostenidas pueden provocar la pérdida de control, especialmente de camiones grandes. La experiencia internacional indica un alto índice de accidentes de camiones errantes en bajadas. En tanto la causa inmediata pueda atribuirse a recalentamiento de los frenos, falla mecánica o error del conductor, las ramas de escape de emergencia son a veces la única contramedida práctica disponible para un organismo vial. [C8]

- **Zonas de prueba de frenos y apeaderos.** Las zonas de prueba de frenos y apeaderos para camiones minimizan los problemas asociados con las pendientes empinadas. Las señales de recomendación de velocidad según peso de los vehículos, emplazadas antes y a lo largo de pendientes de bajada, listan las velocidades recomendadas para ciertos pesos de camiones, [C8].
- **Estaciones de pesaje e inspección.** Las instalaciones de pesaje fijo y en movimiento deben diseñarse adecuadamente para acomodar con seguridad grandes camiones. Debe proveerse un carril de desaceleración de suficiente longitud para que el vehículo que sale de la autopista puede llegar a obtener una velocidad controlada, [C8].

4.5 SECCIÓN TRANSVERSAL

4.5.1 Criterios principales

Para diseñar la sección transversal de las autopistas se deben tener en cuenta:

- Las relaciones entre aspectos geométricos y operacionales, económicos y de seguridad;
- Conclusiones de la comparación de dimensiones indicadas en diferentes normas;
- Hechos y suposiciones presentadas en guías internacionales.
- Experiencia nacional de la DNV

La comparación de valores de la sección transversal de las autopistas según la práctica internacional muestra coincidencias entre las normas.

Se usan anchos de carril entre 3,25 m y 3,75, según las velocidades directrices entre 90 y 130 km/h. Pocos países usan banquetas exteriores pavimentadas de ancho inferior a 2,5 m.

Entre las conclusiones y recomendaciones resultantes de investigaciones sobre la sección transversal de autopistas en países preocupados por la seguridad vial se destacan:

- Ensanchar un carril más allá de 3,5-3,65 m no causa ningún mejoramiento significativo en los índices de accidentes;
- Puede recomendarse un ancho de carril de 3,5-3,65 m;
- Pavimentar más de 2,5 m de una banquina no causa ningún mejoramiento en los índices de accidentes;
- Mantener el ancho de total de pavimento (calzadas más banquetas) sobre los puentes, cualquiera que sea la luz del puente.

Comentarios complementarios:

- Los beneficios para la seguridad de las anchas banquetas pavimentadas superan al favor de posibilitar detenciones de emergencia. Por lo tanto, no son necesarias las banquetas externas pavimentadas continuas de ancho comparable al de un carril auxiliar. Los ensanchamientos intermitentes (bahías de seguridad o apeaderos) separados alrededor de 1 km son una opción efectiva y económica.
- La diferencia de color o tipo de las banquetas pavimentadas respecto de los carriles directos refuerzan sus funciones.
- Más allá de la banquina pavimentada se recomiendan taludes tendidos, parejos y –en la medida que el clima de la zona lo permita- revestidos con pasto.

En general, las banquetas y taludes de las autopistas forman parte de la zona despejada; para ellas son aplicables las recomendaciones del [C3].

4.5.2 Anchos de carril y banquina

Las operaciones seguras y eficientes del tránsito dependen de anchos adecuados de carril y banquina.

La necesidad de acomodar más tránsito en la zona de camino existente, o de adicionar tránsito en autopistas de alto volumen, puede inducir a aumentar la capacidad mediante el cambio de los anchos totales de carriles o banquetas, por carriles de viaje adicionales con anchos reducidos.

Cualquier propuesta de *excepción de diseño* para disminuir los anchos de carriles o banquetas debe analizarse cuidadosamente. La experiencia indica que los carriles de 3,35 m pueden operar con seguridad. Sin embargo, estos carriles de 3,35 m combinados con reducciones de ancho de banquina, distancias visuales de detención y de decisión y otras características por debajo de los valores recomendados no proveerán el mismo grado de seguridad.

En algunos proyectos, la conversión de las banquetas en carriles de viaje para aumentar la capacidad a través de un corto *cuello de botella* puede reducir los accidentes. Sin embargo, la reducción o supresión de banquetas por varios kilómetros tiene resultados nefastos.

Donde las banquetas se conviertan en carriles de viaje, la experiencia indica que remover la banquina del lado interno-izquierdo es preferible que remover la del lado externo-derecho. Mayoritariamente, los conductores prefieren detenerse en el lado derecho.

Si en una autopista con mediana de ancho restringido y barrera se considera transformar la banquina de mediana en un carril de viaje, en las curvas a la izquierda debe verificarse la distancia visual de detención [SS3.2.2] y [SS4.8.2].

En secciones con anchos de carril y banquina por debajo de los usuales, debe considerarse la posibilidad de incluir medidas de mitigación, las cuales pueden ser: disminuir el límite de velocidad señalizado, aumentar la señalización de prevención y regulación, incluir señalización activa para mensajes cambiables y semáforos, iluminación continua, patrullas de servicio y monitoreo continuo para asegurar la identificación de problemas y rápida solución.

Cuando en la autopista no puedan proveerse adecuadas banquetas exteriores a lo largo de una sección significativa (1,5 km o más), deberían adicionarse áreas de detención de emergencia, adecuadamente espaciados y señalizados. Estas áreas son también apropiadas en largas estructuras tipo viaducto. Deben ser de suficiente longitud y ancho como para acomodar grandes camiones.

Carril

Por las altas velocidades y volúmenes de tránsito, en general con alto porcentaje de camiones, los carriles de tránsito directo de las autopistas serán de 3,65 m. Los pavimentos deben tener una superficie de alta calidad (concreto asfáltico u hormigón), con adecuada resistencia al deslizamiento.

Banquina

El ancho de las banquetas de autopistas depende del número de carriles y de si es exterior-derecha o interior-izquierda (banquina de mediana). Si se pretende un buen diseño, debe haber banquetas pavimentadas continuas en ambos lados de las dos calzadas.

- **Externa-Derecha.** El ancho total mínimo será de 3 m, de los cuales, por lo menos 2,5 m serán pavimentados para dos carriles en un sentido. Cuando se dispongan barandas de defensa, se mantendrán los 3 m de ancho libre, con el sobreamplio del coronamiento necesario para la ubicación de la defensa y su adecuado empotramiento. Si en la autopista se proveen carriles auxiliares para ascenso de camiones, se mantendrá la banquina de 3 m de ancho.
- **Interna-Izquierda.** El ancho total mínimo será de 3 m, de los cuales, por lo menos 1,0 m será pavimentado.
- **De ramas.** Se indican en el [C6].

4.5.3 Pendiente transversal de calzada y banquina

Calzada

La pendiente transversal de cada calzada de dos carriles y un sentido será de 2%, cualquiera que sea el tipo de pavimento. Para calzadas de tres carriles o más por sentido, puede aumentarse la pendiente transversal de los carriles externos a 2,5%; los dos carriles internos conservarán el 2%. En zonas de lluvias intensas, la pendiente transversal de la calzada puede aumentarse a 2,5%.

Banquina

Para facilitar el drenaje, la pendiente transversal de las banquetas puede variar entre 2 y 6 por ciento, recomendándose que sea al menos uno por ciento más que la pendiente transversal de calzada en secciones rectas.

4.5.4 Número mínimo de carriles

Al menos dos carriles en cada sentido, y más si es necesario para un nivel de servicio aceptable en el año de diseño.

4.5.5 Número de carriles básicos

Debe establecerse un número de carriles básicos y mantenerlo sobre todo el tramo o en una significativa longitud. Un conductor que opera en uno de los carriles básicos no debería tener que cambiar de carril para permanecer en el movimiento directo, excepto donde el carril derecho se termine como resultado de una reducción en el número total de carriles.

El número de carriles básicos se define como el número mínimo de carriles mantenidos sobre una significativa longitud de una ruta basada en las necesidades de capacidad de esa sección. Otra definición: es un número constante de carriles asignando a una ruta, sin contar los carriles auxiliares. Se deduce de la consideración de los volúmenes de tránsito de diseño y análisis de capacidad. El número de carriles básicos sólo cambia cuando hay un cambio significativo en el nivel general del volumen de tránsito en la ruta. Así, cortas secciones de la ruta pueden tener capacidad insuficiente, y el problema puede superarse mediante el uso de carriles adicionales. En el caso de capacidad disponible no se recomienda reducir el número de carriles porque con el tiempo, esas áreas podrían convertirse en cuellos de botella.

4.5.6 Pérdida y adición de carril

Se llama pérdida de carril al lugar donde se reduce el número de carriles básicos. Normalmente debe ocurrir en un sector de la autopista distante de turbulencias, tales como entradas y salidas de distribuidores.

Los carriles sólo deberían finalizar desde el lado externo-derecho. Si fuera necesario hacerlo sobre el carril izquierdo (no recomendado), debe mantenerse el ancho total de 3 m de la banquina izquierda hasta unos 100 m más allá de la pérdida de carril para dar un área de recuperación a los conductores directos que no hayan advertido anticipadamente la pérdida.

Ubicaciones para pérdidas y adiciones de carriles en autopistas rurales

Preferiblemente, la pérdida de un carril debe ocurrir alrededor de 600-900 m más allá del final de una entrada estándar. Esta distancia permite una señalización adecuada y los ajustes de los conductores una vez pasado el distribuidor, pero no tan lejos de él como para que los conductores recién ingresados no se acostumbren al número de carriles y se sorprendan por la finalización del carril. Estas pérdidas no deben ocurrir en una curva horizontal, o cuando se requiera señalización para otras circunstancias; p. ej., la salida próxima.

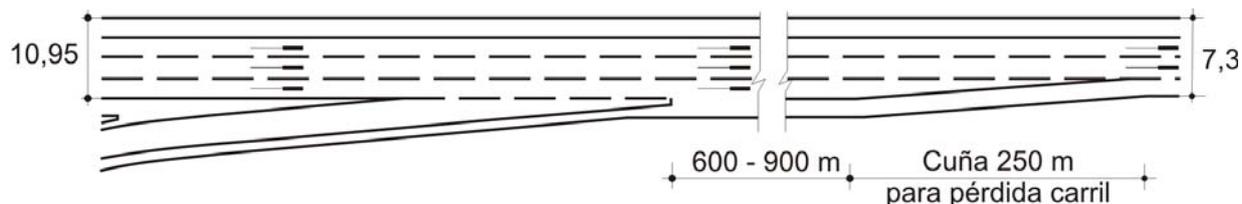


Figura 4.3 Típica caída de carril derecho en autopista

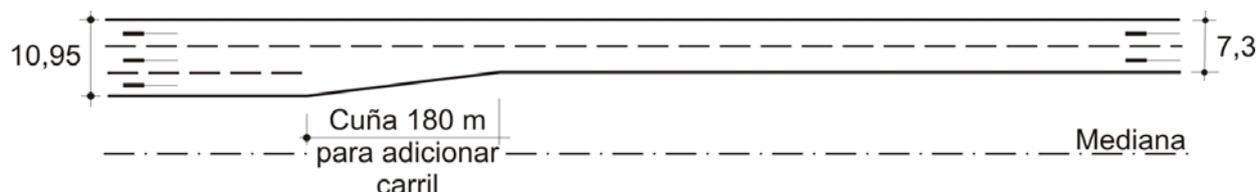


Figura 4.4 Típica adición de carril izquierdo en autopista

4.5.7 Continuidad y balance de carriles

Usualmente, la falta de continuidad de carriles es el resultado del cambio del número de carriles. La caída de un carril izquierdo directo en una salida (sin carril auxiliar) es un ejemplo de falta de continuidad de carril. El concepto de balance de carriles en las salidas y entradas es necesario para obtener una operación suave, reducir a un mínimo el cambio de carriles y clarificar las trayectorias a seguir. El número básico de carriles y el balance de carriles se coordinan mediante la adición de carriles auxiliares de suficiente longitud como para utilizar totalmente la capacidad de salida o entrada, y permitir la adecuada señalización anticipada.

Para promover el suave flujo de tránsito debe haber un adecuado balance de carriles en los puntos donde ocurran maniobras de convergencia (entradas) o divergencia (salidas). En esencia, debe haber un carril donde el conductor tenga la opción de un cambio de dirección sin necesidad de cambiar de carriles.

Se recomienda que el número de carriles después de una convergencia sea igual a la suma de los carriles que convergen menos uno (Figura 4.5).

Es el caso típico de una rama de un carril que converge con una calzada de dos carriles, p. ej. en un distribuidor tipo diamante. Después de la convergencia, la calzada continúa con dos carriles. Esta regla impide una rama de dos carriles inmediatamente convergiendo con la calzada sin la adición de un carril auxiliar.

Se recomienda que la suma del número de carriles después de una divergencia sea igual al número de carriles antes de la divergencia más uno (Figura 4.5).

La única excepción a esta regla es sobre cortas secciones de entrecruzamiento, tales como en los distribuidores tipo Trébol, donde es normal que haya un carril auxiliar a través de la sección de entrecruzamiento. Cuando dos carriles divergen desde la autopista, la regla anterior indica que el número de carriles de la autopista más allá de la divergencia se reduce en uno.

Esto puede usarse para hacer finalizar un carril básico para concordar con los flujos previstos más allá de la divergencia. Alternativamente, puede ser un carril auxiliar el que termina.

Los carriles básicos y el balance de carriles deben estar en mutua armonía, agregando o quitando carriles auxiliares según se requiera. El principio de los carriles básicos debe aplicarse siempre al usar carriles auxiliares. Los problemas operacionales en caminos existentes pueden atribuirse directamente a la falta de equilibrio de carriles y a la falta de mantenimiento de la continuidad de la ruta.

La aplicación del balance de carriles y la coordinación con el número básico de carriles se ilustra en la Figura 4.5.

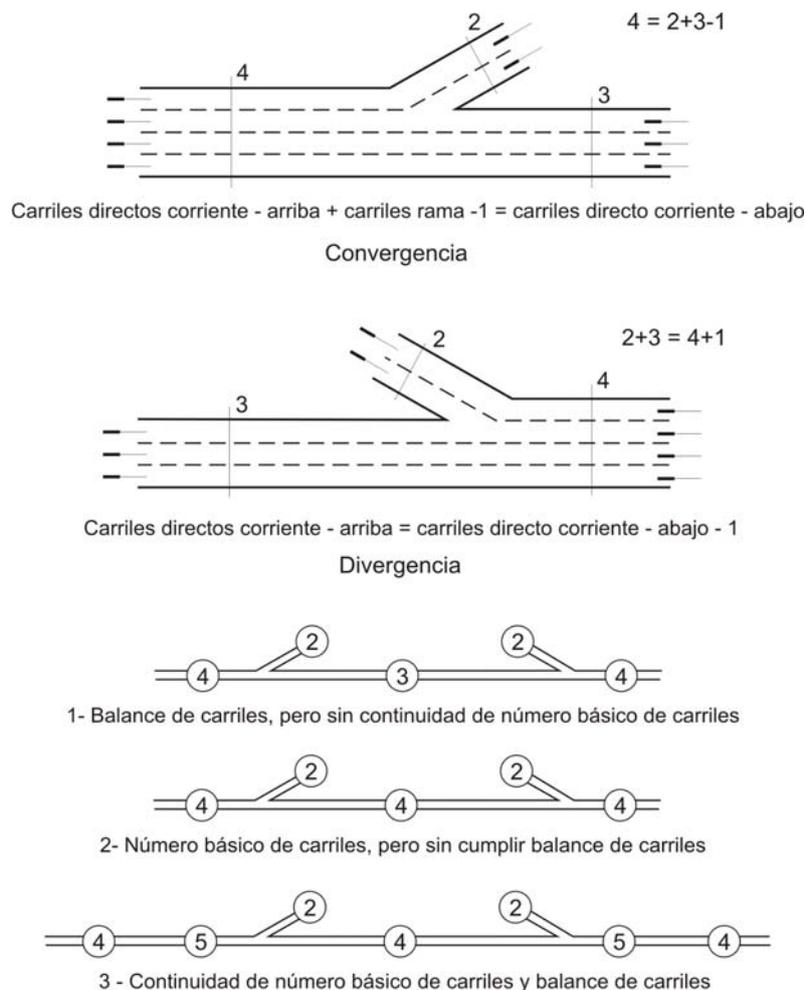


Figura 4.5 Coordinación entre balance de carriles y número básico de carriles

4.5.8 Zona despejada

En los [C3] y [C7] se da información general y de detalle sobre zona despejada.

4.5.9 Cordones montables

En las autopistas no deben usarse cordones no montables (cara frontal vertical). En casos de disponerse cordones montables (cara frontal inclinada y altura límite de 10 cm) para reforzar la delineación horizontal, no deben ubicarse más cerca que el borde exterior de la banquina y ni más cerca que la cara de una eventual baranda de defensa. Se procurará evitar la combinación cordón + baranda.

4.5.10 Franjas sonoras

Normalmente las franjas sonoras no se instalan en las autopistas; excepto que se justifiquen por un alto índice de accidentes por salida accidental desde la calzada de vehículos solos, en cuyo caso se ubicarán en el borde de banquina adyacente a la calzada. Las franjas sonoras transversales son adecuadas como advertencia anticipada en los accesos a las estaciones de peaje.

4.5.11 Taludes

Los taludes de tierra en la zona despejada deben ser por lo menos 1:4; preferiblemente 1:6 e idealmente 1:10. Se procurará aplanar los taludes críticos (vuelco) 1:3 para evitar la instalación de barandas.

Los taludes deben ser planos, parejos, de aristas redondeadas, ajustados a la topografía y según la zona de camino disponible. En secciones de corte o terraplenes de altura moderada (hasta 1,5 m) se recomiendan taludes 1:6 o más suaves. Donde las alturas de los terraplenes sean intermedias (1,5 a 3 m), pueden usarse taludes quebrados para proveer una zona inicial 1:6 para la recuperación de los vehículos accidentalmente desviados. Para terraplenes altos (mayor que 3 m), por razones económicas o geométricas pueden requerirse taludes empinados, protegidos por baranda de defensa. Los contrataludes 1:3 o más suaves permiten el normal tratamiento paisajístico con vegetación, las prácticas de control de erosión, y las tareas de mantenimiento. En los cortes en roca, los contrataludes pueden ser casi verticales, pero ubicados donde sea práctico como proveer una adecuada zona de recuperación para los vehículos errantes.

4.5.12 Cunetas

En el diseño de la *forma* del perfil transversal de las cunetas se dará prioridad a la seguridad, más que a la eficiencia hidráulica en su función de canal abierto, [C3].

4.5.13 Zona de camino

El ancho de la zona de camino será suficiente como para acomodar los elementos de la sección transversal de la plataforma, y requeridas pertenencias necesarias para una vía adecuada en el año de diseño y para los mejoramientos futuros conocidos. Se mantiene el ancho indicado para zona rural en las normas VN67/80: 150 m.

4.6 MEDIANAS

4.6.1 General

La mediana se define como una *franja del camino no usada normalmente por el tránsito vehicular, que separa carriles de tránsito opuestos*. Implícita en la definición está la inclusión en la mediana de las banquetas internas-izquierdas y los espacios libres. Las medianas adoptan diversas formas según:

- Ubicación en zonas rurales o urbanas
- Espacio disponible, y prioridades para su uso

Las medianas pueden construirse como parte del diseño de la sección transversal original o agregada más tarde, al cambiar las circunstancias.

Funciones principales:

- Separar corrientes de tránsito opuestas para mitigar graves choques frontales
- Reducir el deslumbramiento de faros
- Área de recuperación de vehículos errantes
- Área de detenciones de emergencia
- Reducir la turbulencia de aire entre tránsitos opuestos
- Acomodar las diferencias de nivel entre las calzadas
- Brindar espacio para mejorar el atractivo visual mediante el ajardinamiento
- Área para ubicar señales en el lado izquierdo de las calzadas, para reforzar las señales del lado derecho.

4.6.2 Criterios de justificación

La mediana es un elemento esencial e insustituible de las autopistas.

Los criterios para diseñar (configurar y dimensionar) las medianas dependen de:

- Zona rural o urbana
- Limitaciones del espacio disponible
- Restricciones económicas y financieras

Normalmente, las medianas no se instalan en caminos de menos de cuatro carriles.

La modificación de cuatro carriles indivisos para dar cabida a medianas, es difícil y costosa, pero puede justificarse económicamente por razones de seguridad vial (fundamentalmente por eliminar los choques frontales).

Las dificultades causadas por grandes diferencias de nivel transversalmente a la zona de camino pueden mitigarse mediante un tratamiento diferenciado por calzada. En zona montañosa, utilizar calzadas separadas con medianas variables puede reducir significativamente el movimiento de suelos. Diseñar rasantes independientes puede ayudar a ajustarse más armoniosamente al paisaje.

4.6.3 Anchos

Criterios para fijar el ancho

Raramente los entornos rurales del camino impiden elegir el diseño de la mediana. Para autopistas rurales, las medianas adoptan diversos anchos según:

- Características de seguridad de los caminos considerados
- Para que forme parte de la zona despejada, datos o deducciones estadísticas sobre la distribución y distancias alcanzadas por las invasiones hacia la izquierda de vehículos solos desviados accidentalmente
- Volúmenes de tránsito y niveles de servicio (*)
- Restricciones de distancia visual de detención en las curvas izquierda por dispositivos de contención de vehículos desviados u otras obstrucciones
- Incremento futuro de carriles a expensas de la mediana
- Apoyos de estructuras y de señalización
- Excavaciones y rellenos
- Drenaje
- Iluminación
- Costos de expropiaciones
- Experiencia de la DNV

(*) La prognosis que proporcionan los estudios de tránsito está sujeta a incertidumbres difíciles de valorar. A menudo puede haber necesidad de ampliar la capacidad de una autopista antes de que llegue el año de diseño. Puede no ser conveniente realizar la ampliación a expensas de la mediana, sobre todo si ello conduce a que quede de ancho restringido.

En consecuencia, el ancho mínimo de la mediana, para autopistas rurales de velocidad V entre 110 y 130 km/h será:

Autopistas 2+2 / 3+3 definitivo	16 m
Autopistas 2+2 / 3+3 previstas para ampliación 3+3 / 4+4	23 m

En las zonas donde la compra de zona de camino sea de bajo costo, la mediana podrá ser de unos 40 m de ancho. Cuanto más ancha, mayor comodidad y seguridad. Las dimensiones anteriores deben utilizarse como guías; donde no haya altas restricciones por ancho de zona de camino y volumen de tránsito, los 16 m pueden tomarse como un ancho mínimo deseable. Cuando los costos de proveer medianas anchas sean altos, p. ej., por el costo de la adquisición de tierra o por terraplenes significativos, puede reducirse el ancho. El criterio esencial debe ser la eficiente utilización de los fondos.

Los gastos excesivos en un proyecto (p. ej., para eliminar pequeños porcentajes marginales de accidentes por cruce de mediana) podría significar el abandono de mejoras más fundamentales y de disposiciones de seguridad en otros caminos, con una reducción de los beneficios comunitarios globales.

Donde no puedan proveerse los anchos de mediana deseables, pueden utilizarse barreras centrales, para proteger contra los potenciales graves accidentes frontales por cruce de mediana. Alrededor de unos 4 m se considera el ancho mínimo para proveer, p. ej., banquetas interiores de 1,5 m y barrera de 1 m de ancho. En general, el ancho de las medianas rurales no debe ser menor que 9 m.

Recomendaciones para puentes paralelos:

Desde el punto de vista de la seguridad resulta conveniente cerrar los espacios abiertos entre puentes paralelos. En las autopistas donde haya previsión de pronta ampliación de un carril más por sentido, se recomienda diseñar puentes de estructura única para mediana de hasta 10 m de ancho, y estructuras independientes para medianas de ancho mayor.

4.6.4 Configuración

Las medianas pueden ser elevadas o deprimidas. Las secciones transversales tipo se muestran en la [S4.8]. Las medianas deprimidas son preferibles para el entorno de mayor velocidad de los caminos rurales, donde por lo general pueden adoptarse medianas amplias. De día y de noche, las medianas deben distinguirse claramente de los carriles. Por lo general, las medianas rurales sin pavimentar cumplen este requisito, sin necesidad de tratamiento específico. Las banquetas interiores pavimentadas pueden tener tratamientos con material de color o textura contrastante, o con rayas adecuadas.

4.6.5 Pendiente transversal

En general, las medianas de autopistas rurales deben ser tan planas como sea posible, atendiendo a las necesidades del drenaje, un valor típico es 1:6. En zona llana, la pendiente longitudinal para el desagüe de la cuneta central suele obtenerse mediante la variación de los taludes entre 1:10 en la divisoria y 1:4 en el desagüe transversal (alcantarilla o sumidero). Se puede obtener un drenaje de la mediana seguro para el tránsito e hidráulicamente eficiente atendiendo las recomendaciones del [C3].

4.6.6 Banquetas de mediana

Medianas deprimidas

Son deseables banquetas internas-izquierda (de mediana) de 3 m de ancho total, de por lo menos 1 m pavimentado. Esto da a los conductores una zona segura donde recuperarse de pequeñas desviaciones, minimiza el desgaste del borde del pavimento, y facilita la detención de vehículos descompuestos.

Medianas elevadas

Son deseables medianas de dimensiones similares a las recomendadas para medianas deprimidas. Debería pavimentarse la mediana y desaguarla hacia la calzada, o ser drenante.

4.6.7 Tratamiento superficial y ajardinamiento

Las medianas deben parecer atractivas y estar según el tratamiento estético general de todo el camino. Por lo tanto, el tratamiento de la superficie resulta de un equilibrio entre la facilidad de mantenimiento, el costo inicial y la apariencia estética. Puede adoptarse cualquier forma de tratamiento, siempre que:

- Las medianas se distingan claramente de las calzadas adyacentes
- No exista ningún efecto perjudicial sobre la seguridad vial, y
- El mantenimiento se reduzca al mínimo, en aras de la economía y la seguridad del personal de mantenimiento

Generalmente, es mejor dejar a las medianas en su estado natural, dado que así se minimiza la alteración del entorno y los costos de construcción y mantenimiento. Tanto para la vegetación natural y plantaciones especiales que se utilizan en las medianas, puede ser conveniente un equilibrado y adecuado tratamiento paisajístico. Toda la plantación en esta zona debe restringirse a las especies que no alcanzan tallo o tronco de diámetros mayores que unos 8 cm.

4.6.8 Desagüe***Desagüe longitudinal***

Generalmente, el desagüe de las medianas deprimidas se hace mediante cunetas en “V” centrales o cunetas de solera plana. Sus capacidades se rigen por las secciones transversales de la mediana y las pendientes longitudinales. En caso de socavación probable, se requerirá algún tipo de revestimiento.

Las medianas elevadas suelen desaguar mediante drenes granulares. Sin embargo, la calzada exterior requerirá drenaje adicional en las curvas peraltadas.

Desagüe transversal

Deben usarse estructuras de embocadura adecuadas y seguras, con la incorporación de rejillas inclinadas, sin muros de cabecera, para transferir el flujo desde las cunetas longitudinales a drenes transversales, desagües entubados o alcantarillas transversales; [C7].

4.6.9 Dispositivos de contención (*)***Barrera de defensa***

El motivo principal de la instalación de una barrera de defensa en la mediana es la eliminación de los accidentes frontales por cruce.

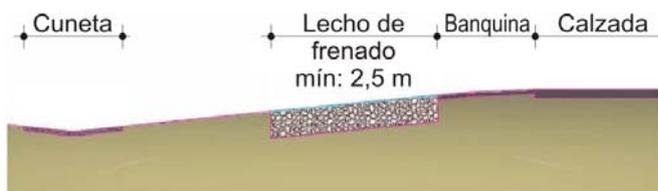
La paradoja es que la propia barrera constituye un obstáculo, y los conductores de alguno de los vehículos que chocan contra ella podrían haber recuperado el control de su vehículo si la barrera no se hubiera interpuesto en su trayectoria. Así que la decisión de instalar una barrera en la mediana es el fruto de un equilibrio entre diversos factores contrapuestos. El resultado de este equilibrio es el criterio de instalación de barreras expuesto en el [C7].

Lecho de frenado

Otra posibilidad para evitar la invasión de la calzada contraria puede ser la instalación de un lecho de frenado para reducir la velocidad de un vehículo que penetre en la mediana. Su eficacia quedó demostrada también en los autódromos.

Este lecho no presenta problemas desde el punto de vista de la visibilidad en las curvas a la izquierda; y resulta más económico que una barrera de defensa.

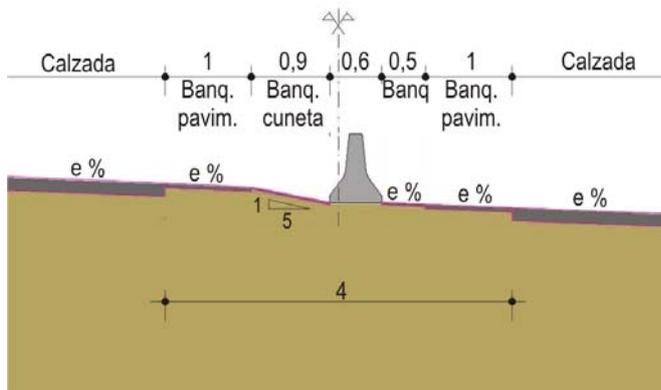
Lecho de frenado en una mediana



4.6.10 Mediana de ancho restringido (*)

Si la mediana es de ancho restringido, se recomienda:

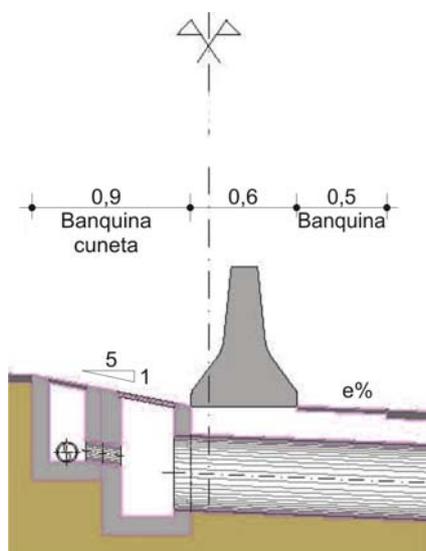
- Separar las calzadas con una única barrera de seguridad de hormigón, con dos caras, dispuesta excéntrica en las curvas para lograr la máxima capacidad posible en la cuneta contigua a la calzada exterior, y mejorar la visibilidad.
- Prolongar la plataforma (con su inclinación transversal) de la calzada interior, disponiendo además una banquina mínima de 0,5 m.
- Por el lado de la calzada exterior, disponer una banquina-cuneta con una inclinación no superior a la máxima compatible con la seguridad de un vehículo (1:5), sin que sus dimensiones varíen con el peralte.



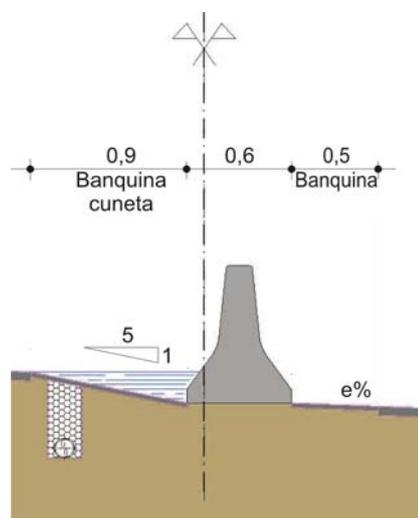
Banquina-cuneta con barrera excéntrica en una mediana restringida.

- Por la dificultad de su mantenimiento, eliminar los colectores longitudinales, las cunetas revestidas con sumidero continuo, y las ranuras o pasos bajo la barrera de hormigón.
- Disponer unos sumideros en los puntos de máxima capacidad de la banquina-cuneta, para desaguar a un colector transversal que salga al talud del relleno, o a un sumidero de la cuneta de desmonte protegida por una rejilla.

Donde sea preciso disponer un drenaje de la estructura del pavimento para recoger infiltraciones, debe ir al borde de la banquina, con sumideros de reja horizontal con descarga transversal.



Desagüe transversal de la banquina-cuneta en una mediana restringida



Drenaje del pavimento junto a una mediana restringida

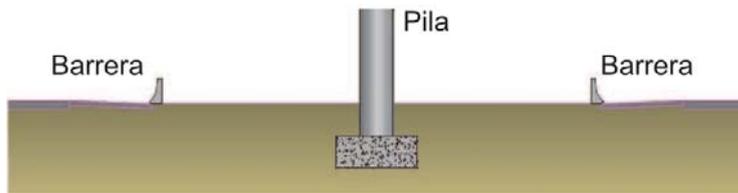
4.6.11 Elementos longitudinales continuos (*)

Tanto las barreras situadas en la mediana como las plantaciones que se disponen como tratamiento paisajístico o para reducir el deslumbramiento se deben diseñar (tipo y posición) y mantener de manera que se eviten reducciones de la visibilidad que incidan en la seguridad. Así, en una curva conviene disponerlas más cerca de la calzada interna.

A partir de un determinado ancho, se puede prescindir de los dispositivos para paliar el deslumbramiento. Se deben tener en cuenta explícitamente los desniveles que se puedan producir en el caso de una ampliación del número de carriles, de manera que se evite la necesidad de disponer muros. Los muros paralelos al camino situados en sus costados o en la mediana deben estar retranqueados, de manera que se eviten reducciones de la visibilidad que incidan en la seguridad. Asimismo, si pudieran ser alcanzados por un vehículo errante, su parte inferior debe estar protegida por una barrera de seguridad o por un lecho de frenado, o mejor tener la forma de una barrera de seguridad rígida.

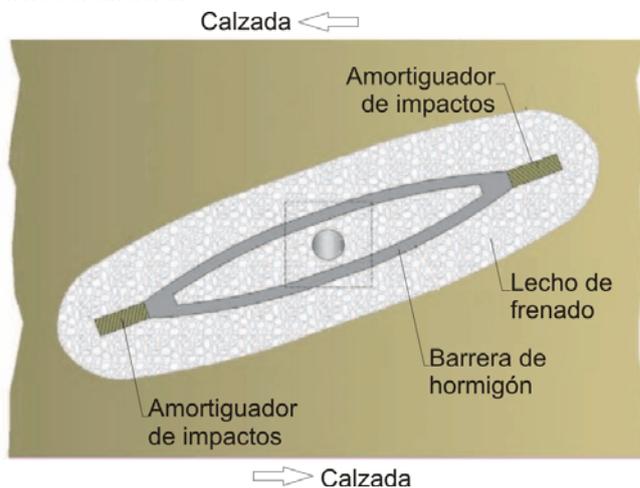
4.6.12 Ubicación de pilas y estribos (*)

A veces los apoyos se sitúan cerca de la plataforma, para disminuir la luz del tablero, y proteger a los usuarios mediante barreras de seguridad (preferentemente de hormigón).



Protección convencional de una pila

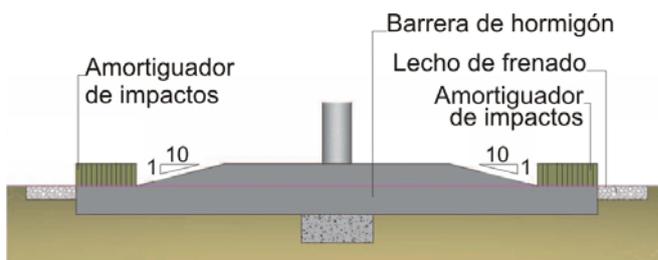
Si se desea mantener la zona de seguridad en las inmediaciones de los apoyos de un puente, aumentar la luz central y evitar la presencia de pilas en la mediana (o de estribos junto a la plataforma) deben valorarse explícitamente los costos debidos a la siniestralidad.



Protección alternativa de una pila. Planta

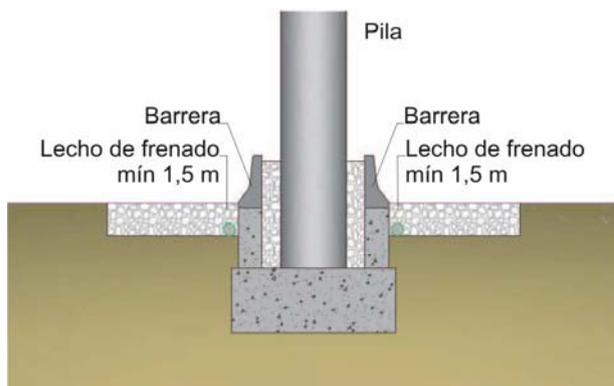
Las barreras de seguridad de hormigón que protegen a los usuarios del choque contra una pila se pueden acercar más a ésta y disponer paralelas al eje del camino, protegiendo sus extremos con amortiguadores de impacto y añadiendo lechos de frenado perimetrales, para complementar el sistema de contención de vehículos.

En una mediana muy amplia, una pila puede considerarse un obstáculo menor. En una curva, una pila en el centro de la mediana puede perjudicar la visibilidad de los conductores que circulen por la calzada exterior, por lo que una alternativa sería descentrarla hacia la parte interior de la mediana.



Protección alternativa de una pila. Perfil

Los estribos contiguos a la plataforma perjudican la visibilidad disponible en una curva a la derecha y reducen o anulan la zona de seguridad. Los muros de acompañamiento representan un peligro especial, pues un vehículo que abandone la plataforma los chocará frontalmente.

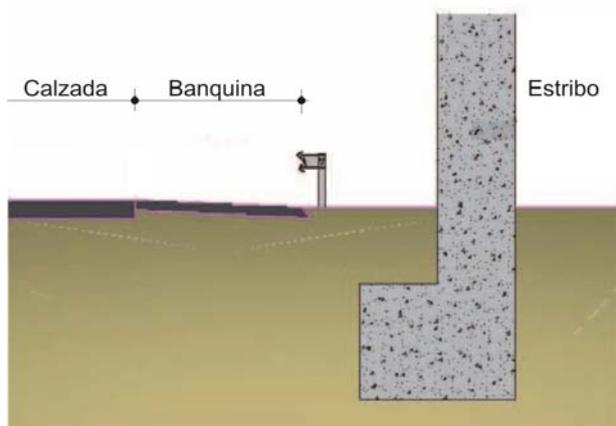


Protección alternativa de una pila. Sección.

Resultan mejores los estribos abiertos: la visibilidad es mayor, y el talud puede no representar un obstáculo peli-

groso si no es muy inclinado.

Es habitual proteger a los usuarios del choque con un estribo mediante una barrera de defensa. Igual que en las pilas, se pueden complementar con unos *lechos de frenado* cuyo ancho se puede reducir hasta 1,5 m.



Protección convencional de un estribo. Sección.

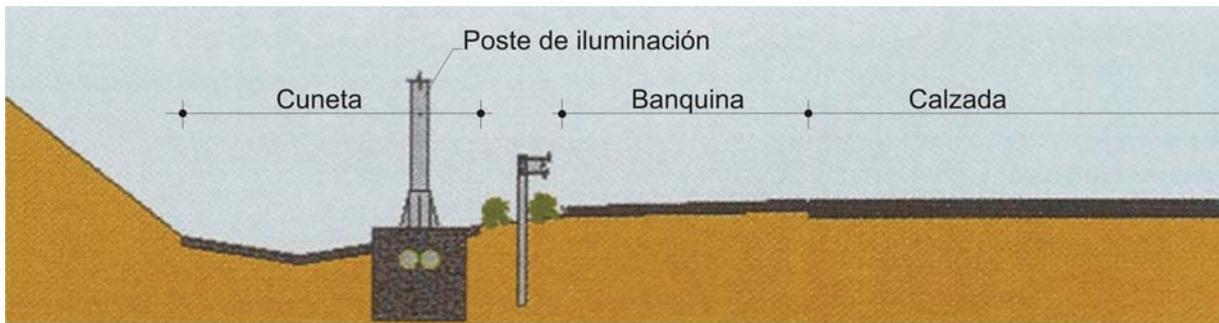
Los lechos de frenado no se pueden disponer contiguos a la calzada sin que se interponga una banquina; de lo contrario el material del lecho podría invadir la plataforma.

(*) Adaptado de *La sección transversal de las carreteras: un diseño orientado a la seguridad* – Alfredo García García, Sandro Rocci, Jorge Mijangos y Fernando Pedraza – Revista Rutas de España N° 120; Revista Carreteras N° 187, Asociación Argentina de Carreteras.

4.6.13 Prácticas inadecuadas (**)

Debe coordinarse el proyecto de la sección transversal de las autopistas para reducir la necesidad de barreras, que con otros diseños se podrían haber evitado.

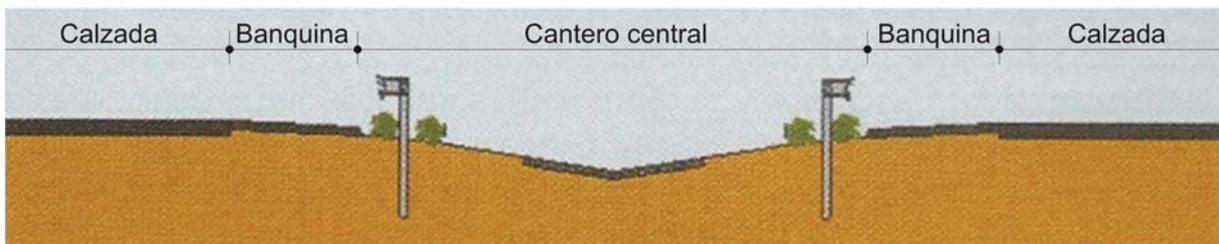
Algunos defectos frecuentes



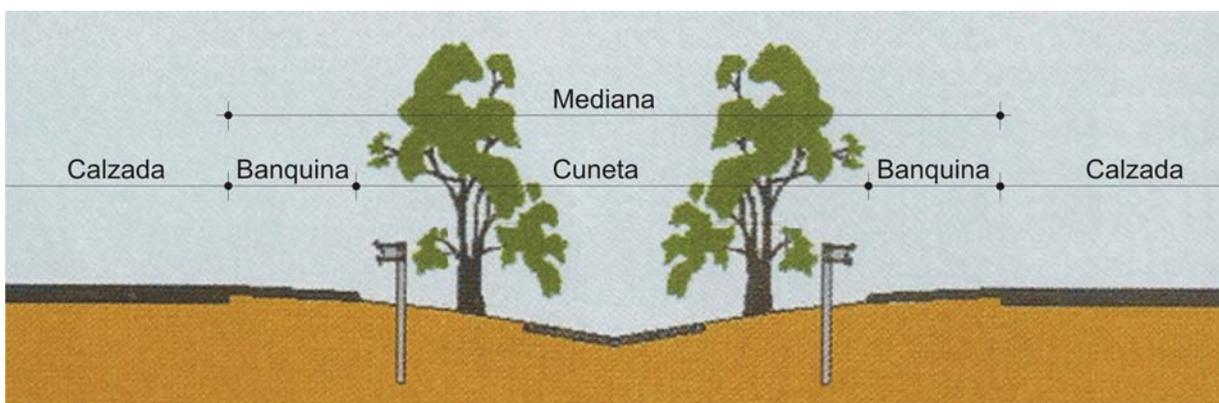
- Cunetas de seguridad detrás de postes de iluminación. Entonces es preciso disponer barreras de seguridad que eviten el choque de un vehículo con ellos. Pero situar los postes detrás de la cuneta aleja la luminaria de la calzada, lo cual exige aumentar su potencia y consumo, a no ser que el soporte tenga un voladizo mayor.



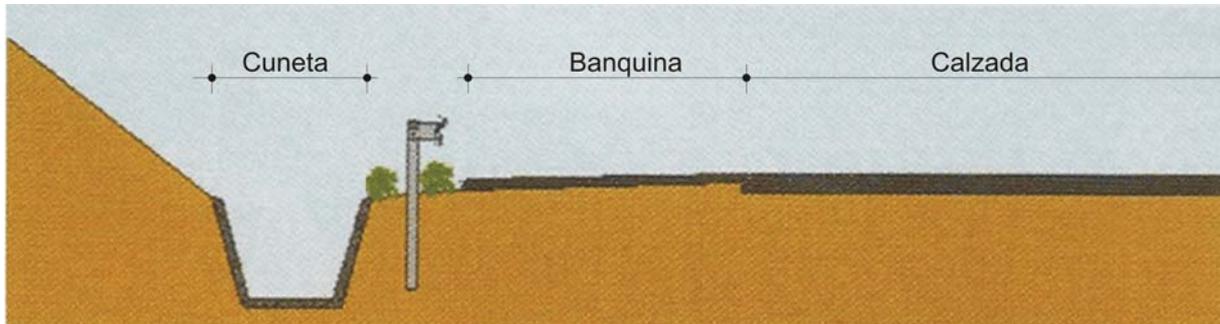
- Cunetas excesivamente profundas en una mediana ancha, que obligan a disponer barreras de seguridad.



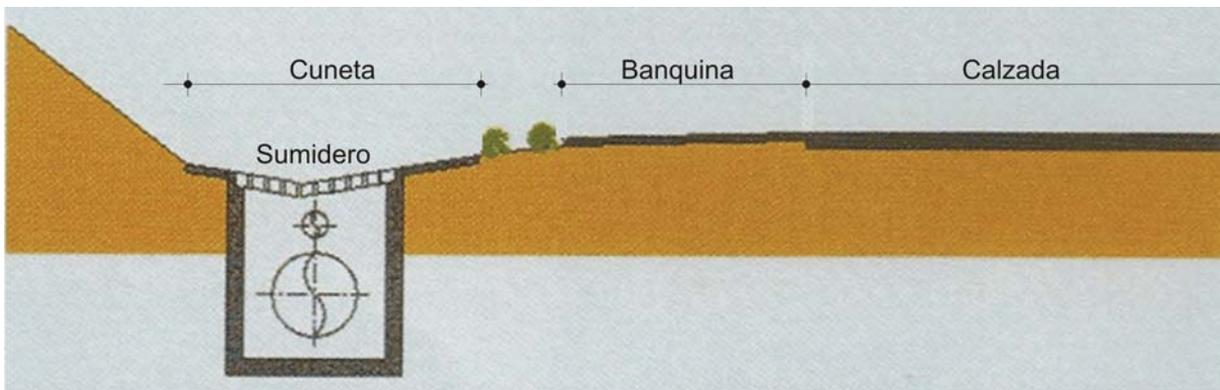
- Medianas con barreras de defensa que podrían haberse evitado con medianas más anchas.



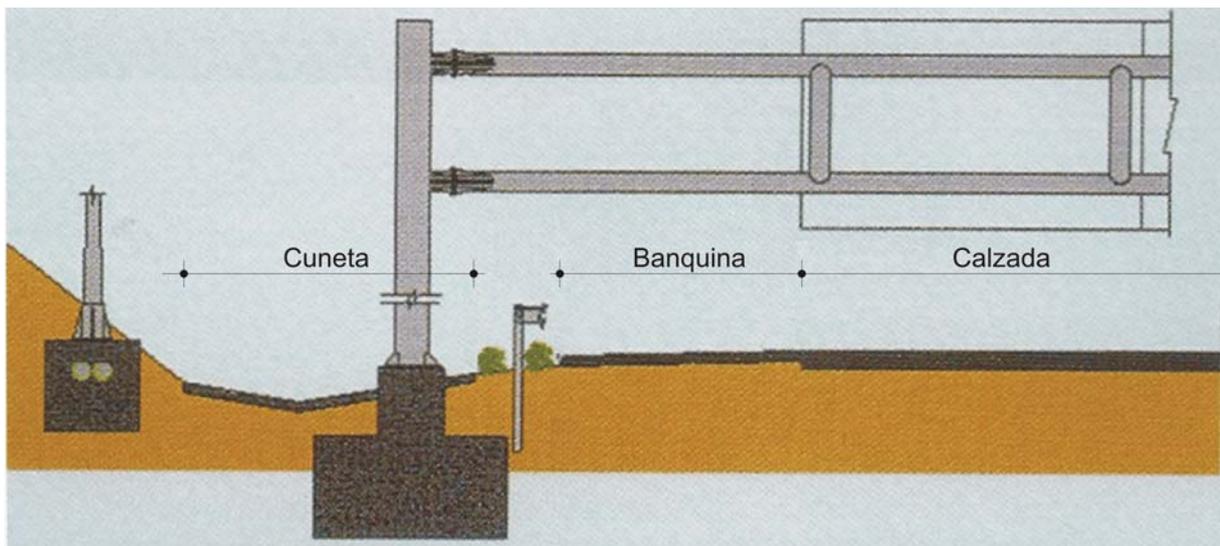
- Árboles con troncos gruesos (> 8 cm) que obligan a protegerlos con barreras de seguridad.



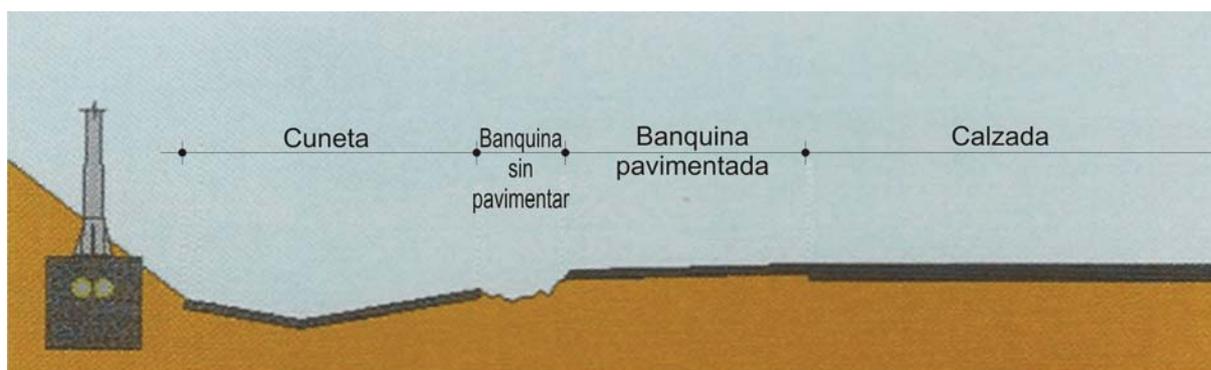
- Cunetas inaccesibles a la limpieza mecanizada.



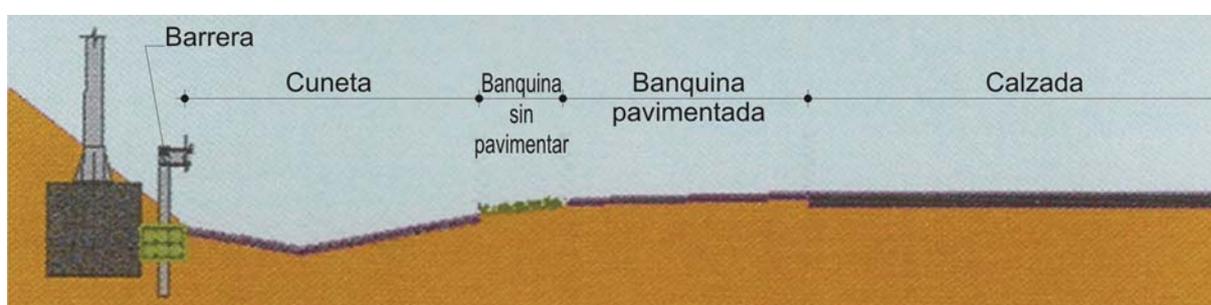
- Sumideros muy grandes en cunetas de seguridad, cuyas rejillas no puedan soportar un vehículo pesado.



- Pórticos para señalización e ITS, no alineados con los postes de iluminación. Hay que estudiar las trayectorias posibles de salida de un vehículo de la calzada.



- Banquinas degradadas entre la banquina pavimentada y una cuneta revestida. Esto puede ser por un defecto de proyecto en la definición de su acabado, pero también a un mantenimiento defectuoso.



- Barreras de defensa en posiciones incompatibles con los conductos para la iluminación y las comunicaciones. Estas circunstancias son frecuentes: a menudo resulta casi imposible colocar todas las cámaras y conductos necesarios, cada vez más numerosos. La dificultad es mayor sobre un terraplén.

Consecuencias

La consecuencia de los defectos anteriores es que el usuario termina circulando entre dos barandas longitudinales de defensa, situadas al borde de las banquetas, con una clara sensación de hallarse enjaulado. Al estar las barandas al borde de la plataforma, la frecuencia de impactos con ellas es mayor que si se hallaran más lejos o no existieran.

4.6.14 Prácticas adecuadas ()**

Para mejorar las situaciones planteadas se indican las siguientes actuaciones:

- Utilización de plantaciones no peligrosas para caso de impactos (arbustos), tanto en la mediana como en los laterales.
- Adecuada compensación del movimiento de suelos: si faltan tierras, se pueden aumentar los cortes en los desmontes; si sobran, se pueden adosar a los terraplenes unos espaldones. En ambos casos se consiguen unas banquetas más anchas y taludes más tendidos.

- Retranqueo de las columnas de iluminación y de los postes SOS a una distancia que no necesite barreras de seguridad. Por lo tanto, únicamente se disponen barreras de seguridad para evitar el choque de un vehículo con los pórticos de señalización vertical y los puentes.

La recomendación sería que, en lugar de que cada técnico diseñe independientemente los elementos de su especialidad y luego se superpongan los diseños, se coordinen desde un principio para que, entre todos, se diseñe una plataforma lo más segura posible para el usuario. Se aconseja coordinar las normas particulares de cada especialidad para no entorpecer el objetivo común de mayor seguridad, considerando el conjunto de factores y variables en juego: costos, mantenimiento y conservación, ocupación de terrenos.

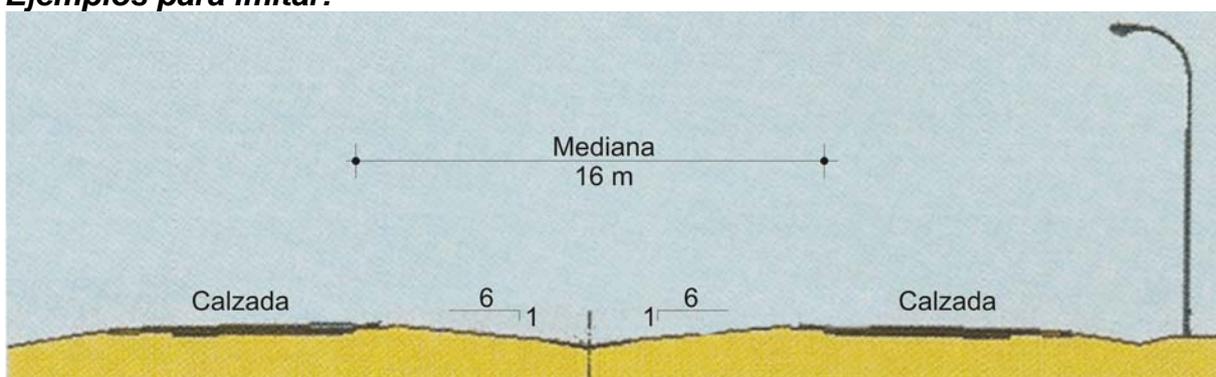
Coordinación

Ejemplo de sección transversal de autopista con dos calzadas centrales y dos calzadas frentistas; diseño coordinado para satisfacer los principios enunciados. Zona de camino amplia de unos 150 m para diseñar una sección transversal libre de obstáculos, para obtener:

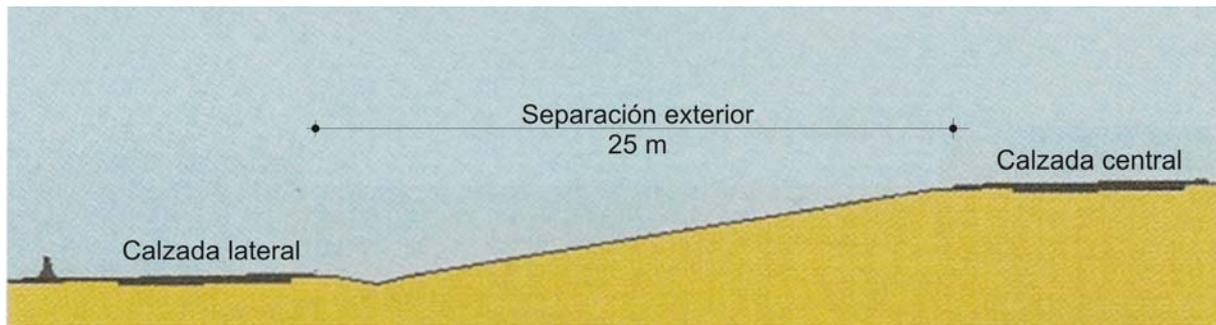


- seguridad de circulación
- comodidad de los usuarios
- conservación fácil y mecanizada

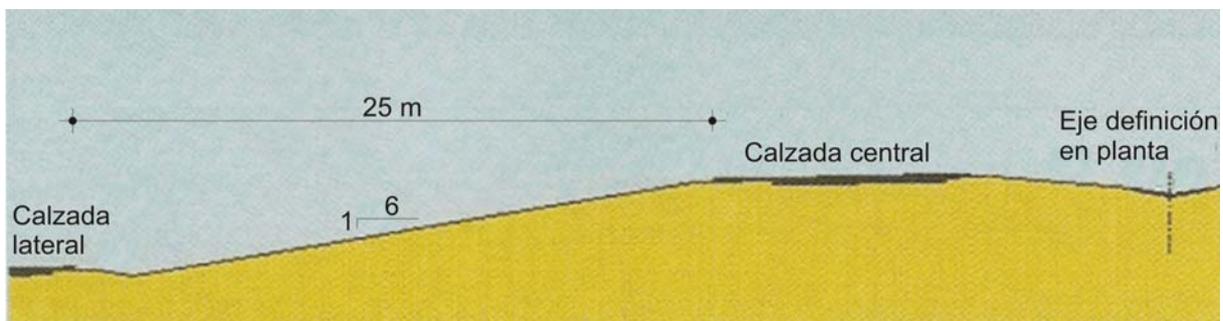
Ejemplos para imitar:



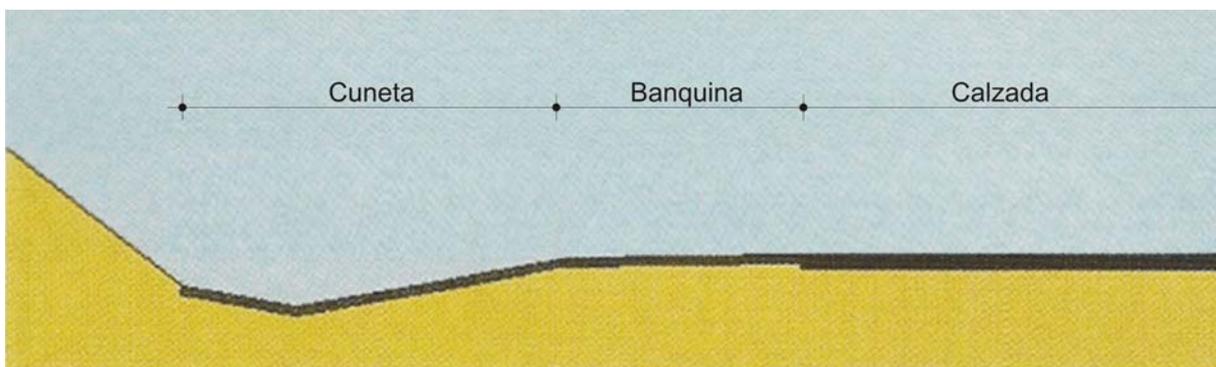
- Mediana central de 16 m; no precisa barreras de seguridad



- Separaciones exteriores de 25 m; no necesitan barreras de seguridad.



- Costados de la plataforma transitables por un vehículo errante.
Inclinación del talud de la mediana central: 10%.
Inclinación de taludes laterales: 1:6.



- Banquinas pavimentadas, y cunetas accesibles para limpieza mecánica

(**) Adaptado de *Estudio Integral de la Plataforma de una Autopista y sus Márgenes* - Asociación Técnica de Carreteras de España - Revista Rutas de España N° 108; Revista Carreteras N° 181 – Asociación Argentina de Carreteras.

4.6.15 Secciones transversales típicas de medianas rurales

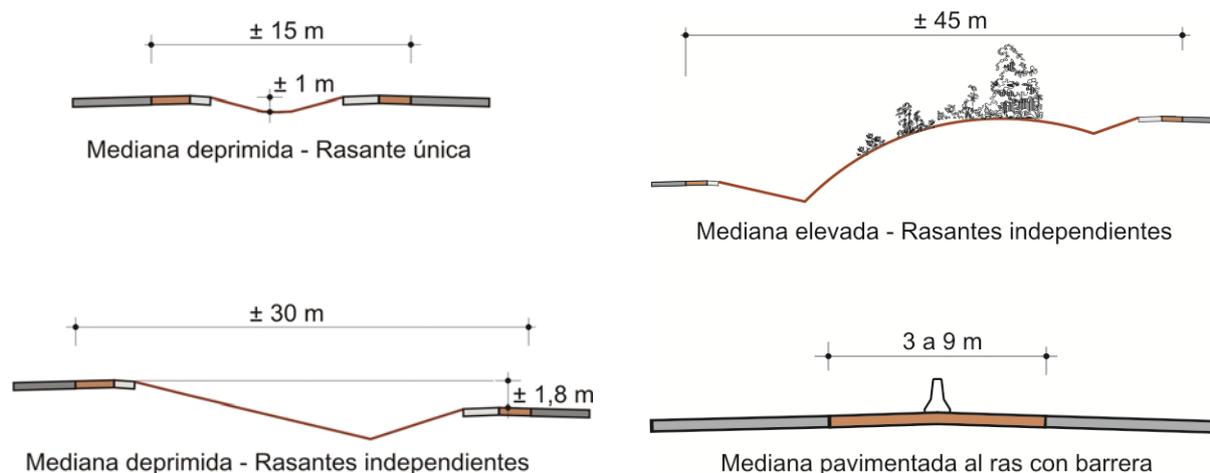


Figura 4.6 Secciones transversales típicas

4.6.16 Cruces de emergencia

Normalmente, para evitar viajes a los vehículos de emergencia y vigilancia, en las autopistas rurales se proveen cruces de emergencia donde el espaciamiento entre distribuidores supera los 8 km. Entre distribuidores, los cruces de emergencia se separan a intervalos de unos 5 a 6 km. Pueden requerirse cruces para mantenimiento en uno o ambos extremos de las vías de los distribuidores. Se recomienda que los cruces de mantenimiento o emergencia no se ubiquen a menos de 450 m del extremo de una cuña de carril de cambio de velocidad de una rama, o de cualquier estructura. Los cruces deberían ubicarse sólo donde se provea distancia visual de detención mayor que la mínima, y es aconsejable que no se ubiquen en las curvas peñaltadas.

El ancho del cruce debe ser suficiente para proveer movimientos de giro seguro y tener una superficie capaz de soportar el equipo de mantenimiento usado. Se recomienda que el cruce sea deprimido debajo del nivel de banquina para que no sea notable al tránsito y tener taludes laterales 1:10 o más tendidos para minimizar su efecto como un obstáculo para un vehículo sin control. No debería ubicarse en medianas de ancho restringido, a menos que sea suficiente para proveer la longitud del vehículo de mantenimiento, unos 7 m. Donde se empleen barreras de mediana, cada extremo de la misma en la abertura del cruce debe ser a prueba de choques.

4.7 AMPLIACIÓN DE CALZADAS

El número de carriles en un segmento de autopista influye directamente en la congestión y seguridad del tránsito. La ampliación de una autopista para dar carriles adicionales en varios kilómetros es una reconstrucción importante. Algunos "cuellos de botella" (capacidad insuficiente en distancias cortas), pueden eliminarse con bajo costo mediante la adición de carriles.

4.7.1 Carriles auxiliares

Los carriles auxiliares se adosan contiguos a la calzada principal para cambiar velocidad, girar, entrecruzarse, ascenso de camiones, maniobras de entrada y salida, y otros fines complementarios a la circulación. Equilibran la carga de tránsito y mantienen un nivel de servicio más uniforme; [Capítulo 5 INTERSECCIONES].

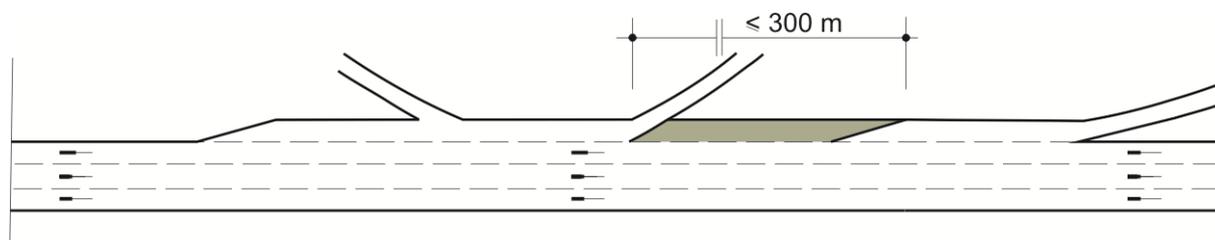


Figura 4.7 Adición de un carril auxiliar

Se recomiendan lo siguiente:

- El ancho de un carril auxiliar debe ser igual al de los carriles básicos, y la banquina debe mantenerse con su ancho normal.
- La eficiencia operativa puede mejorarse mediante el uso de un carril auxiliar continuo entre una entrada y la salida siguiente, donde los distribuidores están muy próximas entre sí. Cuando los distribuidores están espaciados, no es práctico ni necesario ampliar el carril auxiliar de un distribuidor al siguiente.

4.7.2 Ampliación sin agregar carriles

La ampliación del camino sin añadir carriles puede mejorar las operaciones, la capacidad y la seguridad. P. ej., AASHTO analiza la ampliación de la calzada (sobreeancho) en curvas horizontales para que las condiciones de funcionamiento en las curvas resulten comparables con las de la recta [SS3.5.6].

En las calzadas de dos carriles indivisos y curvas cerradas hay una necesidad real de sobreeancho. Pero en las autopistas modernas con carriles de 3,65 m y alineamientos suaves, la necesidad de sobreeanchos en curvas disminuye considerablemente. Sin embargo, para algunas condiciones límites de velocidad, curvatura y ancho de calzada sigue siendo conveniente ampliar el ancho de calzada en curvas. Los valores de diseño ($\geq 0,5$ m) se deben tomar del [C3].

4.7.3 Carriles adicionales sin ampliación

Una práctica que debe desalentarse es ampliar el número de carriles a expensas de las banquetas, con lo cual se crean problemas de seguridad. En esos casos, se puede recurrir a otros arbitrios para aumentar la capacidad; p. ej., asignación de carriles exclusivos para vehículos de alta ocupación: VAO, [C8].

4.8 SECCIONES TÍPICAS

4.8.1 Ejemplos

Las Figura 4.8 a Figura 4.13 ilustran secciones transversales típicas de autopistas diferentes.

C: Calzada

M: Mediana

BEP: Banquina externa pavimentada

BES: Banquina externa sin pavimentar

BIP: Banquina interna pavimentada

BIS: Banquina interna sin pavimentar

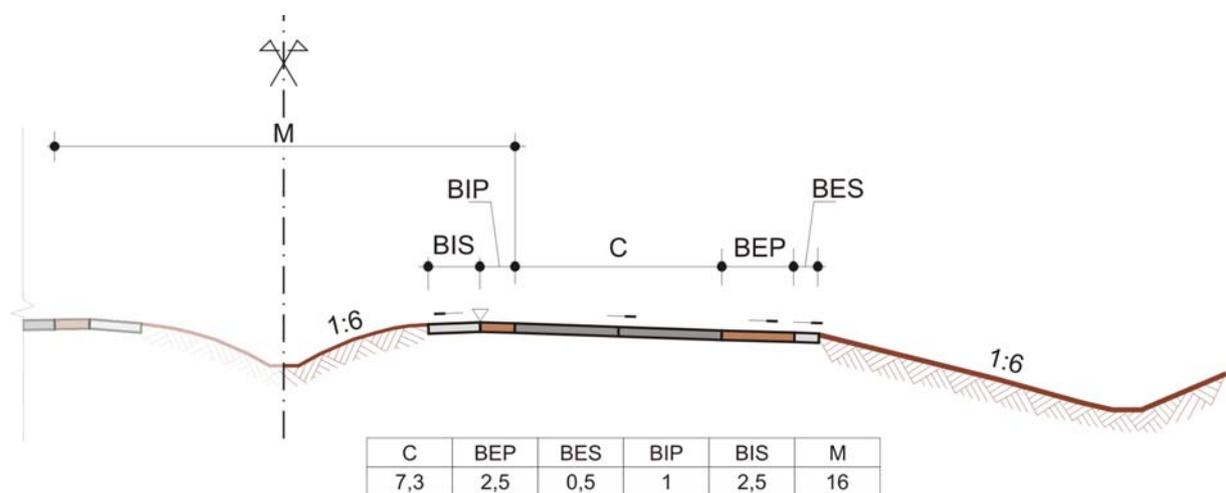


Figura 4.8 Sección típica para autopista de 4 carriles.
Mediana deprimida

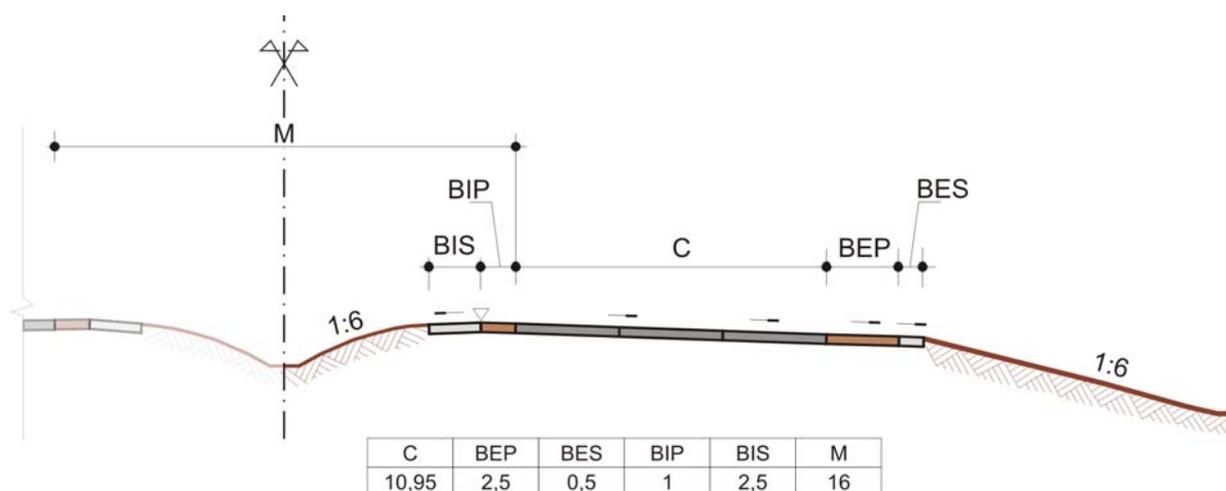


Figura 4.9 Sección típica para autopista de 6 carriles.
Mediana deprimida

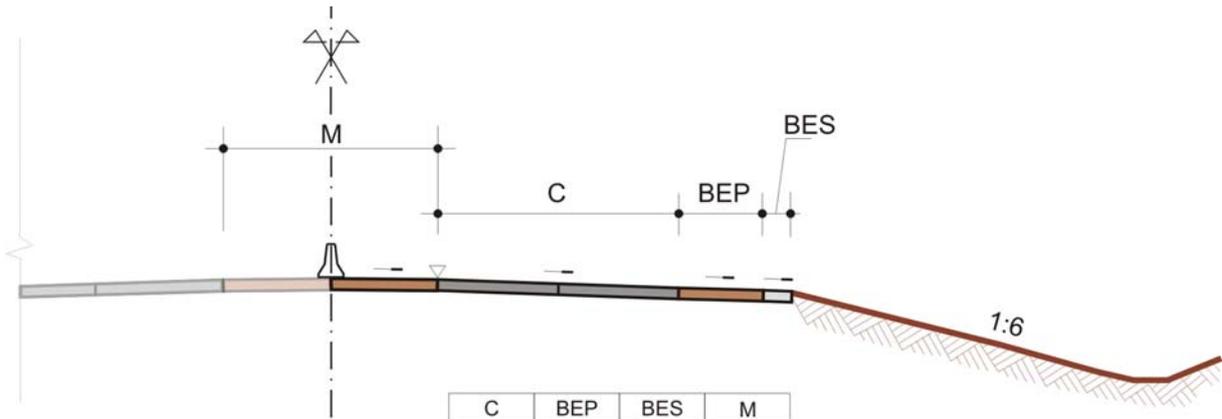


Figura 4.10 Sección típica para autopista de 4 carriles.
Mediana a nivel con barrera de hormigón

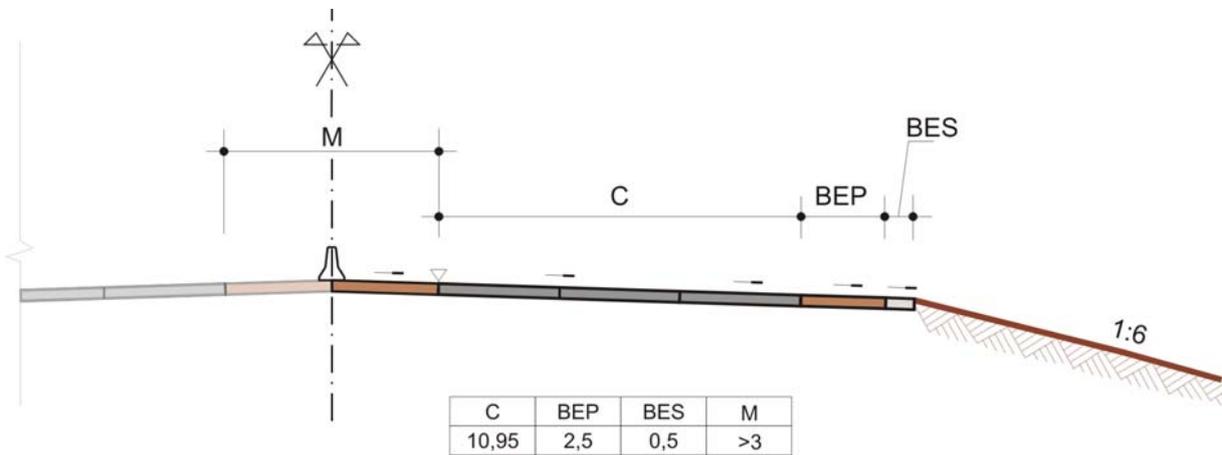


Figura 4.11 Sección típica para autopista de 6 carriles.
Mediana a nivel con barrera de hormigón

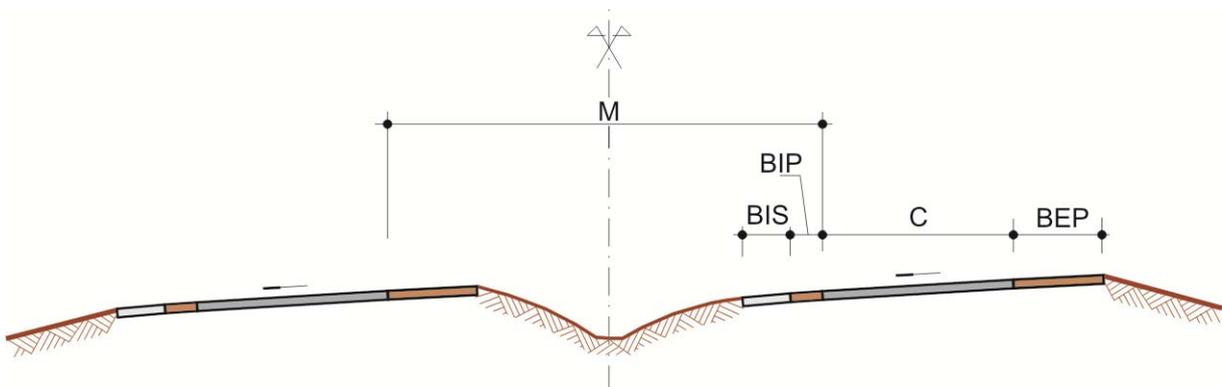


Figura 4.12 Sección típica para autopista peraltada.
Mediana deprimida

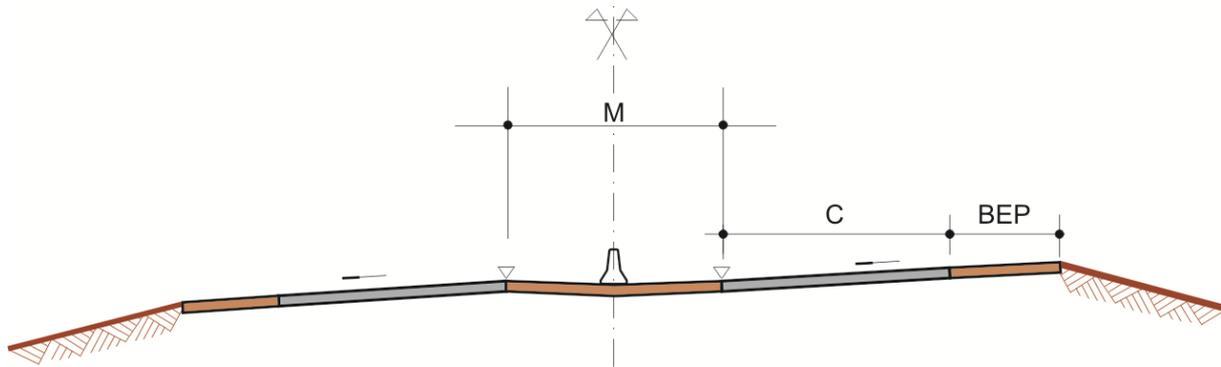
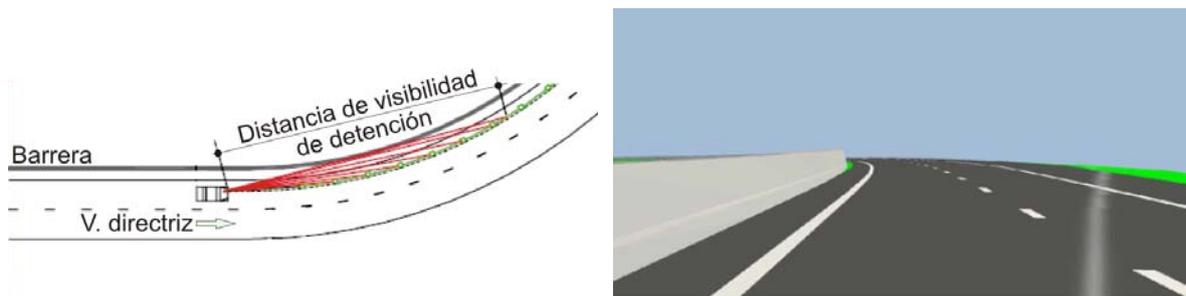


Figura 4.13 Sección típica para autopista peraltada.
Mediana a nivel con barrera de hormigón

4.8.2 Restricción de visibilidad por barrera en mediana

En autopistas con mediana de ancho mínimo (3 m), la barrera central puede generar una restricción a la visibilidad de detención, ocultando el obstáculo en las curvas a izquierda (especialmente circulando por el carril rápido). Entonces, en el diseño planimétrico debe contemplarse esa situación utilizando radios mayores que los mínimos, tales que la ordenada $m1$ disponible brinde la distancia de detención acorde a la velocidad directriz.



Ver [SS3.5.7] Distancia visual de detención (DVD) en curvas horizontales y Figura 3.3 Ordenada media $m1$ necesaria para proveer DVD en curva horizontal

4.8.3 Conversiones

La Figura 4.14 muestra dos opciones para la conversión de una autopista de dos carriles a cuatro carriles en cada dirección.

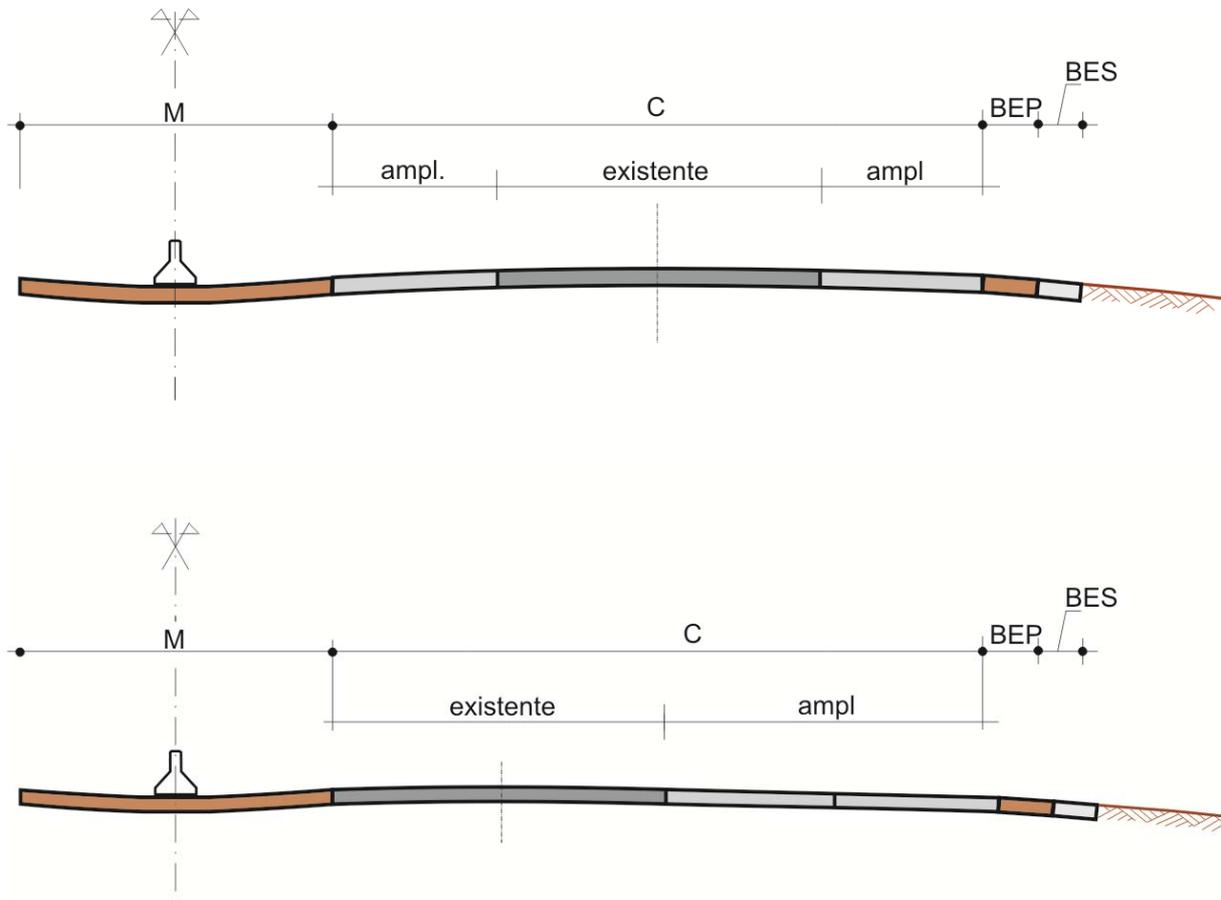


Figura 4.14 Conversión de dos carriles a tres y cuatro carriles en cada sentido

4.9 ESTRUCTURAS

4.9.1 General

El diseño de las características visibles de puentes, muros, túneles y otras estructuras debe estar según los principios y criterios establecidos para el diseño de los demás componentes visibles del camino.

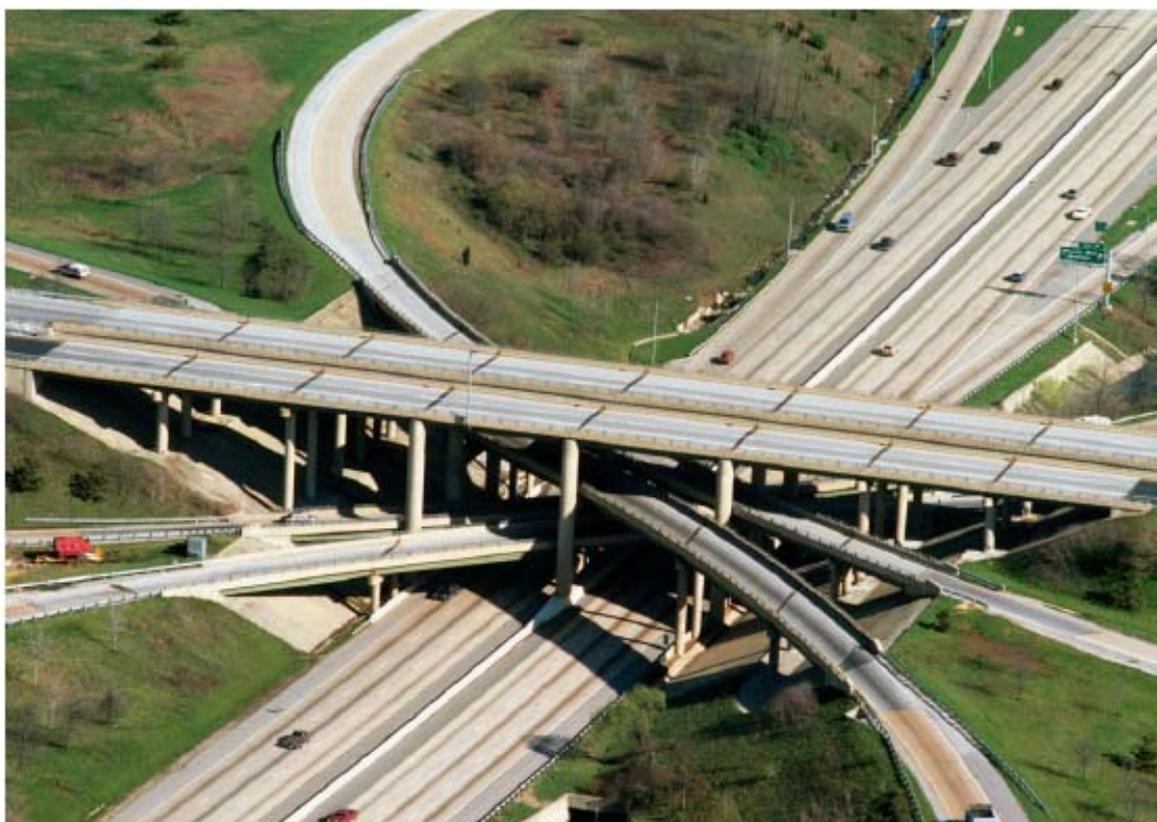


4.9.2 Puentes

Gálibo Vertical

En las autopistas rurales, el gálibo vertical libre *mínimo* de todas las estructuras (puentes, túneles) será 5,1 m en todo el ancho de la plataforma, incluyendo las banquetinas. La separación vertical a reticulados de señales y pasos peatonales sobre nivel será también de 5,1 m.

Ese gálibo libre debe tener en cuenta la posible ampliación de la calzada hacia la mediana. En ese caso, los 5,1 m se deben cumplir también para los carriles futuros.



Sección Transversal

En los puentes que llevan tránsito de autopista, el ancho entre guardarruedas será al menos igual al ancho pavimentado de la plataforma de acceso, independientemente de la luz total del puente, como se trata en el [C3].

Las estructuras sobre ramas deben proveer un ancho libre igual al de la calzada más sus banquetinas pavimentadas.

El ancho de estructura y separación lateral de los caminos y calles que pasan sobre o bajo la autopista dependen de la clasificación funcional del camino o calle, como se trata en los [C3] y [C7].

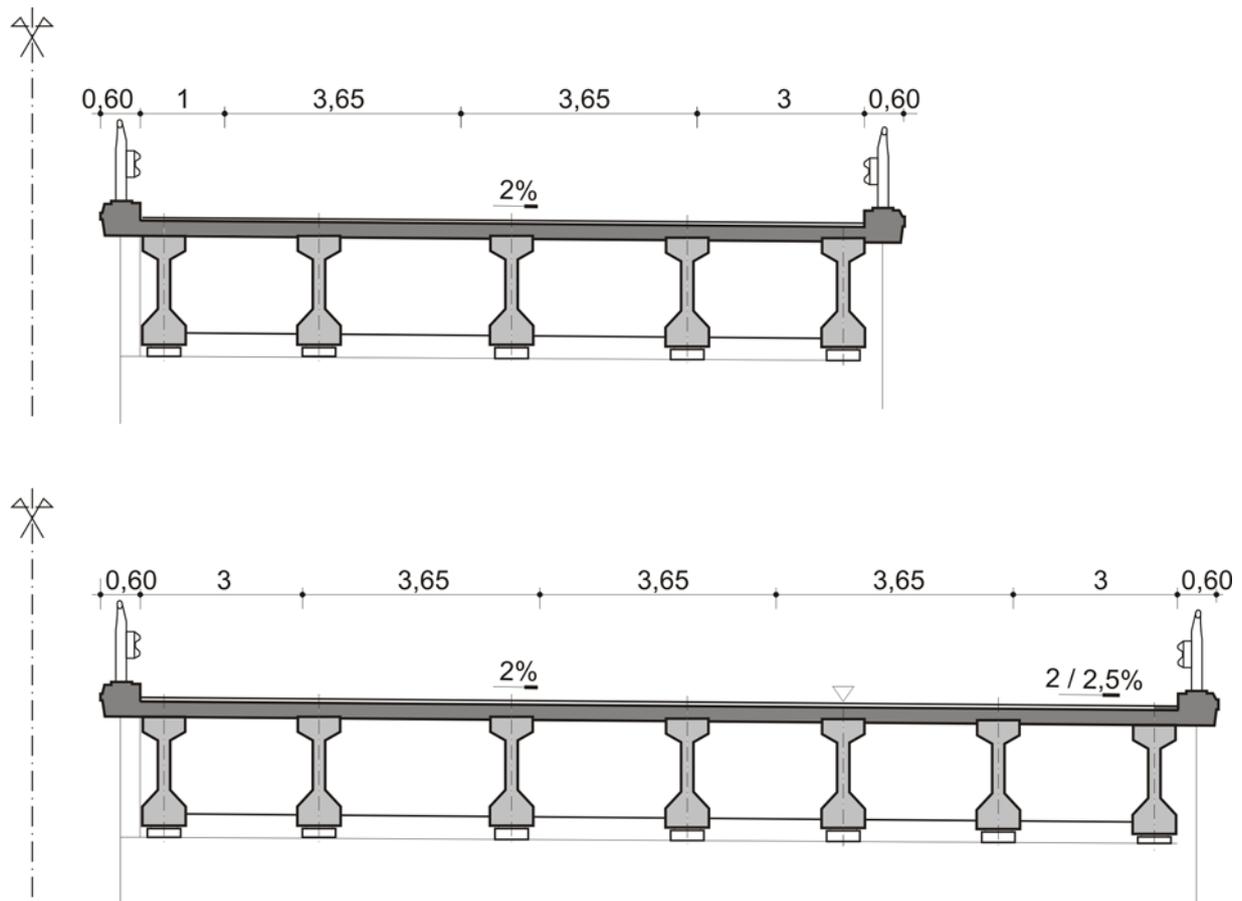


Figura 4.15 Secciones puentes autopista 2 y 3 carriles DNV

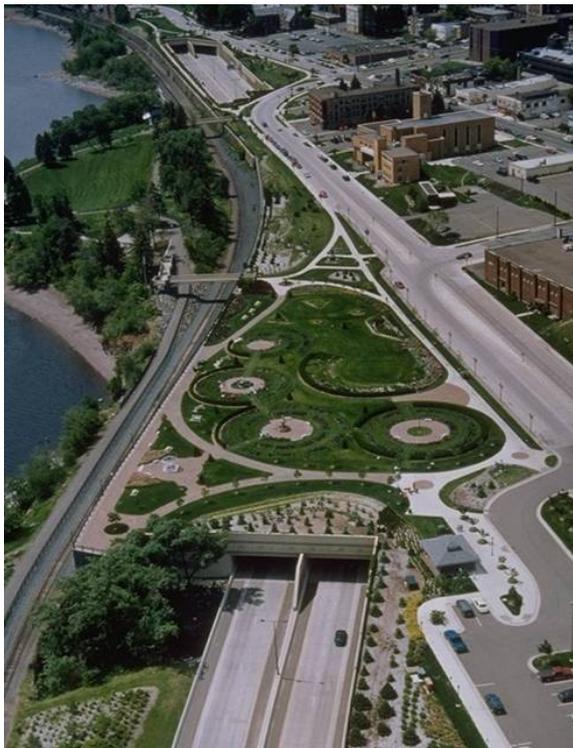
Condiciones para mantener puentes existentes.

En una remodelación importante los puentes de las calzadas principales de las autopistas existentes pueden permanecer sin cambios si el tablero cumple con los siguientes anchos mínimos:

- carriles: 3,5 m
- banquina derecha: 3 m
- banquina izquierda: 1 m

4.9.3 Túneles

Desde el punto de vista del servicio al tránsito, los túneles no difieren materialmente de las estructuras de separación de niveles. Esencialmente se aplican las mismas normas para el diseño geométrico, excepto que normalmente se usan los valores mínimos debido al alto costo de construcción de los túneles y a las restricciones que impone el escaso ancho de la zona de camino.



En general en autopistas se diseñan uno para cada calzada, separados una distancia tal como para absorber convenientemente los esfuerzos, y comunicados entre sí a distancias variables.

La sección transversal deseable comprende un ancho total de 12,7 m:

- calzada 2 x 3,65 7,3 m
- banquina derecha: 3 m
- banquina izquierda 1 m
- veredas 2 x 0,7 1,4 m

4.9.4 Separación horizontal a obstáculos fijos

Las autopistas deben tener anchos de zona despejada según la velocidad directriz y taludes laterales, según se trata en [SS3.9.1] y [SS7.3.2].

Idealmente, las pilas y estribos de las estructuras sobre nivel deben diseñarse para proveer una separación horizontal igual a la zona despejada.

Los objetos fijos en la zona despejada deben ser rompibles, flexibles, o protegidos por una instalación de barreras o atenuadores del choque.

La separación horizontal mínima desde el borde de la calzada hasta la cara de la barrera será coherente con los requerimientos para el ancho de banquina pavimentada.

4.10 INTERSECCIONES

4.10.1 Tipos de intersecciones

Intrínsecos por la naturaleza de las autopistas, se proveerán distribuidores o separaciones de nivel en todos los caminos y ferrocarriles que se crucen, según el [C6].

El tipo de distribuidor a utilizar resulta del conocimiento de las características de los caminos que se cruzan:

- Los distribuidores entre dos o más autopistas se conocen en cierta bibliografía como distribuidores de sistema. Entre los ejemplos se incluyen los distribuidores direccionales y tréboles totales.
- Los distribuidores entre una autopista y un camino de clase inferior, se mencionados como distribuidores de servicio. Entre los ejemplos se incluyen los distribuidores tipo diamante y tréboles parciales.

4.10.2 Caminos transversales

Las intersecciones de caminos transversales y ramas tienen un alto potencial de accidentes, especialmente cuando la canalización o la señalización no desalientan las entradas en contramano. El problema del empalme con el camino transversal es especialmente notable bajo condiciones nocturnas de circulación.

Los diseños no usuales, como algunos distribuidores tipo trébol parcial con salidas y entradas en el mismo cuadrante con inadecuada separación y sin canalización de la mediana en el camino transversal contribuyen a los movimientos en contramano.

Una mala operación de la intersección camino transversal - ramas también puede tener un efecto nefasto sobre la capacidad de las ramas. Bajo condiciones de alto flujo de tránsito, puede causar que la fila de vehículos sobre la rama "retroceda" hacia la autopista.

Frecuentemente, los problemas operacionales ocurren en el término de la rama del distribuidor, en la intersección del camino transversal. Cuanto mayor sea la separación entre la conexión rama - camino transversal, y la línea central de la autopista, mayor será la flexibilidad de la operación. Asimismo, cuando mayor sea la separación entre esa intersección y otras intersecciones o accesos a propiedad, mejor será la operación. Por lo menos se deberían proveer 25 m de separación. Cuando el término de la rama está cerca de otra intersección, el entrecruzamiento en el camino transversal puede reducir su capacidad y la de la rama, y aumentar la posibilidad de accidentes.

4.10.3 Ubicación y espaciamiento de distribuidores

Las características operacionales de una autopista dependen en gran medida del espaciamiento entre distribuidores. Generalmente, las autopistas con mayores espaciamientos entre distribuidores tienen menores tasas de accidentes. Las ramas cercanamente espaciadas (menos de 450 m) resultan en tasas de accidentes notablemente mayores.

La ubicación de los distribuidores está influida por la red caminera existente y el acceso a los centros urbanos. En autopistas rurales que pasan afuera de pequeñas localidades, suele ser suficiente con ubicar un solo distribuidor simple. Las grandes ciudades pueden requerir más de uno.

En zona rural, la separación entre distribuidores está normalmente entre 8 y 15 km. El espaciamiento mínimo deseable es de 3 km, medidos entre ejes de los caminos transversales. El espaciamiento indicado para los distribuidores rurales no suele ser adecuado para las zonas con fuerte desarrollo urbanístico en los costados. El mínimo deseable es de 1,5 km, aunque en estos casos la distancia entre ejes de caminos transversales no es demasiado práctica como referencia. Donde se requiera un espaciamiento menor, se recomienda usar vías colectoras-distribuidoras o carriles auxiliares, Figura 4.16

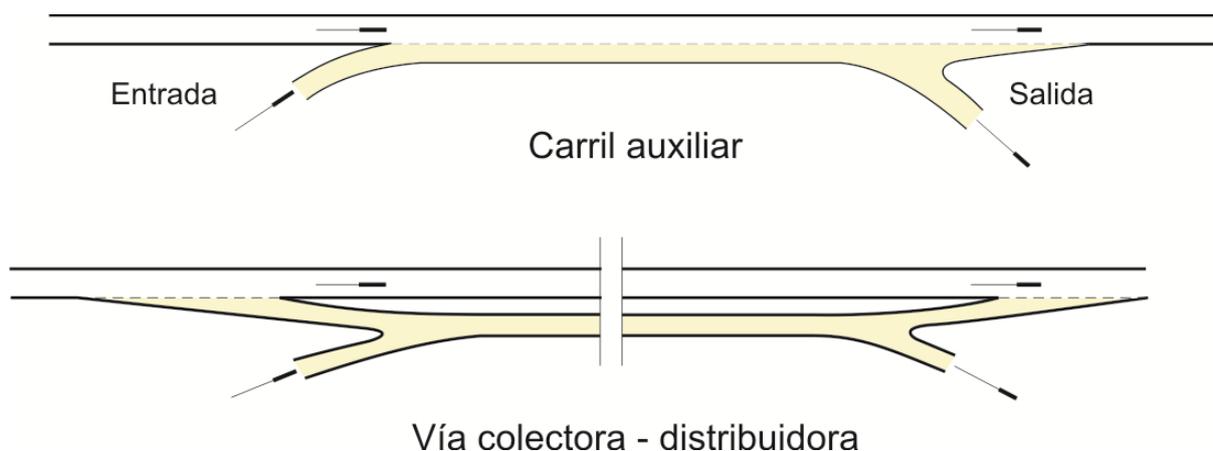


Figura 4.16 Carril auxiliar y vía colectoras-distribuidora

En resumen, la distancia mínima se determinará mediante:

- La consideración de los volúmenes de entrecruzamiento (cruce de dos o más corrientes de tránsito que viajan en el mismo sentido sin la ayuda de dispositivos de control) y el cumplimiento de los requerimientos dados por el nivel de servicio,
- La distancia requerida para dar adecuada señalización informativa, y
- Las longitudes requeridas por los carriles de cambio de velocidad.

La Figura 4.17 y la Tabla 4.4 muestran los valores mínimos deseable, adecuado y absoluto para el espaciamiento de ramas terminales, según publicación del Manual de Ingeniería de Tránsito del ITE 1999.

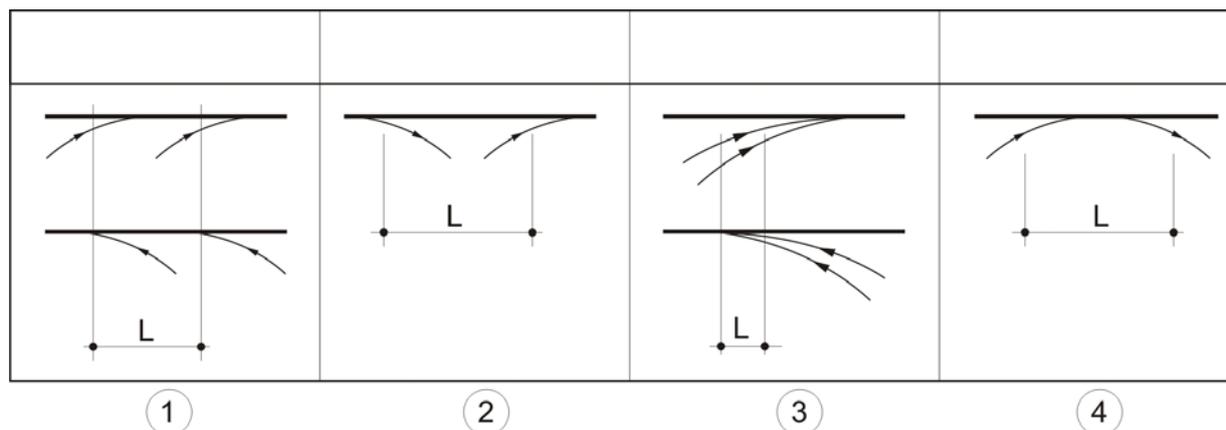


Figura 4.17 Distancia L entre Sucesivos Terminales de Rama

Tabla 4.4 Distancia en m entre sucesivos terminales de rama (L)

	1		2		3		4			
	Entrada - Entrada o Salida-Salida		Salida - Entrada		Ramas de giro		Entrada - Salida (entrecruzamiento)			
	Autopista - Camino		Camino - Camino							
	sobre calzada principal	sobre colectora distribuidora	sobre calzada principal	sobre colectora distribuidora	distribuidores entre autopistas	distribuidores entre autopista - camino	sobre calzada principal	sobre colectora distribuidora	sobre calzada principal	sobre colectora distribuidora
Deseable	450	350	225	175	350	300	900	600	600	450
Adecuado	350	300	175	150	300	250	750	550	550	350
Mínimo absoluto	300	250	150	125	250	200	600	450	450	300

Espaciamiento de accesos en zona de distribuidor

El espaciamiento de accesos en una zona de distribuidor puede ser tan importante como el espaciamiento de distribuidores en sí. Los accesos muy cercanos al punto de conexión de la rama con la calzada principal pueden llegar a influir en el tránsito directo de la autopista, hasta interrumpir el flujo de tránsito. En las Tablas 4.5 y 4.6 se recomiendan espaciamientos mínimos de los accesos en autopistas. [C6].

Tabla 4.5 Recomendaciones sobre espaciamiento mínimo de accesos
Camino transversal de dos carriles

Categoría de camino principal	Tipo de zona	Dimensiones del espaciamiento			
		A (km)	X (m)	Y (m)	Z (m)
AUTOPISTA	Urbana desarrollo total	1,6	230	400	230
	Urbana	1,6	400	400	300
	Rural	3,2	400	400	400

Notas:

- 1) Si el cruce es un camino provincial, estas distancias pueden sustituirse por lo indicado para el control de acceso, con tal que las distancias sean mayores que las indicadas.
- 2) Ninguna intersección de cuatro ramales puede ubicarse entre terminales de rama y la primera intersección principal.

A = Distancia entre el inicio y el final de abocinamientos de distribuidores adyacentes.
 X = Distancia hasta el primer acceso a la derecha; sólo entrada y salida de giro-derecha.
 Y = Distancia hasta la primera intersección importante, sin giros a izquierda permitidos.
 Z = distancia entre el último acceso de sólo entrada y salida de giro a derecha y el inicio del abocinamiento de la rama de entrada a la autopista.

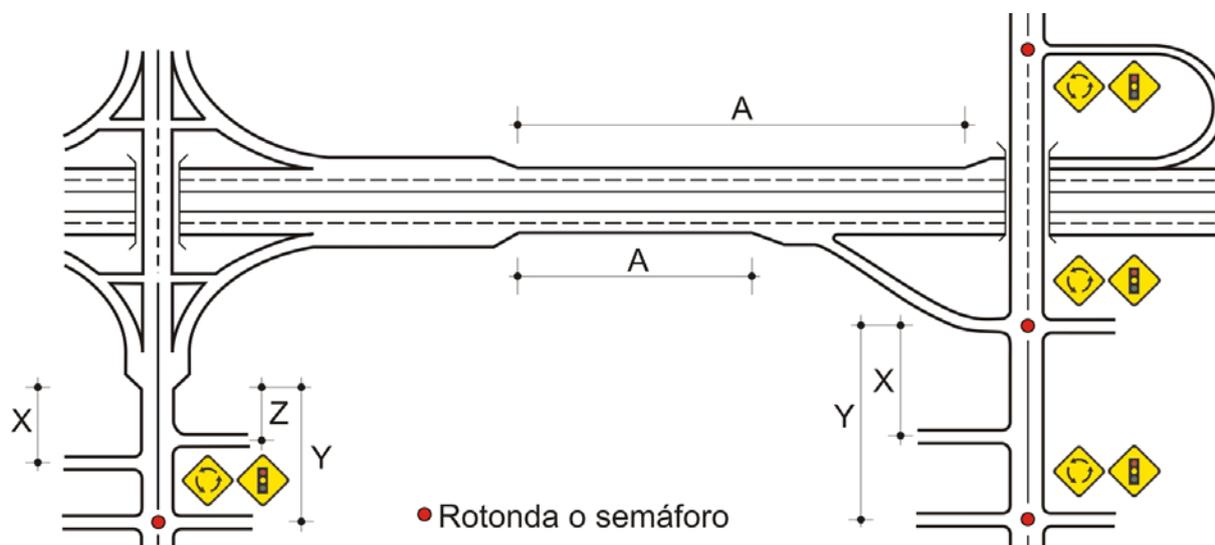


Figura 4.18 Medidas de espaciamientos estándares para la Tabla 4.2

Tabla 4.6 Recomendaciones sobre espaciamiento mínimo de accesos.
Camino transversal multicarril

Categoría de camino principal	Tipo de zona	Dimensiones del espaciamiento				
		A (km)	X (m)	Y (m)	Z (m)	M (m)
AUTOPISTA	Urbana desarrollo total	1,6	230	400	230	400
	Urbana	1,6	400	400	300	400
	Rural	3,2	400	400	400	400

Notas:

- 1) Si el cruce es un camino provincial, estas distancias pueden sustituirse por lo indicado para el control de acceso, con tal que las distancias sean mayores que las indicadas.
- 2) Ninguna intersección de cuatro ramales puede ubicarse entre terminales de rama y la primera intersección principal.

A = Distancia entre el inicio y el final de abocinamientos de distribuidores adyacentes.

X = Distancia hasta el primer acceso a la derecha; sólo entrada y salida de giro a derecha.

Y = Distancia hasta la primera intersección.

Z = distancia entre el último acceso y el principio del abocinamiento para la rama de entrada al distribuidor.

M = Distancia hasta la primera abertura direccional de mediana. No se permiten aberturas totales de mediana en las medianas no traspasables hasta la primera intersección principal.

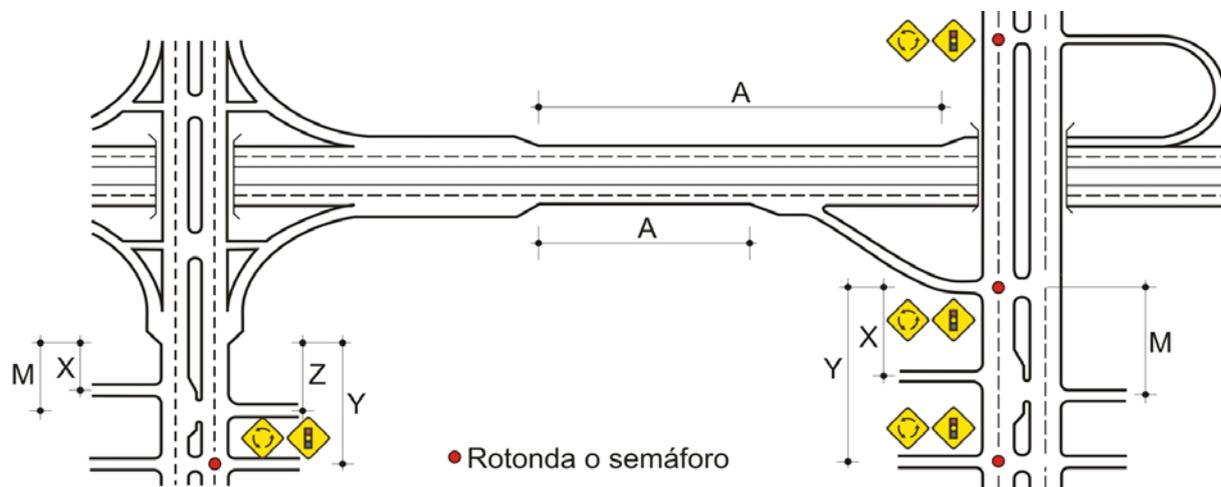
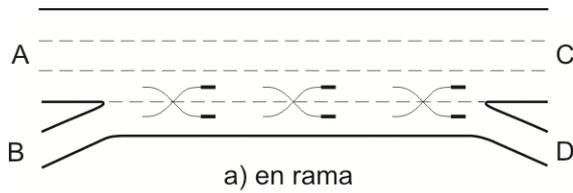
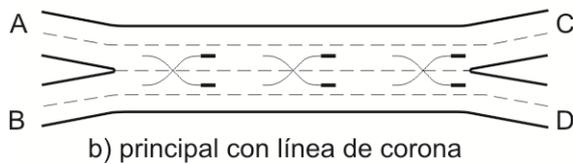


Figura 4.19 Medidas de espaciamientos estándares para la Tabla 4.3

4.10.4 Entrecruzamiento



El Manual de Capacidad de Caminos define el entrecruzamiento como el cruce de dos o más corrientes de tránsito que viajan en el mismo sentido sin la ayuda de dispositivos de control.



En la Figura 4.20, Figura 4.21, y Figura 4.22 se ilustran tres tipos de entrecruzamientos.

Figura 4.20 Entrecruzamientos Tipo A

- Tipo A: todos los vehículos que se entrecruzan deben ejecutar un cambio de carril; (a) en rama (b) principal con línea divisoria.
- Tipo B: ocurre cuando una de las corrientes de entrecruzamiento no tiene que cambiar carriles, pero la otra tiene que realizar como máximo un cambio de carril (a) principal con balance de carril a la salida, (b) principal con convergencia en la entrada, (c) principal con convergencia en la entrada y balance de carril a la salida.

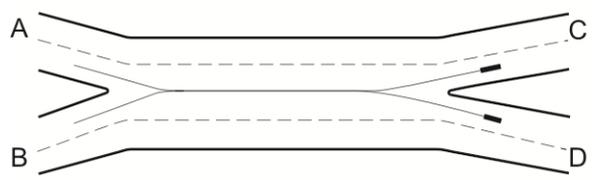
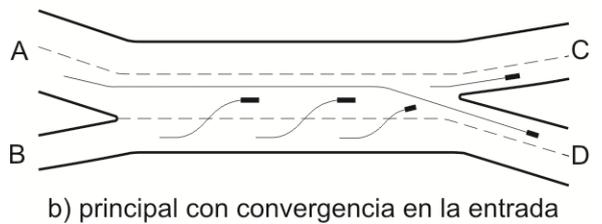
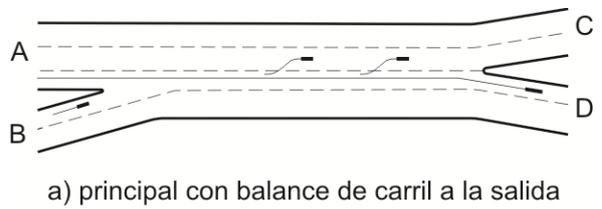


Figura 4.21 Entrecruzamientos Tipo B

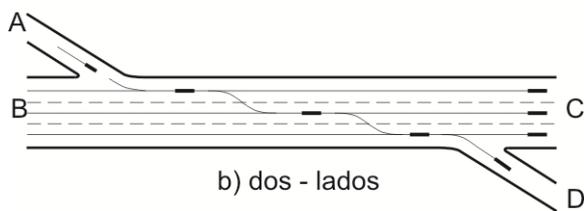
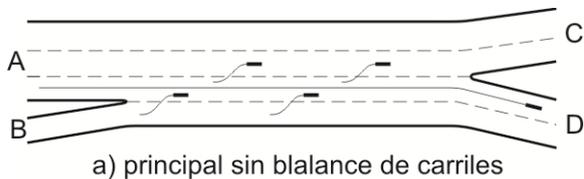


Figura 4.22 Entrecruzamientos Tipo C

- Tipo C: Permite el entrecruzamiento de una corriente sin cambiar de carril, mientras la otra tiene que cambiar dos o más carriles; (a) principal sin balance de carril, (b) dos lados

4.10.5 Peatones y ciclistas

Desde el punto de vista de los peatones y ciclistas, el diseño de los distribuidores de autopistas debe buscar los siguientes objetivos:

- Controlar los movimientos de los peatones
- Definir correctamente los itinerarios de cada uno
- Permitir un adecuado uso de los dispositivos de control de tránsito: señales, semáforos, demarcación horizontal, etcétera

Los tratamientos posibles incluyen:

- Provisión de información peatonal y ciclista y señalización direccional
- Instalación de semáforos de cruces peatonales
- Iluminación del distribuidor o zonas de veredas
- Instalación de señales de alerta vehicular
- Marcación de cruces peatonales
- Regulación de las velocidades y movimientos del tránsito
- Canalización del tránsito vehicular y peatonal
- Construcción de barreras peatonales
- Utilización de pasos sobre y bajo nivel para separar el tránsito peatonal
- Instalación de semáforos de tránsito, incluyendo semáforos manuales

Los tratamientos adecuados para una situación dada dependen de un rango de factores, incluyendo costo, distancias de visibilidad, alineamientos horizontal y vertical, demoras y detenciones, y esquemas del movimiento del tránsito.

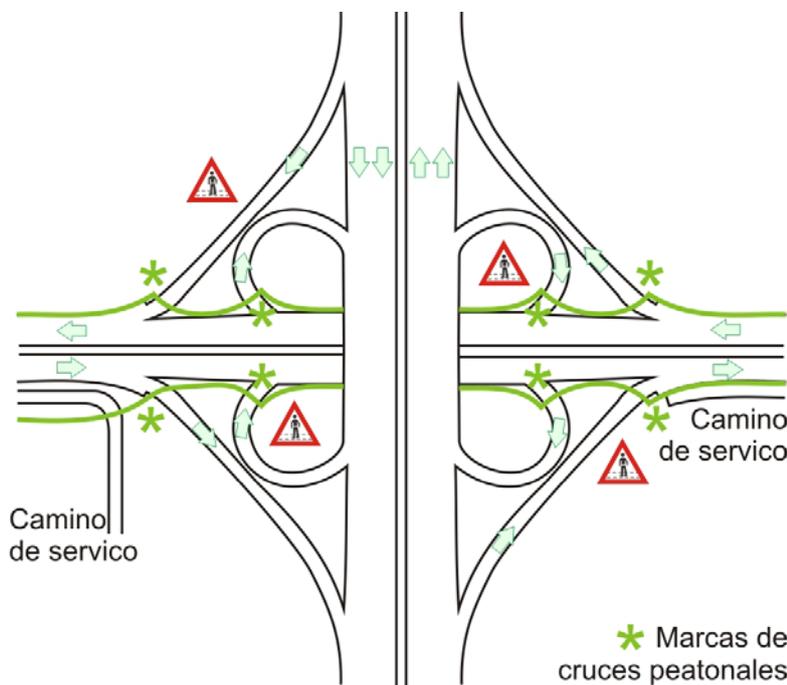


Figura 4.23 Acomodación de peatones en los distribuidores

La Figura 4.23 muestra un esquema de sendas peatonales para un distribuidor trébol.

Los cruces de sendas peatonales están marcados perpendiculares a la plataforma y la ubicación de los cruces está señalizada para los vehículos. Donde estén involucrados puentes, si hay un alto uso peatonal o ciclista, las veredas o sendas peatonales protegidas deberían incluirse en ambos lados de los puentes. Donde el uso peatonal sea menor, se puede plantear una única vereda sobre el puente, con continuidad en los accesos.

Si hay barandas de defensa u otros tratamientos en los extremos de los puentes, deben hacerse provisiones para una vía peatonal continua alrededor del tratamiento. Donde la vía de viaje del peatón esté en un paso bajo nivel, los peatones podrían ser encaminados detrás de cualesquiera pilas de puente.

4.11 CALLES COLECTORAS, FRENTISTAS O DE SERVICIO

4.11.1 Generalidades

Las calles colectoras son necesarias para brindar continuidad al sistema de calles del área y para dar acceso a las propiedades frentistas. Son una herramienta fundamental para proveer control de accesos en autopistas. Desde el punto de vista de la seguridad, es preferible que la calle colectoras tenga un solo sentido. Este diseño es superior al que establece doble sentido por los problemas que se presentan en las conexiones con los caminos transversales, por la multiplicidad de movimientos de giro.

Cuando la calle colectoras tiene una intersección a nivel (tipo canalizada o rotonda) en el encuentro con el camino o calle secundaria, por lo menos debe encontrarse a 50 m de la intersección rama – camino secundario en áreas urbanas, y a 100 m en áreas rurales. Esto facilita la señalización, minimiza los conflictos del tránsito y reduce la posibilidad de movimientos equivocados para entrar en las calzadas principales.

4.11.2 Funciones

Las calles colectoras o frentistas tienen como función primaria la de distribuir el tránsito que se produce entre el sistema local de calles y las calzadas principales de las autopistas o arterias multicarriles. Normalmente la conexión entre las calles colectoras y la autopista se produce a través de los distribuidores. También puede ser necesario proveer, lejos de los distribuidores, conexiones entre las calzadas de alta velocidad y las calles frentistas, p. ej. para dar acceso a áreas de servicio. La importancia de las colectoras reside principalmente en que, además de proveer de accesos adecuados a la propiedad frentista de cualquier carácter (residencial, comercial o industrial), constituyen la vía natural para la circulación del tránsito local, siempre más lento que el de las calzadas principales, y sobre todo para el movimiento y paradas de los servicios públicos de transporte de pasajeros. Estas facilidades preservan la seguridad y capacidad de las calzadas de tránsito rápido de las autopistas.

Las colectoras de doble mano pueden ser convenientes en áreas suburbanas parcialmente desarrolladas, donde el sistema de calles es irregular o se encuentra muy desconectado.

Allí, el establecimiento de una sola mano ocasionaría múltiples inconvenientes y significaría aumentar en forma considerable las distancias a recorrer por los vehículos. Las calles colectoras de doble mano también pueden ser necesarias en áreas suburbanas donde los accesos a las calzadas principales se encuentran muy alejados uno de otro o donde exista una sola calle lateral.

4.11.3 Conexiones

La interconexión entre las calzadas principales y las calles colectoras constituyen un elemento importante en el proyecto de una autopista o de un camino de alta velocidad. La Figura 4.24 ilustra sobre un diseño correspondiente a una calle colectoras de una sola mano. Todos los elementos aseguran una buena operación tanto en las calzadas principales como en las colectoras.

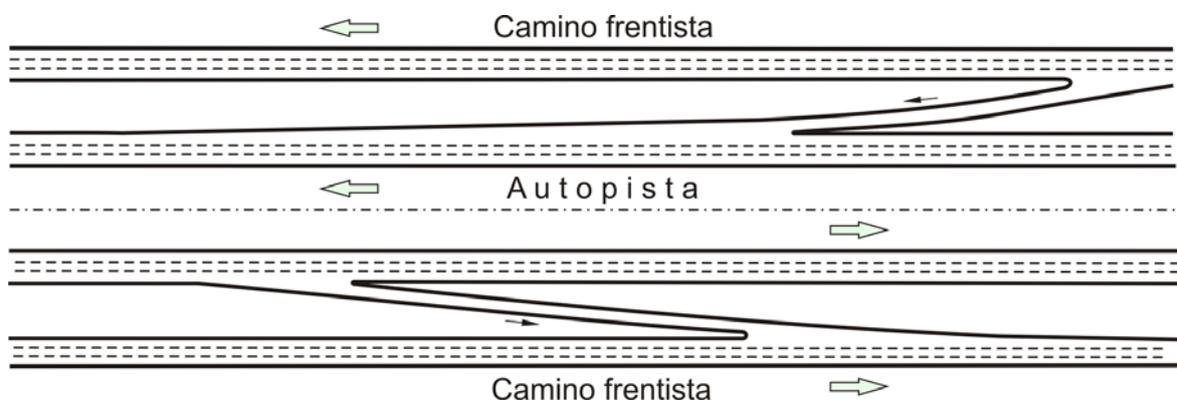


Figura 4.24 Conexión con colectoras de un sentido

La Figura 4.25 se refiere a un diseño con ramas de entrada y salida a colectoras de doble mano. Este esquema requiere una mayor separación entre las calles laterales y las calzadas principales, lo cual no es fácil de obtener en áreas suburbanas. En general, la separación en la zona de unión de las ramas con las colectoras debería ser mayor de 40 metros. La rama de salida de la calzada principal se conecta a la colectoras en ángulo recto para dificultar maniobras de entrada equivocadas. En estos casos, debe darse preferente atención a la colocación del señalamiento, tanto vertical como horizontal.

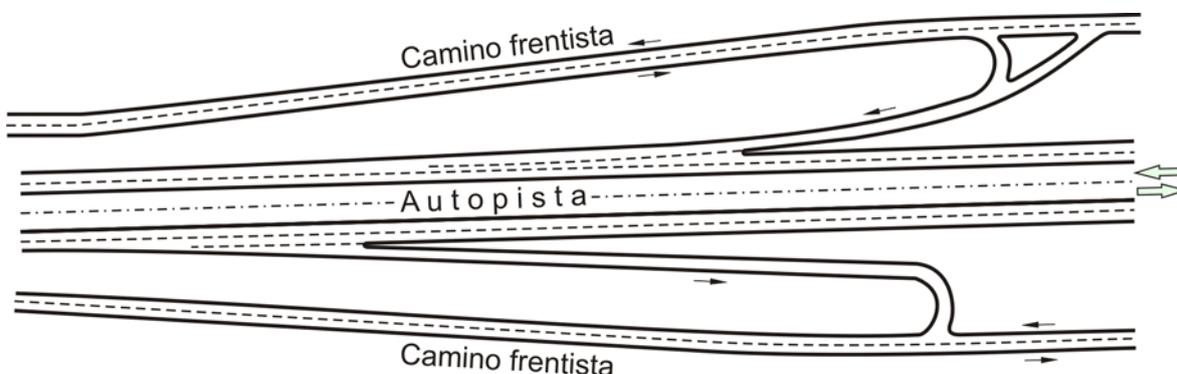


Figura 4.25 Conexión con colectoras de doble sentido

4.11.4 Diseño y anchos

General

Usualmente, las colectoras rurales son intermitentes y relativamente cortas. Proveen acceso a uno o más propiedades y dan continuidad a un camino local mediante la recolocación a lo largo de la autopista hasta una conexión con un cruce a distinto nivel. Donde una autopista rural se ubique paralela y cerca de un camino principal, muchas veces este se convierte en un camino frentista continuo de dos sentidos.

En zonas rurales, por la falta de continuidad y al tipo de servicio a proveer, los caminos frentistas normalmente son de doble sentido. Como ya se ha dicho, esto puede complicar la intersección con el camino transversal, por lo que se recomienda alejarlas del cruce rama-camino transversal. Generalmente, los caminos frentistas rurales están fuera de la línea de control de acceso, pero entre los límites de la zona de camino.

Criterios de diseño

La selección de los criterios de diseño apropiado se basa en el tipo de circulación prevista y en el TMDA, según lo indicado en el [C3] para adoptar la velocidad directriz adecuada, anchos de carril y banquina, y demás elementos.

El diseño de las calles colectoras o frentistas está definido por el tipo de servicio que deben dar. Si la calle es continua y atraviesa áreas altamente desarrolladas, tendrá una función de carácter general, cumpliendo el papel de una arteria importante. Por ella deberán circular ómnibus y también servirán como vías alternativa cuando las calzadas principales se encuentren congestionadas. En el otro extremo, se ubican las calles laterales de corta longitud, que no acompañan en toda su extensión a las calzadas principales, o que sirven a áreas de muy escaso desarrollo. En este caso llevará siempre poco tránsito y tendrá el carácter de una calle local.

En la Tabla 4.7 se resumen los anchos deseables de las calles laterales o colectoras según sean de una o dos manos, posean estacionamiento de un solo lado o de ambos y según el tipo de operación: general o local.

Tabla 4.7 Anchos de calzada en colectoras

Tipo de operación	Estacionamiento sobre	Ancho de calzada m
Local	Un costado	6,6 a 9
Local	Ambos costados	10,8 a 12,6
General	Un costado	9 a 10,2
General	Ambos costados	12,6 a 13,2

En autopistas rurales, es normal que las colectoras presenten calzada pavimentada de 6 m y banquetas sin pavimentar de 1,50 m a cada lado, tal como lo muestra el Plano OB-1.

4.11.5 Separación exterior

La separación entre las calzadas principales y las colectoras depende de la necesidad de proveer espacio para la banquina de las primeras y para las ramas de interconexión. Cuanto mayor sea dicha separación menor será la influencia que el tránsito local de las colectoras tendrá sobre el de las calzadas principales. Las separaciones amplias permiten también un adecuado tratamiento paisajista, alejan las propiedades frentistas del tránsito de las calzadas principales y minimizan los posibles conflictos entre las corrientes vehiculares y los peatones.

Cuando las calles laterales son de doble sentido de circulación, el conductor de la calzada principal verá vehículos que circulan en sentido contrario tanto a su izquierda como a su derecha: el de la otra calzada principal y el que circula en dirección opuesta por la colectoras. No es una condición aconsejable, por la confusión y distracción que puede generarse, especialmente de noche cuando los vehículos circulan con los faros encendidos.

Para evitar pasos anormales desde la colectoras hacia calzada principal, se dispondrán cunetas no traspasables, adyacentes a la primera. Luego, la separación entre la calzada principal y esta cuneta no traspasable deberá cumplir con los criterios de zona despejada indicados en el [C7]. Si por restricciones en el ancho de la zona camino es necesario dejar separaciones menores que las allí indicadas deberá proveerse algún tipo de elemento físico de separación, siendo válidos los conceptos indicados para el tratamiento de la mediana.

En el caso de arterias importantes a nivel en zonas de importante desarrollo residencial y comercial, dicha separación podrá llegar a un mínimo de 2,40 m que se logrará mediante un refugio o isleta longitudinal elevada, con cordones, la que servirá tanto para la separación de las corrientes de tránsito como para protección de peatones.

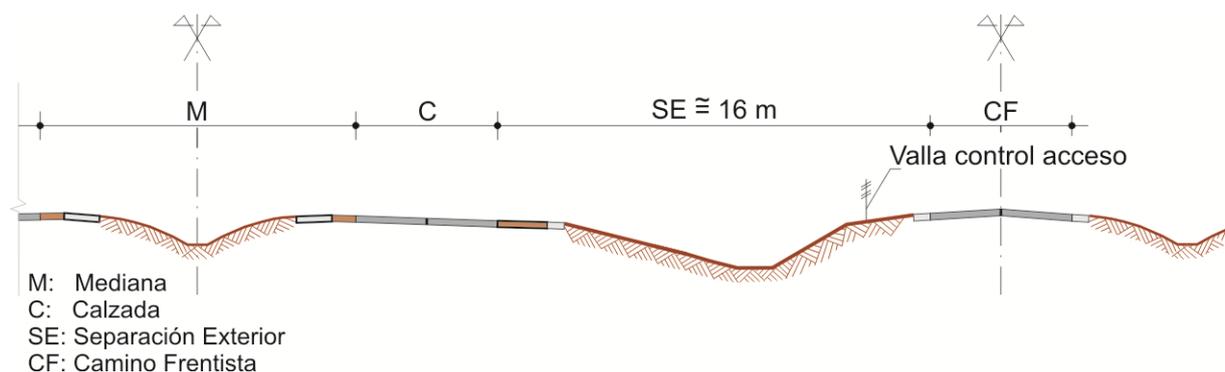


Figura 4.26 Sección transversal típica de separación-exterior en zona rural

4.11.6 Paradas del transporte público

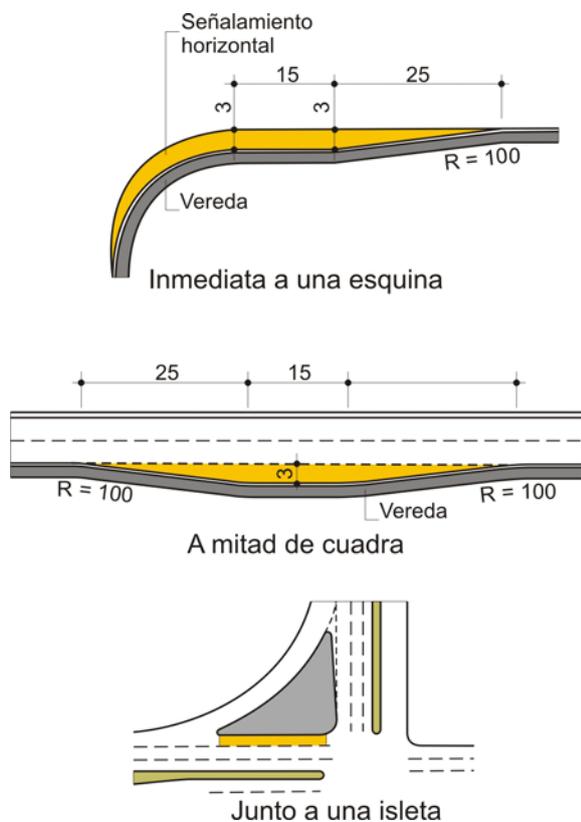


Figura 4.27 Paradas de transporte público

Cuando las calles colectoras tienen un volumen de tránsito importante es conveniente que los lugares de detención para el ascenso y descenso de los pasajeros se encuentren ubicados de tal manera que no interfieran con dicho tránsito.

Resulta ventajosa la construcción de dársenas o carriles auxiliares que queden reservadas, mediante la apropiada señalización horizontal y vertical, para el transporte público de pasajeros.

Las dársenas o carriles auxiliares pueden ubicarse de tres maneras diferentes (Figura 4.27):

- En forma inmediata a una intersección, junto a la esquina.
- A mitad de cuadra: presenta, con respecto de la ubicación anterior, la ventaja de no interferir con los movimientos de giro y con el cruce peatonal que normalmente se realizan en las esquinas.

- En isletas que forman parte de intersecciones canalizadas. Esta posición presenta el inconveniente de que los pasajeros deben acceder a la isleta al subir o bajar de los transportes públicos y también el efecto de reducir la visibilidad en la intersección.

4.12 SEÑALIZACIÓN

Mensajes de las señales

Se necesita un adecuado sistema de señalización para asegurar que los conductores puedan recibir y procesar la información reglamentaria, preventiva y de destinos. La falta de señales o señales engañosas pueden contribuir a la confusión del conductor, pérdida de atención, maniobras erráticas, etcétera.

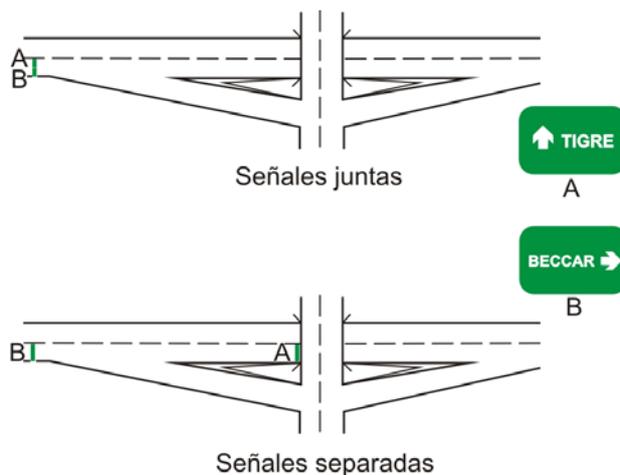
Es conveniente que la señalización para autopistas se realice al mismo tiempo que el diseño geométrico. Señalizar después de finalizar el diseño geométrico puede traer pobres resultados y un desajuste con los criterios del proyecto geométrico.

Sin embargo, el pobre diseño de una autopista no puede ser mejorado por la señalización. Esta debe ser coherente, fácil de leer, e inequívoca para beneficio y dirección de los conductores no familiarizados con el camino. En zonas rurales se recomienda no agrupar toda la señalización muy cerca de los distribuidores, sino distribuirlas adecuadamente antes de las salidas y después de las entradas.

Donde haya largas distancias entre distribuidores y el alineamiento sea relativamente constante, puede resultar adecuado indicar sitios naturales de interés.

Espaciamiento de las señales

En zonas con distribuidores relativamente próximos, debe seguirse el principio de distribuir con regularidad la señalización. El espaciamiento de las señales ayuda a separar la información de modo que los conductores no sean sobrecargados con un grupo de señales cerca de la nariz de una salida, donde finalizan las decisiones sobre elección de la trayectoria.



La Figura 4.28 muestra un ejemplo del concepto de espaciamiento de señales. El uso de letras más grandes que las estándares también puede ayudar a todos los conductores, particularmente los de mayor edad, en situaciones de alta demanda.

Donde los distribuidores estén muy cerca, las señales de un destino pueden suplementarse por señales con la secuencia de distribuidores, que identifican los próximos dos o tres destinos.

Figura 4.28 Espaciamiento de señales.

Se recomienda que la señalización anticipatoria de salidas sea uniforme, repitiendo luego el mensaje en los carteles de salida. Las bifurcaciones de autopistas, salidas tangenciales y distribuidores con caídas de carril merecen consideración especial en lo que a la señalización se refiere.

4.13 ILUMINACIÓN

Los volúmenes de tránsito y accidentes durante la noche, y la complejidad geométrica influyen significativamente en la necesidad de iluminar una autopista.

4.13.1 Zona rural

En las zonas rurales, a veces se justifica la iluminación en los distribuidores, especialmente aquellos con geometrías complejas o múltiples puntos de convergencia. La disponibilidad de energía y los costos de mantenimiento de rutina son factores importantes que influyen en las decisiones para dar un sistema de iluminación.

4.13.2 Distribuidores

Porque los distribuidores tienen la mayor probabilidad de conflictos de tránsito, la iluminación de alto nivel puede ser una herramienta útil en distribuidores complejos para reducir los accidentes en operación nocturna.

Comúnmente se justifican dos sistemas de diseño de la iluminación de distribuidores:

- Completa (calzadas principales y ramas)
- Parcial

La iluminación completa brinda más seguridad que la iluminación parcial. Muchas veces se utiliza iluminación parcial en la idea de brindar algunos de los beneficios atribuibles a la iluminación completa a un menor costo de instalación y operación: sólo se iluminan las convergencias y divergencias, las intersecciones sobre el camino transversal y los cambios importantes en el alineamiento de la autopista (si los hay).

Los importantes beneficios para la seguridad en operación nocturna pueden verse sustancialmente menguados en la operación diaria según cual sea la ubicación de los postes sobre los bordes de calzada, según se trata en el [C7].

4.14 PAISAJISMO

El camino debe diseñarse para integrarlo en su entorno; lo cual puede implicar su adecuación paisajística, ya sea durante la construcción o como un mejoramiento posterior. El uso adecuado de jardinería puede contribuir a la operación segura durante la noche al reducir el deslumbramiento de los faros de los vehículos en sentido contrario. También puede indicar o guiar ópticamente los cambios en el camino y los alineamientos, y ayudar a controlar los lugares donde se dispersa o acumula la nieve.

Recomendaciones:

- Localizar árboles y plantaciones de arbustos de forma que se mantenga una adecuada distancia visual aún cuando los mismos alcancen el crecimiento completo.
 - No plantar árboles y arbustos delante o inmediatamente detrás de las barreras y otros dispositivos de seguridad.
 - Antes de plantar árboles en el interior de una curva, tener en cuenta la restricción que podría imponer a la distancia visual, sobre todo cuando crezcan, [C3].
-

4.15 AUTOVÍAS

4.15.1 Introducción

Para aprovechar la obra básica existente y satisfacer la creciente demanda de tránsito se puede ampliar la capacidad construyendo una segunda calzada y separando físicamente ambos sentidos.

Resultan las llamadas *autovías*, designación originada y aplicada en España a las ampliaciones de caminos de calzada única. No tienen cruces a nivel ferroviarios, ni viales con otros caminos. Para el lego, son autopista con algunas características de inferior calidad.

La diferencia fundamental con la autopista está en el control parcial de acceso desde las propiedades frentistas, el cual podrá admitirse si su densidad (número de accesos por kilómetro y por lado) no supera el valor fijado por la DNV según las técnicas de Administración de accesos [Capítulo 2 CONTROLES DE DISEÑO]

En lenguaje telegráfico seudomatemático:

AUTOPISTA	=	DEFINICIÓN DE LA LEY 24449 [S4.1]
AUTOVÍA	=	AUTOPISTA – CONTROL TOTAL ACCESO
SEMIAUTOPISTA	=	AUTOPISTA – CRUCES A DISTINTO NIVEL [S4.1]

4.15.2 Características finales deseables de la autovía

Las duplicaciones de calzada y los distribuidores o cruces a distinto nivel se realizan con importantes inversiones sobre rutas troncales de la red nacional, con el objetivo último de alcanzar la configuración de una autopista [S4.1], a partir de lo cual podrá ampliarse a una autopista de 3+3 carriles o más. Se desaconsejan absolutamente las autovías de 3+3 carriles.

4.15.3 Trabajos necesarios

Nueva calzada

La nueva calzada será sensiblemente paralela a la existente. Siempre debe existir una separación física entre calzadas, ya sea con barrera central en los casos de mediana estricta, o con una mediana más ancha (recomendable mayor o igual que 16 m) que no requiera barrera [SS7.6.2]. La sección tipo con mediana estricta y barrera central tiene un condicionante fuerte en la obstrucción lateral a la distancia visual de detención en curvas a la izquierda. Se deberá verificar que los radios por aplicar superen los mínimos según la Figura 3.29 [SS3.5.7].

Por ahora, en zona rural no se ampliarán calzadas únicas a dos o más carriles por cada sentido (*multicarriles*, sin separación física de calzadas). Sin embargo, se estará atento a los resultados definitivos de las experiencias internacionales con los proyectos Súper Dos (2+1) [S3.15] o Dieta Vial (4-1)

Calzada existente

Estos proyectos incluyen trabajos sobre la obra básica existente:

- Eventuales modificaciones planialtimétricas sobre el trazado y la rasante para ajustarlo a la presente norma.
- Rehabilitación de la calzada y pavimentación de banquetas.
- Ampliación de los anchos de tableros de puentes.
- Supresión total de cruces a nivel ferroviarios y viales mediante de construcción de estructuras de separación de niveles, y distribuidores.
- Adecuado reordenamiento de accesos [S2.8].
- Obras menores como tendido de taludes, remoción y reposición de barreras de protección, retiro de obstrucciones laterales, etcétera.

4.15.4 Velocidad directriz

Al pasar de calzada única con dos sentidos de circulación a dos con sentido único, disminuye el riesgo de choques frontales durante las maniobras de adelantamiento. Por lo tanto, es común que la velocidad de operación tienda a subir, por lo que es necesario verificar los elementos geométricos planialtimétricos para que satisfagan las condiciones mínimas de la nueva situación.

Este aumento de velocidad suele contraponerse con que en la mayoría de los casos el camino existente se diseñó para una categoría inferior a la que ahora requeriría, con una velocidad directriz también menor a la normalmente utilizada en autopistas. En tal caso, podría reducirse entre 10 y 20 km/h la velocidad directriz, con el consecuente ajuste de la velocidad máxima permitida (señalizada).

4.15.5 Supresión de pasos urbanos

Como la configuración final deseable será la de una autopista, estos caminos no tendrán pasos urbanos. Cuando corresponda la construcción de una variante, sus características serán las de una autopista en todos los aspectos normados en este capítulo, con ancho de mediana mínimo de 16 m.

4.15.6 Zona de camino. Distribuidores

Aunque en las autovías no hay control total de accesos, debe preverse el espacio para la futura ubicación de las colectoras frentistas. Las conexiones con la calzada principal pueden tener distintas características, según se trate de un frentista independiente o de una calle pública. En el primer caso, puede ser suficiente disponer cuñas de transición. En el segundo, se dispondrán los adecuados carriles de cambio de velocidad.

Con la futura construcción de las calles colectoras se aseguraría la conexión de los propietarios frentistas con los caminos transversales y los distribuidores, estableciendo el control total de acceso. Cuando la separación entre distribuidores sea muy grande, la Dirección Nacional de Vialidad podría admitir ramas de conexión entre colectoras y calzadas principales, para reducir los recorridos de los propietarios de los predios lindantes.

Cuando la autovía se transforme en autopista, estas conexiones se eliminarán, o se incorporarán al eventual nuevo distribuidor. Siempre se deben verificar las distancias mínimas entre finales de carriles de cambio de velocidad, indicadas en [SS4.10.3].

Las zonas de camino actuales suelen ser insuficientes para el desarrollo de una autovía. Se requerirá expropiar franjas de terreno a uno o ambos lados del camino actual, para llevarlas a 100 m por lo menos.

En las Figura 4.29, Figura 4.30 y Figura 4.31 se incluyen varias secciones transversales típicas aplicables a las duplicaciones de calzada, con ampliación de la zona de camino cuando sea necesario (ZC actual: 30 m, 50 m, 60 m, 70 m y 100 m).

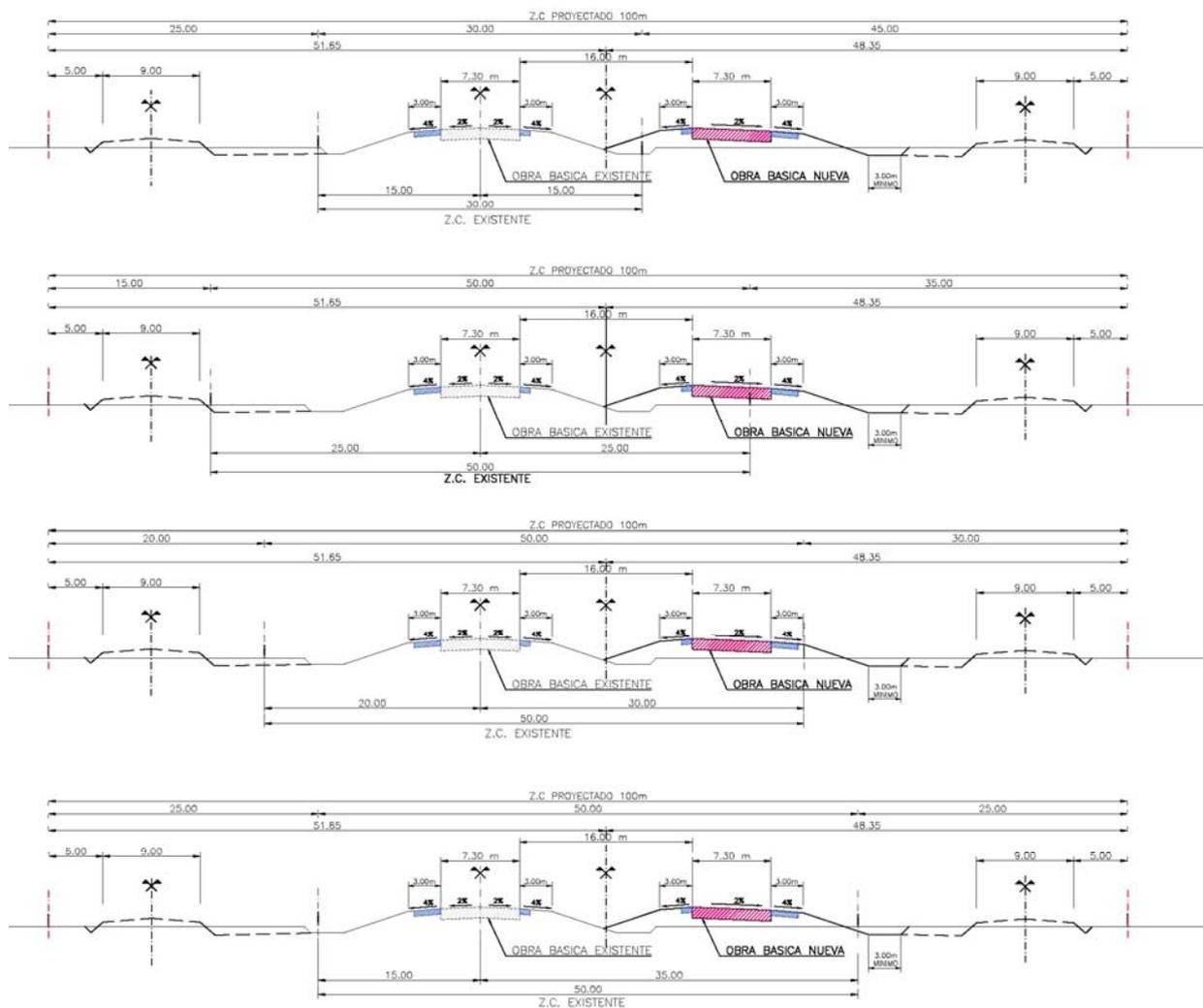


Figura 4.29 Perfiles de duplicación de calzada con ZC actual de 30 y 50 m.

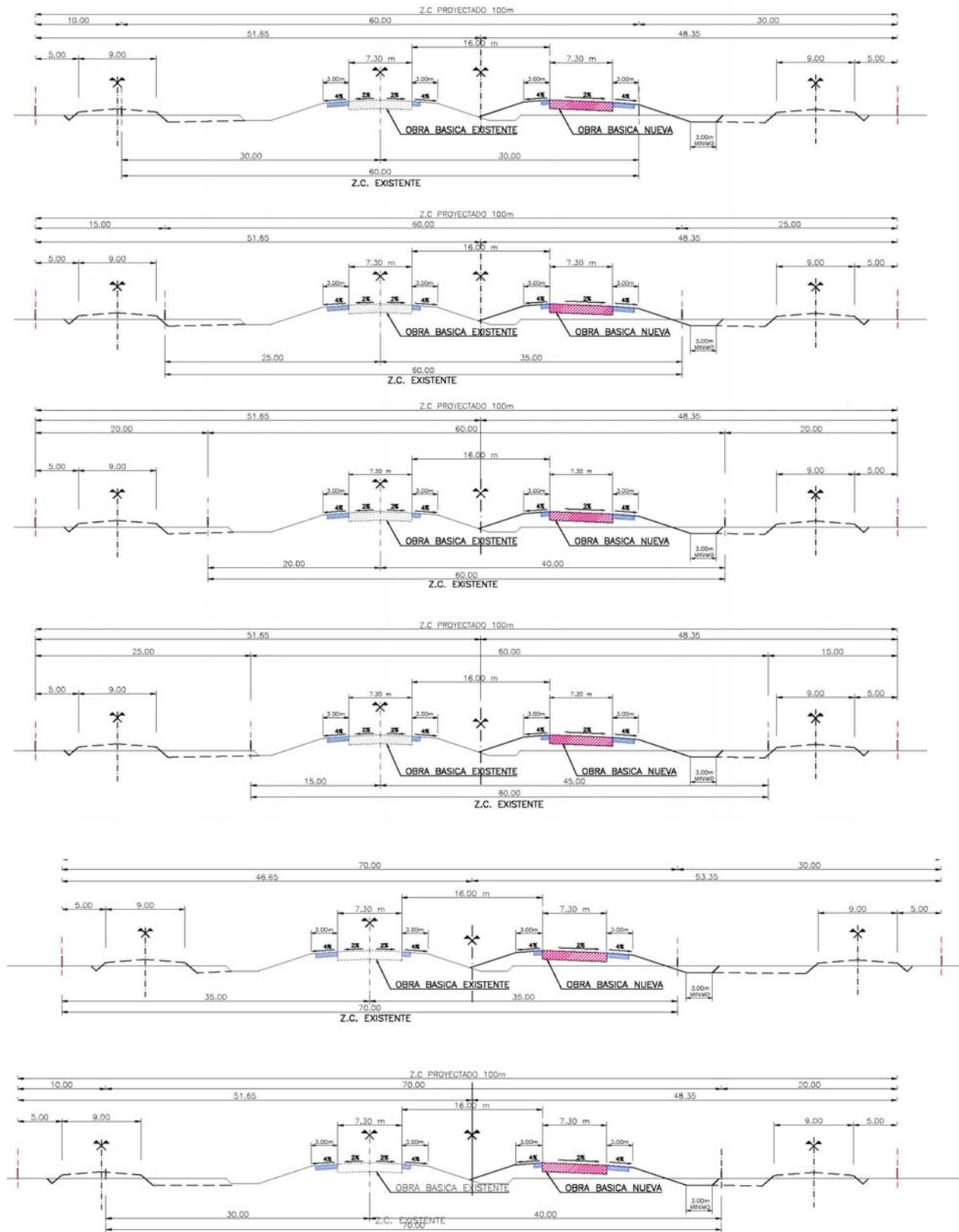


Figura 4.30 Perfiles de duplicación de calzada con ZC actual de 60 y 70 m.

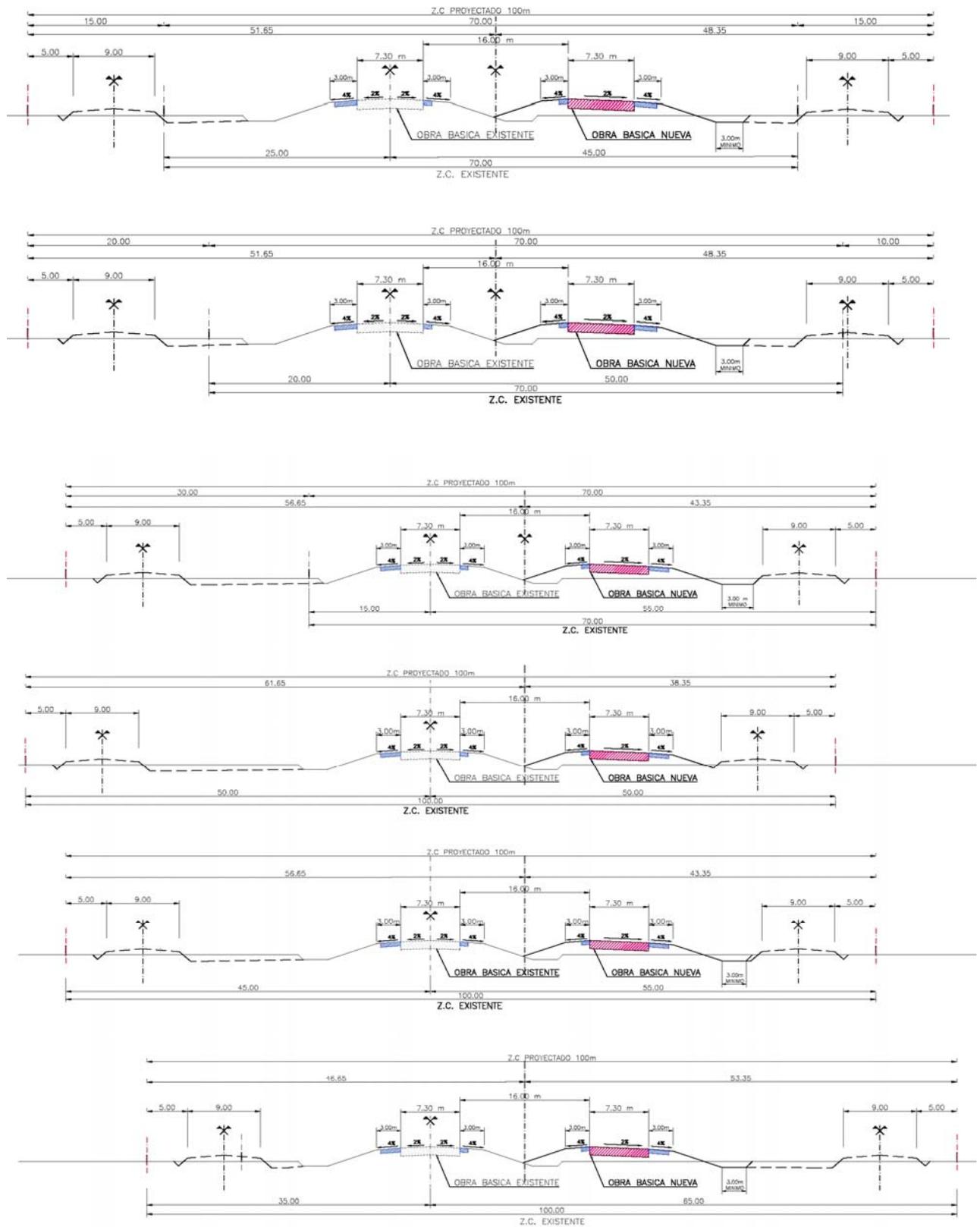


Figura 4.31 Perfiles de duplicación de calzada con ZC actual de 70 y 100 m

4.15.7 Otras ampliaciones de capacidad mediante duplicación de calzada

En ocasiones se necesitan ampliaciones de capacidad en vías en las que muchas de las pautas mencionadas en los apartados anteriores no son posibles de poner en práctica; p. ej.:

- Dificultad para ampliar la zona de camino por el intenso uso del suelo colindante, con alto costo económico e impacto social de las expropiaciones.
- Restricciones presupuestarias que impidan construir todos los distribuidores necesarios para la completa separación de niveles.
- Consideraciones ambientales.

Entre las limitaciones más importantes de este tipo de caminos no categorizados se destacan [S2.8]:

- Mayor cantidad de puntos de conflicto por presencia de intersecciones a nivel y accesos frentistas, con fuertes diferenciales de velocidad en las proximidades de las intersecciones.
- Menor velocidad de recorrido por las demoras por detenciones o regulaciones reglamentarias del tránsito (velocidad máxima, ceda el paso, etc.).
- Imposibilidad de conversión de la vía en un corredor principal tipo autopista.

Este último punto significa que ante una mayor demanda de tránsito se deberá recurrir a una traza nueva y a una obra seguramente pensada como autopista, aunque con posibilidad de construcción por etapas [SS4.2.6]. Se construye una sola calzada para que funcione con doble sentido durante cierto tiempo, p. ej. hasta que se alcance un determinado nivel de servicio (D).

4.16 PLANILLA RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

En la Planilla siguiente se indican las características geométricas principales de las autopistas y autovías.

RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS RURALES

CAMINOS	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS			DISTANCIA VISUAL MÍNIMA	PLANIMETRÍA (4)						ALTIMETRÍA						
	TIPOS	CATEGORÍA	CONTROL DE ACCESO		NÚMERO DE CARRILES	VELOCIDAD DIRECTRIZ (1)	DETECCIÓN (2)	DECLINACIÓN	RADIOS MÍNIMOS emáx 6%		RADIOS MÍNIMOS emáx 8%		RADIOS MÍNIMOS emáx 10%		PENDIENTES MÁXIMAS	VALOR K BÁSICOS	
					km/h	m	m	DESEABLE	ABSO-LUTO	DESEABLE	ABSO-LUTO	DESEABLE	ABSO-LUTO	%	DESEABLE	ABSO-LUTA	CON-CAVA
AUTOPISTA	ESPECIAL	TOTAL	≥ (2+2)	130	339	4.10	1450	970	1085	845	870	750	3	2	3	226	88
		TOTAL		120	290	380	1270	755	950	665	760	595	3	3	3	165	75
		TOTAL		110	246	340	1095	585	820	520	655	470	3	4	4	119	62
		TOTAL		120	290	380	1270	755	950	665	760	595	3	3	3	165	75
AUTOVÍA	I	TOTAL O PARCIAL	2+2	110	246	340	1095	585	820	520	655	470	3	4	4	119	62
		TOTAL		80	138	230	645	250	480	230	385	210	4	6	6	38	32

SECCIÓN TRANSVERSAL																		
CAMINOS	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS			ANCHO DE CORONAMIENTO														
	TIPOS	CATEGORÍA	CONTROL DE ACCESO	NÚMERO DE CARRILES	VELOCIDAD DIRECTRIZ	BANQUINA EXTERNA		BANQUINA INTERNA		MEDIANA		CANTERO		TOTAL	TALUD TERRAPLÉN	ZONA DESPEJADA	NIVEL DE PRUEBA DE BARRERA	ANCHO DE PUENTE ENTRE GUARDARRUEDAS
					km/h	C/PAV	S/PAV	TOTAL	BAN. INT. C/PAV	BAN. INT. S/PAV	INT. S/PAV	CANTERO TOTAL	TOTAL	VH	m	TL	m	m
AUTOPISTA	ESPECIAL	TOTAL	≥ (2+2)	130	7.3	2.5	0.5	3	1	2	≥ 10	≥ 16	≥ 36.6	≤ 1:4	10	3	11.3 (2)	150
		TOTAL		120	7.3	2.5	0.5	3	1	2	≥ 10	≥ 16	≥ 36.6	≤ 1:4	10	3	11.3 (2)	150
		TOTAL		110	7.3	2.5	0.5	3	1	2	≥ 10	≥ 16	≥ 36.6	≤ 1:4	10	3	11.3 (2)	150
		TOTAL		120	7.3	2.5	0.5	3	1	2	≥ 5	≥ 11	≥ 31.6	≤ 1:4	10	3	11.3 (2)	120
AUTOVÍA	I	TOTAL O PARCIAL	2+2	110	7.3	2.5	0.5	3	1	2	≥ 5	≥ 11	≥ 31.6	≤ 1:4	10	3	11.3 (2)	120
		TOTAL		80	7.3	2.5	0.5	3	1	2	≥ 5	≥ 11	≥ 31.6	≤ 1:4	6	3	11.3 (2)	120

CRUCES										
CAMINOS	CARACTERÍSTICAS BÁSICAS			CON FERROCARRILES		CON CAMINOS		TMDA DE DISEÑO EN VEHÍCULOS POR DÍA		
	TIPOS	CATEGORÍA	CONTROL DE ACCESO	NÚMERO DE CARRILES	VELOCIDAD DIRECTRIZ	SEGÚN RESOLUCIÓN SETOP 7/81		SEGÚN RESOLUCIÓN SETOP 7/81		>15000
					km/h	A DISTINTO NIVEL	A DISTINTO NIVEL	1500-5000	5000-15000	
AUTOPISTA	ESPECIAL	TOTAL	≥ (2+2)	130	130	A DISTINTO NIVEL	A DISTINTO NIVEL			
		TOTAL		120	120	SEGÚN RESOLUCIÓN SETOP 7/81	SEGÚN RESOLUCIÓN SETOP 7/81			
		TOTAL		110	110	SEGÚN RESOLUCIÓN SETOP 7/81	SEGÚN RESOLUCIÓN SETOP 7/81			
AUTOVÍA	I	TOTAL O PARCIAL	2+2	110	110	A DISTINTO NIVEL	A DISTINTO NIVEL			
		TOTAL		80	80	SEGÚN RESOLUCIÓN SETOP 7/81	SEGÚN RESOLUCIÓN SETOP 7/81			

Notas

1

Podrán adoptarse velocidades directrices mayores cuando no signifiquen aumentos apreciables en el costo de obra.

2

Las DVD deben mantenerse en todo el camino.

4

En zonas suburbanas o de frecuentes formación de hielo en la calzada se adoptará un peralte máximo del 6%.

5

Los valores indicados en la planilla de Zona Despejada corresponden a secciones rectas. La corrección por curva horizontal sólo es aplicable en el exterior de la curva y para radios menores que 900 m.

6

La justificación técnica-económica y diseño de barreras longitudinales por talud de terraplén se hará según lo indicado en [SS 7.6.2] Barreras longitudinales. Los 'niveles de prueba' TL de barreras se definen en [S 7.6].

En caso de proyectar barrera longitudinal, el ancho de banquina se incrementará en 1 m.

Las barreras de nivel de prueba TL-3 no se diseñan para contener y/o redirigir vehículos pesados como camiones simples, colectivos y semirremolques. Se recomienda el uso de barreras TL-4/5/6 donde haya o se prevea un alto porcentaje de vehículos pesados, geometría pobre y donde el traspaso de la barrera por un vehículo pesado es muy probable que tenga graves consecuencias. En [7.6.2.A] se indican las recomendaciones sobre el uso de los niveles TL-4/5/6

4.17 PARTICULARIDADES DE LAS AUTOPISTAS URBANAS

Por falta o deficiente administración de acceso, o por su proximidad a zonas muy urbanizadas, las autopistas de diseño originalmente rural pueden requerir su conversión en autopistas urbanas, las cuales tienen ciertas particularidades propias. Esta sección es una adaptación del Capítulo 8 *FREEWAYS* – Sección *URBAN FREEWAYS*, del Libro Verde de AASHTO 1994, traducido al español con autorización por DNV-EGIC.

- **Niveles de Servicio.** En zonas urbanas y desarrolladas, para grados de congestión aceptables, las autopistas y sus vías auxiliares (ramas, secciones de entrecruzamiento y vías colectoras-distribuidoras) generalmente se diseñan para nivel de servicio C. En secciones densamente desarrolladas de zonas metropolitanas, puede llegarse al uso del nivel de servicio D. Las autopistas urbanas pueden tener desde 4 hasta 16 carriles de tránsito directo, aunque no es usual que tengan más de cuatro carriles en un sentido.
- **Tipos.** Las autopistas urbanas suelen tener más carriles y llevar más tránsito que las rurales. Pueden ser deprimidas, elevadas, al nivel del suelo, o una combinación de los anteriores. Por lo general tienen medianas más angostas que las rurales, y tienden a tener más conexiones.

4.17.1 Diseño geométrico de los alineamientos

Velocidad directriz

En las autopistas urbanas, la velocidad directriz será de por lo menos 80 km/h; en general, debería ser de 100 ó 110 km/h, pero puede ser necesario disminuirla en zonas de terreno difícil o de denso desarrollo. Como una consideración general, la velocidad directriz de las autopistas urbanas debería reflejar la velocidad de operación segura durante las horas no pico, pero no debería ser tan alta que exceda los límites de prudentes costos de construcción, de expropiaciones y socioeconómicos. En ellas, una gran proporción de los vehículos circulan durante períodos de flujos pico, cuando se pueden desarrollar velocidades más bajas.

En general, la velocidad directriz de autopistas urbanas debe ser similar a la velocidad de circulación deseada durante las horas pico, teniendo en cuenta una velocidad razonable y prudente.

Peralte

Generalmente, el peralte máximo usado en autopistas deprimidas, a nivel o en terraplén no es aplicable a las autopistas elevadas en viaductos. La apariencia y el desarrollo adyacente limitan la diferencia de cota entre los bordes de los pavimentos. Valores de 6 a 8 % son los máximos en los viaductos. El valor menor puede usarse donde sean probables el congelamiento y derretimiento, porque generalmente los tableros de puente se congelan más rápidamente que las demás secciones de la plataforma. Deberían evitarse las combinaciones de velocidad directriz y curvatura que requieran peraltes mayores que estos valores.

Cuando las autopistas tienen tramos intermitentes en viaducto, correspondería usar peraltes máximos más bajos en toda la longitud, para promover una operación coherentemente segura. Si la nieve y el hielo no son factores de control, son aplicables peraltes máximos de 8 a 10 por ciento.

Pendientes

Las pendientes en las autopistas urbanas y rurales son muy similares. En las zonas urbanas y montañosas, se permiten mayores pendientes para ajustarse al terreno. En un medio ambiente urbano, el conductor debe procesar grandes cantidades de información en períodos cortos de tiempo, por lo que no son recomendables pendientes muy pronunciadas que dificulten los cambios de carril y otras maniobras a realizar.

Final de carril

En caso de distribuidores muy próximos entre sí, puede que sea necesaria una finalización de carril en las salidas. Esta decisión debe tomarse caso por caso, haciendo una evaluación de los cambios del volumen de tránsito en la salida. Es preferible perder un carril de la autopista en una divergencia importante, o disponiendo dos carriles de salida en lugar de uno.

4.17.2 Medianas

Una separación amplia entre sentidos de circulación es más segura y más confortable. Por lo tanto, la mediana de autopistas urbanas debería ser tan ancha y plana como fuere posible. El ancho extra de mediana también puede usarse para transporte público masivo, o para proveer carriles adicionales si se necesita más capacidad en el futuro. Sin embargo, en zonas densamente desarrolladas con zona de camino costosa, usualmente el ancho es restringido.

El ancho mínimo de mediana para una autopista urbana de cuatro carriles (dos por sentido) es de 3 m, el cual provee dos banquetas de 1,2 m y una barrera de mediana de 0,6 m.

Para autopistas con seis o más carriles, el ancho mínimo es 6,6 m -preferiblemente 7,8 m cuando el tránsito de camiones supera el VHD = 250 v/h -para permitir una banqueta de mediana más ancha. Para estos anchos mínimos, siempre se requiere una barrera de mediana. En estos casos, debe verificarse la mínima distancia visual de detención a lo largo del carril de mediana en curvas de radios relativamente pequeños.

Generalmente, las medianas angostas deberían pavimentarse en todo el ancho con un material contrastante en color y textura.

En las autopistas urbanas, la separación entre calzadas principales y colectoras suele reducirse respecto de lo indicado para autopistas rurales, tal como se muestra en la Figura 4.32.

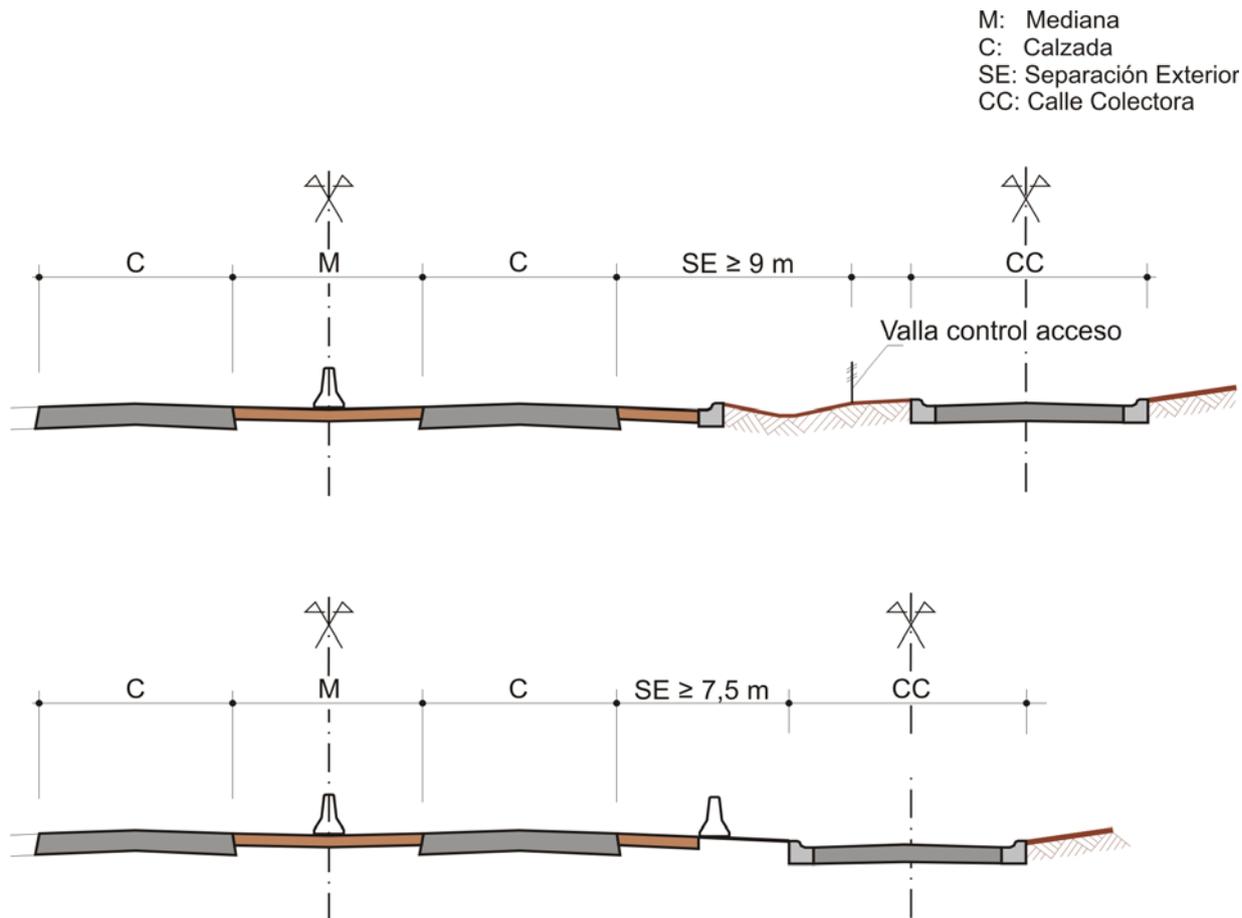


Figura 4.32 Sección transversal típica de separación-externor.
Zona de camino restringida

4.17.3 Autopistas deprimidas

Una autopista deprimida puede ocupar una cuadra completa de ancho y ser paralela al sistema de damero de calles, en gran parte de su longitud. Las autopistas deprimidas están aproximadamente 5 m -más la altura de las estructuras- debajo de la superficie de las calles adyacentes. A menudo están flanqueadas, en uno o ambos lados, por caminos frentistas al nivel de calle. Todas las calles importantes pasan sobre las plataformas directas.

Otras calles son interceptadas por los caminos frentistas o terminadas en la línea límite de zona de camino. Usualmente, la conexión de la autopista con las calles de superficie se realiza por los distribuidores.

Los distribuidores de más alta categoría se proveen en las intersecciones con ciertos arteriales principales, [C6].



Las autopistas deprimidas son recomendables porque reducen los impactos en zonas adyacentes. Sobresalen menos que las autopistas a nivel o elevadas, permiten el cruce de las calles transversales con su pendiente normal y reducen el ruido. Sin embargo, las ventajas tienen que compararse con el creciente costo de los desagües. Si bien la captación y conducción primaria de las aguas pluviales puede hacerse a gravedad, para el vertido final en un

conducto evacuador puede requerirse una estación de bombeo.

Las estructuras que pasan sobre la autopista deprimida y los muros de sostenimiento ubicados cercanos a los carriles de tránsito suelen llevar cercos para impedir la caída o lanzamiento de objetos sobre los vehículos pasantes.

Taludes y muros

Los taludes laterales de una autopista deprimida se diseñan de la misma manera que los taludes de corte en ámbito rural, teniendo en cuenta que la restricción en ancho es mucho más probable.



Normalmente, los contrataludes no deberían ser más empinados que 1:3. En zonas desarrolladas, puede ser que no se disponga de espacio para los taludes deseables, particularmente donde haya ramas, y entonces pueden ser necesarios muros de altura total o parcial.

Los muros pueden construirse de mampostería, hormigón, piedra, paneles prefabricados o metal. Los tipos de muros incluyen voladizos, entramados, cajones,

tierra armada y pilotes laminares.

Donde se usen muros de sostenimiento combinados con taludes de tierra, los muros pueden ubicarse al nivel de la plataforma adyacente a la banquina, o sobre la parte superior del desmonte. Los muros de sostenimiento en cabecera de los desmontes son deseables desde el punto de vista del conductor, porque proveen un mayor sentido de amplitud en el nivel de la plataforma. Sin embargo, sobre la vecindad circundante puede ser más ventajoso si el muro se ubica aledaño a las banquetas. Esta disposición permite la ubicación de plantaciones para ocultar el tránsito vehicular a las propiedades vecinas. También permite el mantenimiento más seguro de los taludes y el abatimiento del ruido puede ser más efectivo. Ambos diseños deberían evaluarse para determinar qué es mejor para cada situación particular.

Los muros de altura parcial o total no deberían ubicarse más cerca que el borde exterior de la banquina; preferiblemente, 0,6 m detrás. Donde el muro se localice cerca del borde de banquina, las columnas de puente, postes de iluminación y soportes de señales, no deberían sobresalir desde la parte inferior del muro y el contorno de la parte inferior del muro debería tener la *forma segura* usada en las barreras de hormigón de mediana. Donde se use tal disposición, para minimizar el ángulo de impacto la base del muro no debería ubicarse más allá de 4,5 m del borde del carril de tránsito.

Donde el tope del muro de sostenimiento esté al nivel del camino frentista, desde la cara del parapeto o baranda hasta el borde de la calzada debería haber un ancho de banquina normal, o al menos 1,2 m y preferiblemente 1,8 m. Donde un muro de sostenimiento esté adyacente a un carril auxiliar o rama, debería ubicarse como para proveer anchos normales de banquina. En el diseño de taludes y muros de sostenimiento se debe verificar la distancia visual. En alineamiento curvo, los taludes, muros y otras obstrucciones laterales deben estar suficientemente retirados desde el borde de pavimento para dar la necesaria distancia visual de detención para un vehículo en el carril de tránsito más cerca a la obstrucción.

Secciones transversales típicas

La sección transversal de las autopistas deprimidas varía considerablemente al pasar por zonas urbanas y suburbanas. Un factor importante es la disponibilidad de zona de camino, la cual depende de factores tales como el tipo y valor del desarrollo urbano, topografía, condiciones del suelo, de drenaje, y la frecuencia y tipos de los distribuidores requeridos. A veces es necesario comprometer ciertos elementos de la sección transversal por las limitaciones físicas y económicas para ajustarla a una zona de camino relativamente angosta. Las Figura 4.33 a Figura 4.35 ilustran secciones transversales deprimidas para varias condiciones y el rango aproximado de anchos de sus elementos.

En las zonas urbanas con autopistas deprimidas no es necesario mantener un ancho de zona de camino uniforme. Los cambios en el patrón de calles, las edificaciones y la curvatura en el alineamiento de la autopista son algunas causas para variar ese ancho. En algunos casos, implican a su vez ajustes en la sección transversal del camino. En tales casos, debe mantenerse un equilibrio entre los anchos de los elementos de la sección transversal. En la construcción de nuevas autopistas, los anchos de carril y banquina no están sujetos a ajustes, los cuales pueden ser posibles en los anchos de mediana y zonas de colectoras, pero la mayoría debe realizarse en el ancho de la separación calzadas principales - colectoras.

Donde la autopista esté cruzada por puentes de calles con poco espaciamiento entre si, resulta una sección continua de profundidad total. Donde los cruces de calles están más separados, es posible y económico ajustar la rasante para disminuir la profundidad del corte entre las estructuras. Con esto resulta una combinación de autopista deprimida y a nivel del terreno. Así, el diseño de las ramas se simplifica, las cantidades de excavación se reducen, los taludes laterales pueden ser más suaves, y en la zona de camino puede disponerse de zonas marginales más anchas al nivel de calle. Generalmente, el resultado es una autopista más agradable.

La Figura 4.33 muestra una sección transversal típica para una mediana de 3 a 6,6 m, carriles de tránsito de 3,65 m y 15 m por cada camino frentista. El ancho mínimo de mediana de 3 a 6,6 m se basa en la suposición de que para autopistas deprimidas la sección definitiva se construye inicialmente. Sin embargo, donde se provea ancho adicional en mediana para una construcción por etapas, la mediana debería ensancharse en múltiplos de 3,65 m (ancho del carril de tránsito).

Z/C: límite de zona de camino
C/A: línea de control de accesos

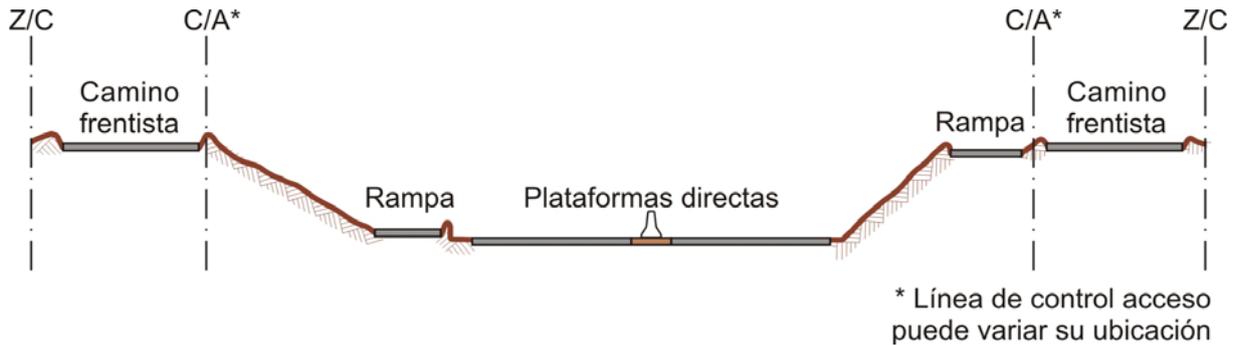


Figura 4.33 Sección transversal típica de autopistas deprimidas

Sección transversal restringida

La Figura 4.34 A muestra una sección transversal típica que permite la construcción de las secciones deprimidas con taludes de tierra en los sectores sin ramas. La Figura 4.34 B muestra una sección con ramas, desarrolladas en la zona de camino. Se requieren muros de sostenimiento en las ramas.

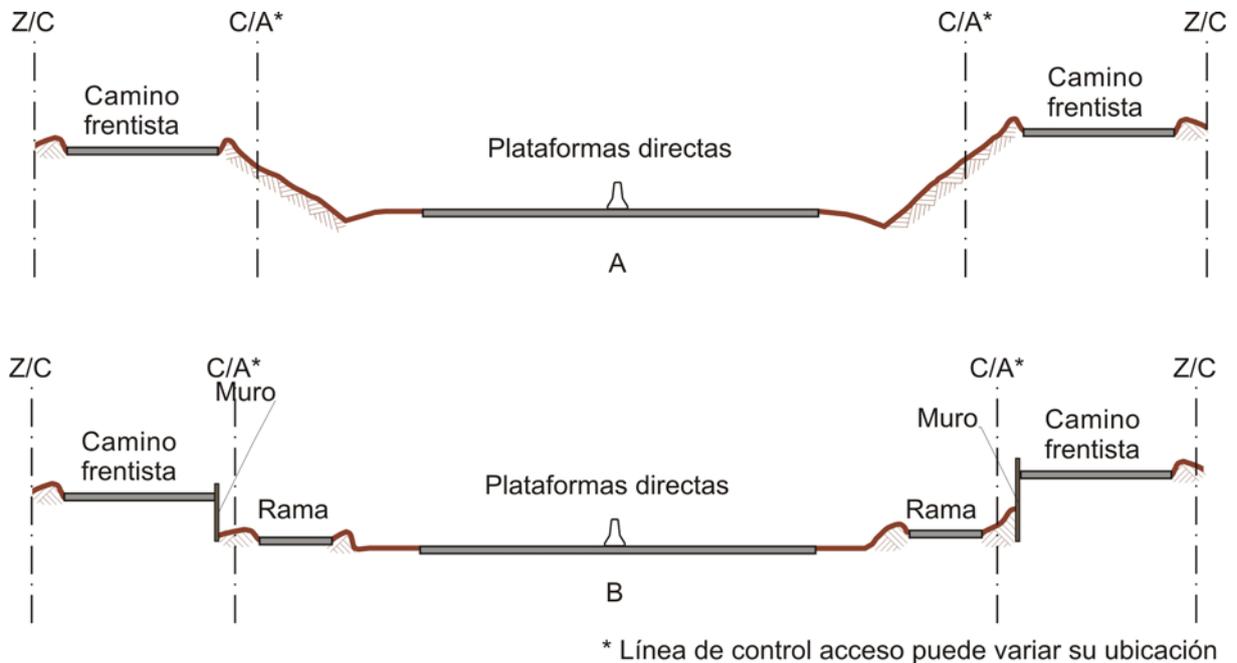


Figura 4.34 Secciones transversales restringidas para autopistas en desmonte.

Los muros pueden ubicarse en varios puntos de la sección transversal, tal como adyacente a la banquina de la autopista, adyacente a la banquina de rampa o en el tope de los taludes, o varias combinaciones de estas ubicaciones. Pueden ser necesarias algunas variaciones en las disposiciones de los muros a los lados izquierdo y derecho de la Figura 4.34 B.

Secciones transversales entre muros

La Figura 4.35 muestra posibles secciones transversales entre muros. La autopista deprimida está continuamente entre muros, sin ramas. La Figura 4.35 A muestra una sección entre muros sin voladizos.

En casos especiales donde la zona de camino es aún menor, este diseño puede consolidarse más mediante una sección en voladizo con parte del camino frentista sobresaliendo sobre el ancho de banquina de la autopista, como se muestra en la Figura 4.35 B. Mientras su valor puede variar según las restricciones y el diseño seleccionado, la distancia típica del voladizo variará entre 3 y 4,2 m. Este tipo de diseño aplicarse en casos especiales donde no puedan evitarse grandes edificios u otros obstrucciones. Una característica especial de este diseño es su efectividad para contener el ruido de la autopista en la plataforma y proteger así a las propiedades adyacentes.

Aunque las secciones transversales restringidas mostradas son aceptables, sólo deberían usarse donde la compra de terreno adicional sea extremadamente costosa, o donde se necesite este tipo de sección transversal para preservar el ambiente circundante.

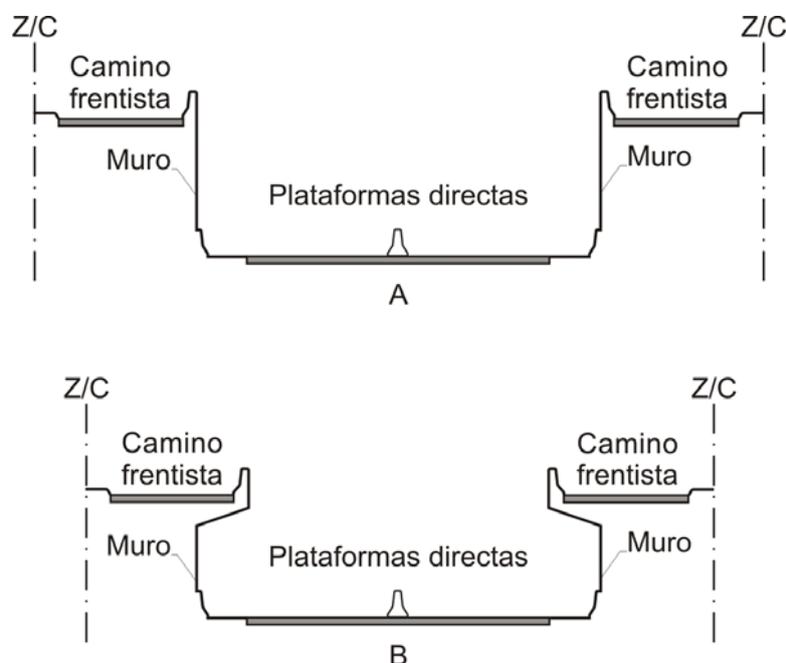


Figura 4.35 Secciones transversales con muros de sostenimiento en autopistas deprimidas sin ramas.



4.17.4 Autopistas elevadas

Características generales

Una autopista elevada puede ser en viaducto o terraplén. La continua elevación de la autopista puede ser adecuada si: la zona de camino restringida, la napa de agua alta, la existencia de gran cantidad de servicios públicos subterráneos, o un patrón de calles cercanas que debe mantenerse, desaconsejan la construcción deprimida.

En los viaductos de las autopistas elevadas se usan varios tipos de estructuras. Su diseño está influido por los requerimientos del tránsito, la zona de camino, la topografía, las condiciones de la fundación, el carácter del desarrollo urbano, los requerimientos de distribuidores, la disponibilidad de materiales o por consideraciones económicas.

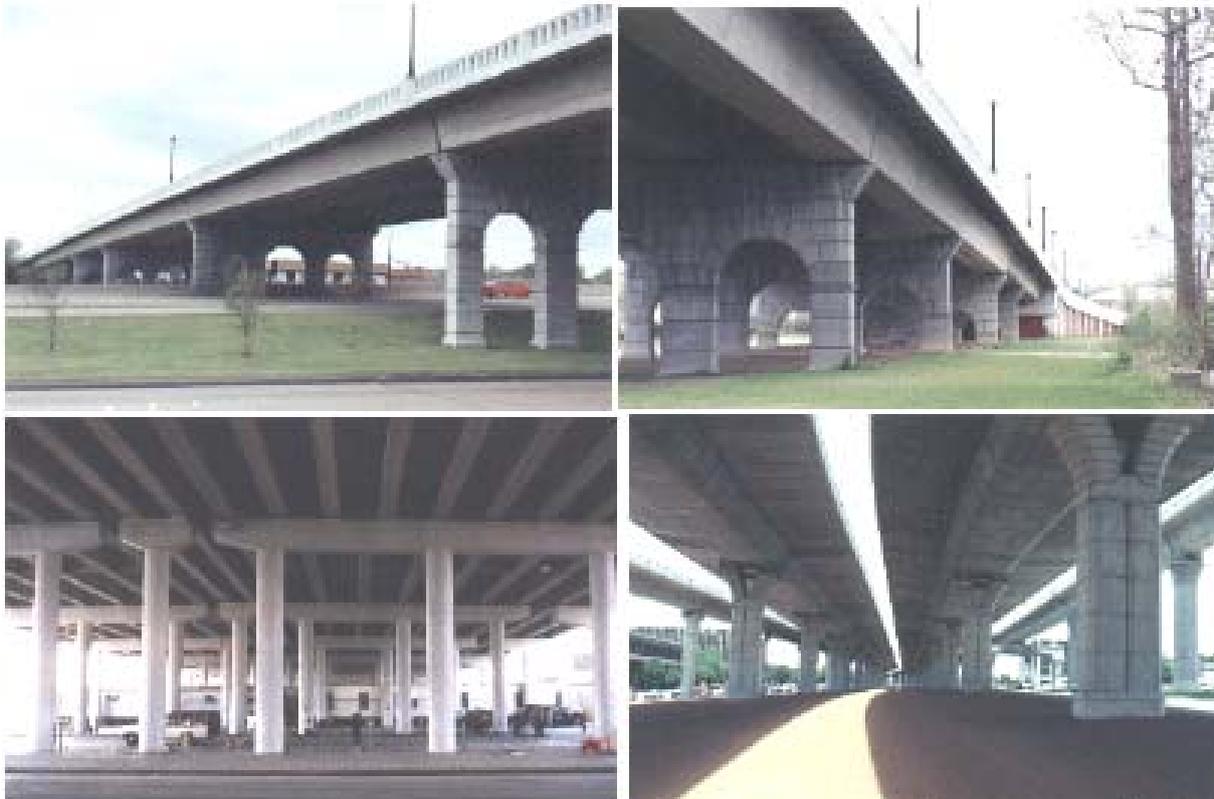
Los viaductos son el tipo de autopista más difícil de armonizar con el ambiente.

Las columnas de los viaductos se ubican para proveer razonable separación a cada lado y dejar libres para otro uso zonas a nivel de tierra.

Este diseño tiene las siguientes ventajas:

- Prácticamente todos los cruces de calles pueden dejarse abiertos con poco o ningún costo adicional
- Los servicios públicos existentes que cruzan la zona de camino de la autopista raramente son molestados

- Puede mantenerse el tránsito de superficie en los cruces de calles durante la construcción con pocos, si alguno, desvíos.



El espacio debajo de la estructura puede usarse para el tránsito de calles de superficie, para estacionamiento, o para una línea de transporte público. Si no se necesita para estos propósitos, el área bajo el viaducto tiene un valor potencial para la comunidad, para alguna forma de uso de desarrollo conjunto. Este uso puede ser cualquiera de una amplia variedad, que varían desde terrenos para juegos hasta edificios importantes. Inversamente, las desventajas del diseño son los altos costos de mantenimiento de la estructura y su sistema de drenaje cerrado, la dificultad en obtener una apariencia agradable y la difícil vigilancia del espacio no desarrollado bajo la estructura.

Una autopista elevada sobre un terraplén debe ser de altura suficiente como para permitir que las calles de superficie pasen debajo de ella. Se pueden plantear en las zonas suburbanas donde las calles transversales están ampliamente espaciadas y se dispone de ancha zona de camino y suelo para terraplén.

Usualmente, una sección en terraplén sobre una autopista de tipos combinados en terreno ondulado donde el material de excavación proveniente de las secciones deprimidas se usa para el terraplén. Donde sea necesario, el terraplén puede confinarse mediante muros de altura total o parcial, sobre uno o los dos lados. Las zonas con taludes quedan disponibles para plantaciones que mejoren la apariencia de la autopista.

Medianas

No pueden establecerse reglas definidas sobre la adopción de anchos. En general los anchos deberían estar en equilibrio con el resto de la sección transversal.

Donde la autopista esté sobre un viaducto continuo, el ancho de la mediana será el mínimo necesario para acomodar las banquetas de mediana y una barrera.

Donde la autopista esté sobre un terraplén y el ancho de la mediana sea aproximadamente 9 m o menos, para impedir que los vehículos entren en la mediana y caigan a un río o camino debería considerarse construir un tablero completo para ambas calzadas. Donde se use una barrera de mediana, el tablero también permite la continuidad de la barrera.

Ramas y terminales

El diseño de ramas y conexiones para todos los tipos de autopistas se cubre en el [C6]; no obstante, aquí se tratan algunos detalles y controles peculiares para secciones elevadas.

Generalmente, las autopistas sobre viaductos se ubican en zonas densamente desarrolladas donde los valores inmobiliarios son altos y el espacio limitado. Sin embargo, las varias formas de conexiones de ramas, tales como rulos, directas y semidirectas, son tan adaptables a las autopistas elevadas como a las deprimidas u otros tipos.

A pesar del alto costo de las autopistas elevadas, no deberían reducirse las longitudes de los carriles de cambio de velocidad. Sus longitudes deberían ajustarse a los requerimientos tratados en el [C6]. Los largos carriles de aceleración son especialmente necesarios porque una rama que conduce a una estructura elevada usualmente está sobre una pendiente en subida (rampa) relativamente empinada. Los camiones requieren una distancia considerable para ganar la velocidad del camino. Las áreas de las narices en las salidas desde una estructura elevada tienen un alto potencial de accidentes. El diseño debería proveer tanto espacio en la zona de la nariz como sea práctico, para recuperación y para permitir la instalación de un dispositivo de amortiguación de impactos.

Caminos frentistas

Generalmente, los caminos frentistas nuevos adyacentes a las autopistas en viaducto no son necesarios porque usualmente la red de calles locales no es molestada. Usualmente, las calles paralelas y transversales son adecuadas para proveer la circulación local y el acceso; sin embargo, los caminos frentistas pueden ser necesarios para usarlos con autopistas en terraplén, para proveer adecuada circulación y accesos locales.

Separación hasta la línea de edificación

La separación lateral mínima entre un viaducto de autopista y los edificios adyacentes puede ser un elemento significativo de la sección transversal.

Donde los edificios están cerca de la plataforma, los factores principales son:

- Espacio de trabajo para mantenimiento y reparaciones de las estructura o edificios
- Espacio para impedir el daño por esparcimiento de agua y sal (contra la nieve)
- Espacio protector contra el posible daño por fuego, y
- Espacio para escaleras y otros equipos contra incendio para alcanzar desde la calle los pisos superiores de los edificios

Donde el alineamiento sea curvilíneo, las separaciones de los edificios deberían ser suficientes como para asegurar la adecuada distancia visual de las señales.

Todos estos requerimientos de espacio son razonablemente bien satisfechos mediante una separación de 4,5 a 6 m. Tal separación provee un razonable -pero cerca del mínimo- espacio para mantenimiento, reparación, construcción o reconstrucción de los edificios y el viaducto; impide el daño a la estructura desde un incendio de edificio -o a los edificios desde un vehículo incendiado- y permite la elevación y uso de escaleras y algún equipamiento contra incendios. Sin tal separación, se estorbaría el uso de algún equipamiento contra incendio, tal como escaleras mecánicamente elevadas. Algunas de estas unidades podrían operar desde la autopista elevada.

Secciones transversales típicas

Los anchos de las secciones de autopista elevada varían considerablemente, como también los anchos de la zona de camino en la cual se desarrollan. Para las autopistas elevadas sobre terraplenes, los anchos totales requeridos son aproximadamente los mismos que para autopistas deprimidas. Las autopistas elevadas sobre estructuras pueden sobresalir sobre las plataformas laterales o veredas, pero las plataformas laterales o veredas también pueden sobresalir sobre las autopistas deprimidas.

Una ventaja de las autopistas elevadas sobre los viaductos es que el espacio bajo la estructura puede destinarse a calles, estacionamiento u otros propósitos. El espacio sobre una autopista deprimida también puede dedicarse a estos propósitos, pero sólo a un considerable costo adicional.



Figura 4.36 Autopistas elevadas

La diferencia de cotas entre la calle local y la autopista elevada, es aproximadamente 6 m. La separación vertical entre la calle local y el puente de la autopista varía desde 4,3 hasta 5 m.

Donde se pase sobre un ferrocarril, usualmente se requiere una separación vertical del orden de 5,6 m, lo cual hace necesario tener la rasante de la autopista elevada alrededor de 7,2 m sobre los rieles. La altura vertical -otra que la determinada en las separaciones de calles o ferrocarriles- está determinada por la cota de terreno y la rasante de la autopista. En las ramas, es ventajoso tener el viaducto tan bajo como sea posible. El costo de construcción inicial, y el costo y facilidad de operación de los vehículos que usan las ramas son favorecidos por los viaductos bajos. Donde pueda desarrollarse graciosamente, estos factores combinados pueden justificar una rasante de autopista ondulada; sin embargo, debería evitarse el efecto *montaña rusa*. Donde una rasante de viaducto tenga una separación menor que unos 3 m desde el lado inferior de la estructura hasta el suelo, usualmente será mejor alterar el diseño para proveer muros de sostenimiento y terraplén, a menos que el espacio inferior pueda usarse para otros propósitos, tal como un estacionamiento.

Autopistas en viaducto sin ramas

La Figura 4.37 muestra secciones transversales típicas de autopistas elevadas sin ramas sobre las estructuras.

- Todo espacio debajo de la estructura está disponible para calles de superficie u otro uso comunitario.
- El ancho de carril es 3,65 m.
- El ancho de banquina para cuatro carriles es 3 m a la derecha y 1,2 m a la izquierda; para seis y ocho carriles, el ancho de banquina es 3 m a derecha e izquierda.
- El ancho de mediana es 3 m para cuatro carriles y 6,6 m para seis y ocho carriles.
- La separación mínima entre estructura y línea de edificación es 4,5 m. Para la Figura 4.37 B, la separación mínima sería 6 m.

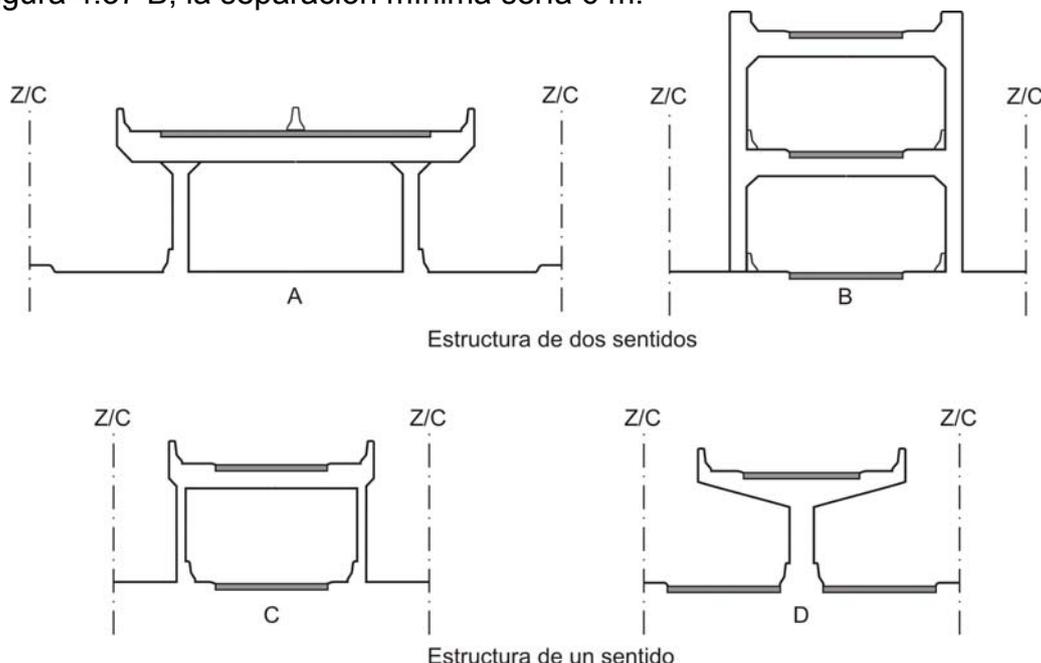


Figura 4.37 Secciones transversales típicas; autopistas urbanas en estructuras sin ramas

En la Figura 4.37 A, el voladizo permite ubicar calles de superficie fuera de las líneas de columnas, y el área entre las columnas puede usarse para tránsito vehicular, transporte público o estacionamiento.

Donde se puedan lograr los necesarios anchos de zona de camino, puede ser posible convertir la estructura normal de dos sentidos y un nivel en una de dos niveles. El diseño de doble tablero de la Figura 4.37 B no es un tipo común, pero se adapta a zonas de camino angostas, particularmente donde se requieran pocas ramas. Las estructuras de doble tablero tienen la desventaja de las largas rampas estructurales para el necesario cambio de cota desde la plataforma tope hasta las calles locales de la ciudad. Las estructuras de doble tablero también pueden adaptarse donde no sea posible continuar la autopista como una estructura de tablero único por grandes edificios, o por otras razones. La conversión a construcción de doble tablero a través de tales áreas confinadas puede ser la única solución.

A veces, una autopista elevada se construye en dos estructuras de un sentido, como se muestra en las Figura 4.37 C y D. Las estructuras pueden estar separadas por una o más cuadras de la ciudad. La estructura puede ser de una sección de dos columnas, como en la Figura 4.37 C, lo cual depende de la disposición de las calles debajo de la estructura y otros controles.

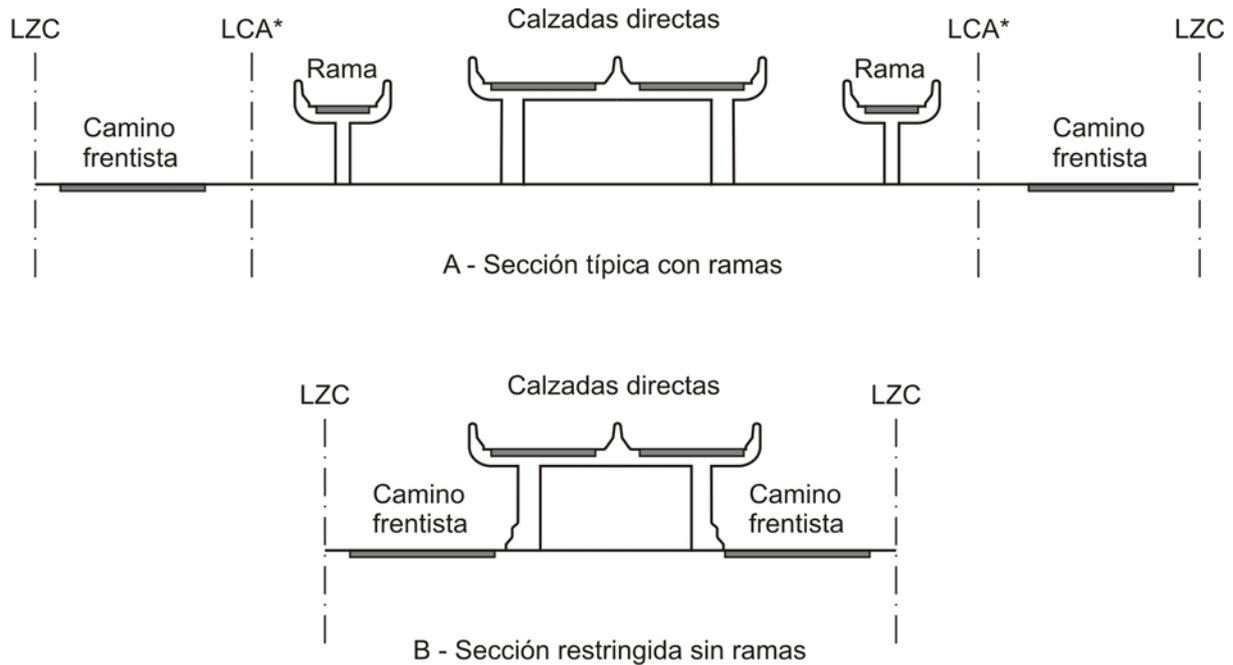
Autopistas en viaducto con ramas

Generalmente, las autopistas elevadas se desarrollan en un único nivel con estructuras de dos sentidos, de las cuales la sección básica se muestra en la Figura 4.37 A.

Las disposiciones de las secciones transversales para las autopistas elevadas sobre estructuras con ramas y caminos frentistas se ilustran en la Figura 4.38. Las dimensiones siguientes se usan para ilustración general:

Ancho mediana	3 a 6,6 m
Ancho carril	3,65 m
Ancho banquina derecha:	
Cuatro-carriles	3 m
Seis y ocho-carriles	3 m
Ancho banquina izquierda	
Cuatro-carriles	1,2 m
Seis y ocho-carriles	3 m
Ancho muros	0,6 m
Separación entre estructura y línea de edificación	4,5 m

El ancho de zona de camino puede variar considerablemente. El elemento más flexible es la separación exterior. Una sección elevada sobre estructura tiene gran flexibilidad en la disposición de la zona de camino.



* Línea de control de accesos - ubicación puede variar

Figura 4.38 Secciones transversales para autopistas elevadas en estructuras, con caminos frentistas

En ubicaciones apretadas donde no se proveen ramas, los caminos frentistas pueden ubicarse bajo una sección en voladizo de la estructura, como se muestra en la Figura 4.38 B. En estas ubicaciones, la mínima separación a la línea de edificación puede proveer espacio suficiente para los caminos frentistas. Donde no sea necesario angostar el ancho de la zona de camino antes y detrás de las ramas, es posible obtener una separación liberal entre la estructura y la línea de edificación. Como resultado, puede haber espacio para un cinturón verde, espacio para estacionamiento fuera de la calle frentista, o una zona fronteriza más amplia y el camino frentista.

Autopistas elevadas en terraplén

Las autopistas elevadas sobre terraplenes de suficiente altura como para permitir que las calles de superficie pasen bajo ellas, se ajustan donde el terreno es ondulado y la zona de camino suficientemente ancha para tender taludes paisajísticamente agradables. La Figura 4.39 muestra secciones transversales típica y restringida. Las mitades izquierdas de las secciones ilustran las separaciones exteriores sin rampas en el mismo ancho de zona de camino. La diferencia de cota entre el camino frentista y la plataforma directa es aproximadamente de 6 m.

La sección provee anchos de mediana de 3 a 6,6 m, anchos de carriles de 3,65 m y anchos de banquetas derechas de 3 m. La separación exterior puede permitir el uso de taludes de tierra en sectores sin ramas, pero en las ramas se requieren muros de sostenimiento. Generalmente, los taludes de terraplén más suaves que 1:3 requerirán una barrera lateral. Puede ser necesario el tratamiento especial de los muros, o la plantación de árboles y arbustos para hacerlos estéticamente más agradables.

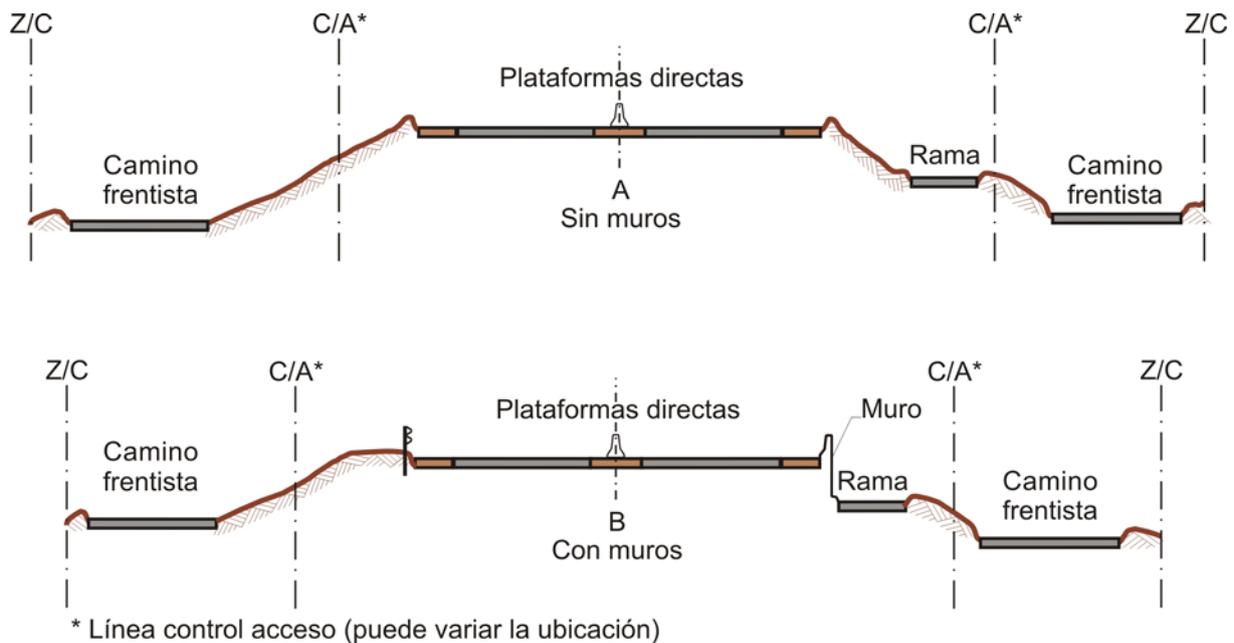


Figura 4.39 Secciones transversales para autopistas elevadas en terraplén

4.17.5 Autopistas a nivel

Características Generales

Muchas autopistas de longitudes importantes se construyen esencialmente a nivel de terreno. Este diseño se usa en terreno plano, paralelo a ferrocarriles y cursos de agua. Las autopistas a nivel de terreno son también adecuadas en las zonas suburbanas donde las calles transversales están ampliamente espaciadas.

Una característica principal es que la rasante de cada camino transversal cambia de modo que pase sobre o bajo la autopista. Estas autopistas tienen muchas de las características de las autopistas rurales. Generalmente, las autopistas a nivel no son posibles en zonas altamente desarrolladas dado que los perfiles de los caminos transversales no pueden alterarse sin grave impacto sobre la comunidad. Los cambios de rasante de las calles transversales se tratan en la sección [SS4.17.6 Autopistas combinadas].

Donde la autopista a nivel siga el damero de la ciudad, es deseable proveer caminos frentistas continuos de un sentido, para servir como un medio de conexión de las calles. Sin embargo, habrá situaciones donde los caminos frentistas de dos sentidos pueden ser el único medio de mantener el servicio local, aunque son menos deseables que los caminos frentistas de un sentido. Usualmente, estas autopistas se emplean en las secciones alejadas del centro de las zonas metropolitanas donde los terrenos no son tan caros como en las zonas céntricas.

Como resultado, se amplían los anchos de los elementos variables -medianas, separaciones exteriores y zonas fronterizas- para incrementar la seguridad y apariencia de la autopista.

Secciones transversales típicas

Las Figura 4.40 y Figura 4.41 muestran secciones típicas de autopistas a nivel de terreno con y sin caminos frentistas. Donde inicialmente sólo se proyecten cuatro o seis carriles, puede ser deseable proveer la misma zona de camino propuesta para la construcción de seis y ocho carriles. En estas situaciones, la mediana debería ensancharse mediante múltiplos de 3,65 m, con anticipación a la necesidad de carriles adicionales. Este paso simplifica la instalación de carriles adicionales. El costo sería marginal y habría una mínima alteración del tránsito.

La Figura 4.40 muestra secciones transversales típicas para autopistas a nivel de terreno. La Figura 4.40 A ilustra una sección con caminos frentistas y la Figura 4.41 B una sin caminos frentistas.

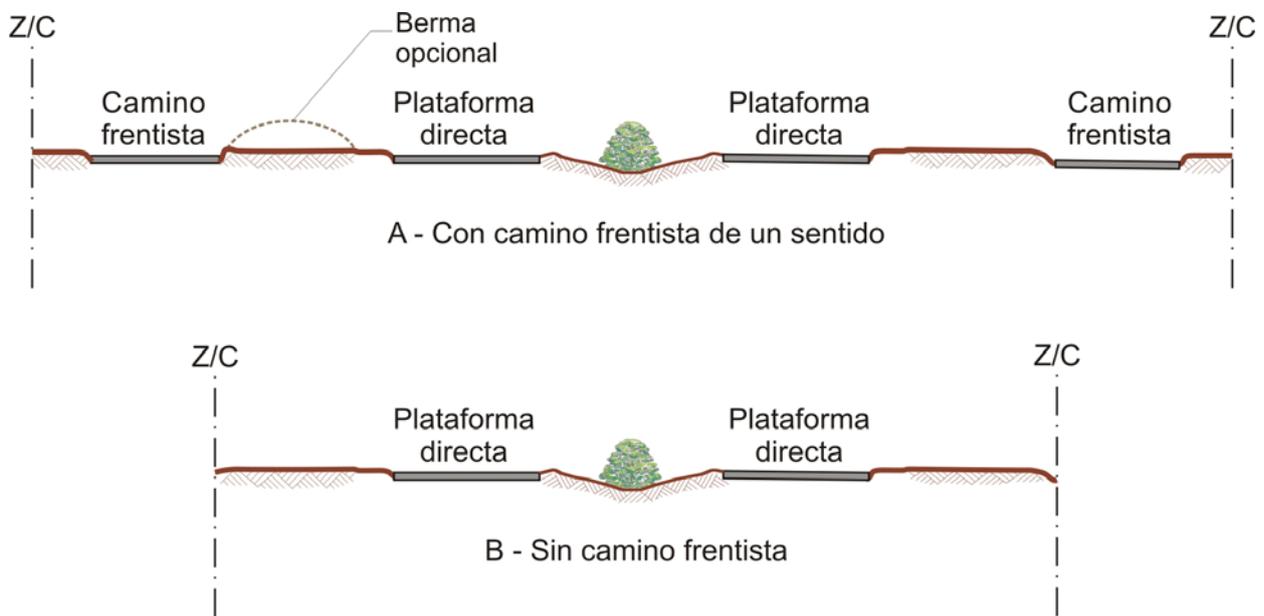


Figura 4.40 Secciones transversales típicas para autopistas a nivel de terreno.

Donde se disponga de zona de camino adicional, las separaciones exteriores y zonas laterales deberían ensancharse para proveer cinturones verdes estéticamente agradables y aislar la autopista de la zona circundante. Donde las ramas se conecten con los caminos frentistas, el ancho de las separaciones exteriores debería incrementarse para permitir un libre diseño de la rama y sus terminales.

Donde se disponga de suelo para terraplenes y el ancho de la sección transversal sea suficiente para construir taludes traspasables con seguridad, puede ser deseable una berma de tierra en la mediana, separación exterior o límite de la zona de camino. La berma de tierra protege la autopista de la vista, disminuye los ruidos del camino y las zonas adyacentes y minimiza el resplandor de los faros.

Deben hacerse adecuadas provisiones de drenaje para asegurar que el agua no inunde la zona de banquina.

Secciones transversales restringidas

La Figura 4.41 ilustra secciones transversales restringidas de autopistas a nivel. Específicamente, la Figura 4.41 A muestra una sección transversal restringida con un camino frentista de dos sentidos.

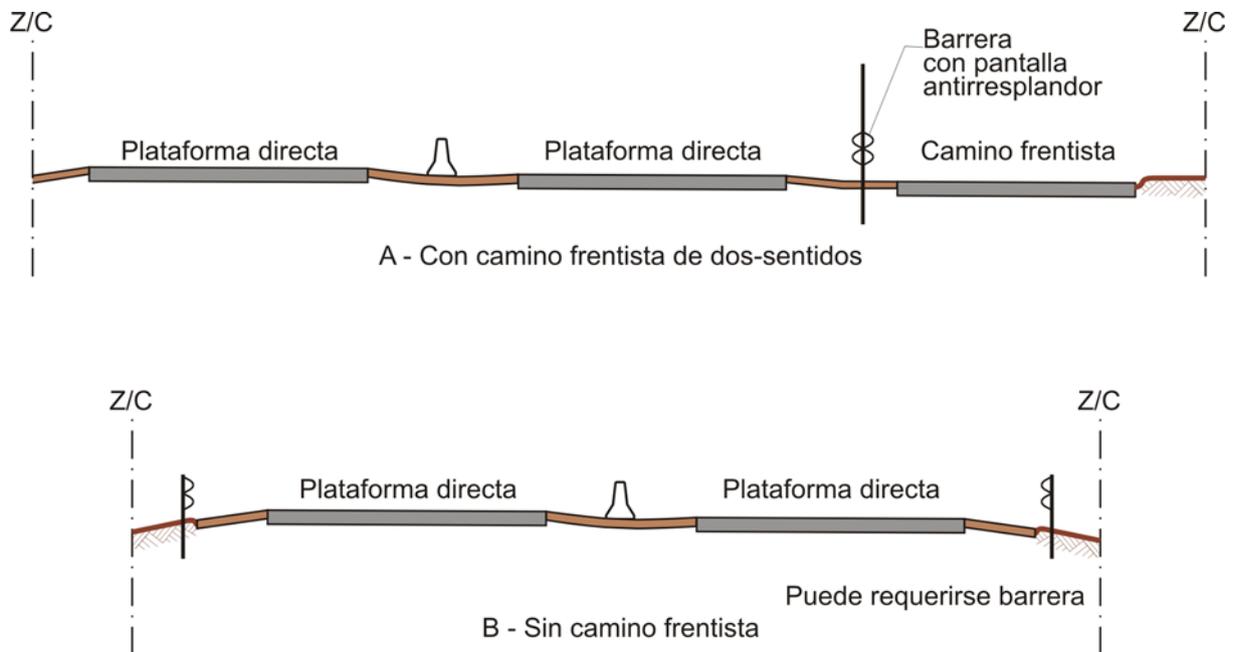


Figura 4.41 Secciones transversales restringidas para autopistas a nivel de terreno

La Figura 4.41 B muestra la sección transversal restringida sin caminos frentistas. Con secciones restringidas, la mediana y la separación exterior deberían pavimentarse.

En estas medianas angostas se requiere una barrera de mediana. Con caminos frentistas de dos sentidos es deseable proveer una barrera en la separación exterior en lugar de un cerca de control de acceso. Preferiblemente, la barrera debería ubicarse cerca del camino frentista para permitir un espacio de recuperación fuera de las banquetas de la autopista. Donde no haya fuentes fijas de iluminación, puede ser deseable una pantalla contra encandilamiento en la separación exterior.

La Figura 4.42 es un ejemplo de una autopista a nivel de seis carriles sin caminos frentistas en una zona de camino restringida.



Figura 4.42 Autopista a nivel de terreno, zona de camino restringida sin caminos frentistas.
Acceso Norte Buenos Aires

La mediana angosta comprende dos banquetas pavimentadas de 1 m y una barrera de hormigón. Se ensanchó la barrera para acomodar las instalaciones de iluminación a doble mástil, las cuales iluminan ambas plataformas.

4.17.6 Autopistas combinada

Características generales

En muchos casos, las autopistas son, en parte, deprimidas, elevadas y a nivel. Las variaciones y combinaciones de estos tipos se tratan en esta sección.

Estas autopistas resultan de variaciones en la rasante o sección transversal. El tratamiento siguiente se agrupa sobre la base de estas dos condiciones de control.

Control de rasante

- **Terreno ondulado.** La planialtimetría típica de una autopista combinada se muestra en la Figura 4.43. La rasante se desarrolla mediante los pasos superiores sobre algunas calles transversales y bajo calles con puentes en otras. Generalmente, la vía no está ni deprimida ni elevada, aunque por cortas longitudes corporiza los principios de diseño de caminos totalmente deprimidas o totalmente elevadas.

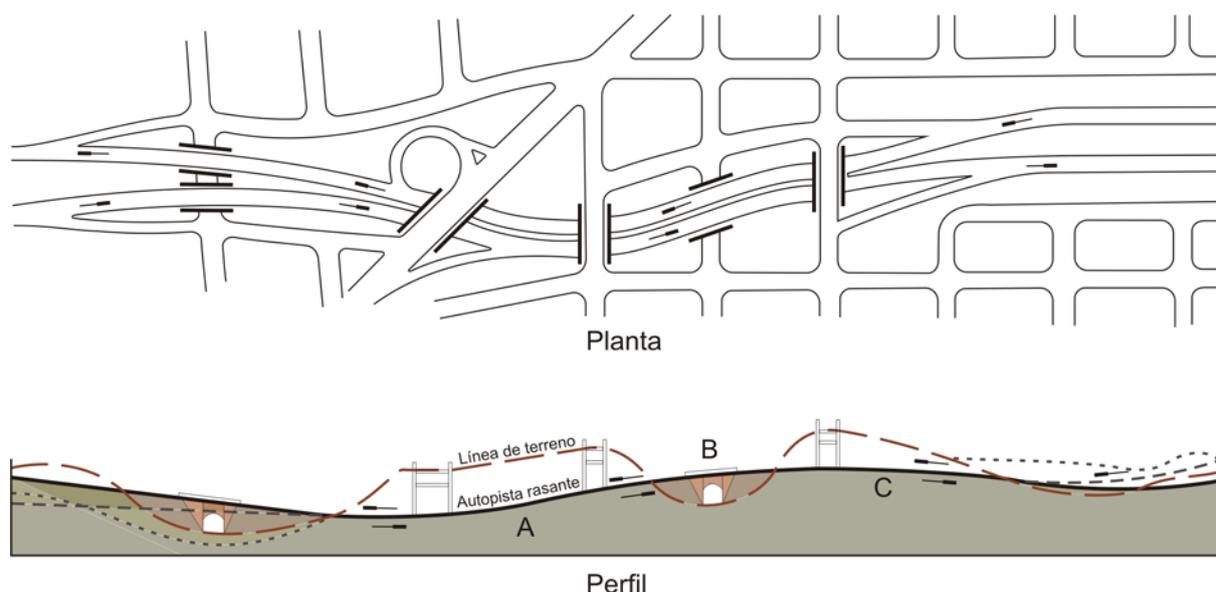


Figura 4.43 Control de rasante-terreno ondulado autopista tipo-combinación

En A y C la vía está deprimida, en B está elevada sobre un terraplén y en cada extremo de la ilustración se aproxima a una sección a nivel de terreno. Entre A y C la plataforma es de sección transversal fija con una mediana angosta, sección impuesta por las restricciones laterales y el costo del movimiento de suelos.

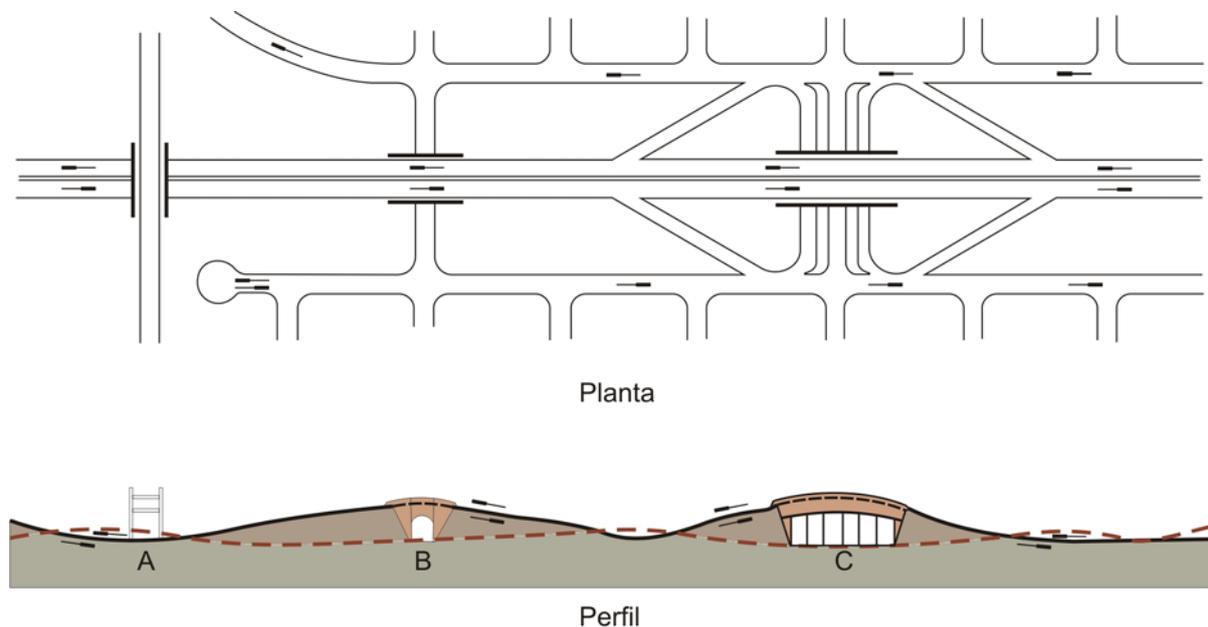
Cerca de cada extremo de la ilustración la rasante y la sección transversal son variadas para ajustarlas al terreno transversalmente inclinado y a controles menos rígidos, con una rasante de línea central independiente diseñada para cada plataforma de un sentido. Este tipo general de diseño, el cual se aproxima al carácter de una autopista rural, es recomendable en terreno ondulado.

- **Terreno plano.** Una variación de una autopista combinada en terreno plano se ilustra en la Figura 4.44. Entre las estructuras de separación de niveles, la rasante sigue estrechamente el terreno existente. La autopista pasa sobre nivel de las calles transversales importantes mediante la ondulación de la rasante o, donde es posible, los cruces de calles son llevados sobre la autopista como en A.

Este diseño se ajusta al terreno plano donde las condiciones del suelo y agua superficial o la densa concentración de servicios públicos subterráneos impiden la depresión de la autopista en cualquier gran extensión, o donde la construcción de un viaducto continuo es demasiado costosa, o por otras razones objetable. La disposición permite la provisión de ramas entre las separaciones de nivel.

Donde se pasen sobre nivel varias calles transversales cercanas, resulta una rasante tipo *montaña rusa*, la cual es objetable, particularmente cuando el camino está en recta. En caminos curvilíneos, la objeción de un perfil montaña rusa disminuye en cierto grado porque los conductores no pueden ver adelante más que una o dos separaciones de nivel. Además de la pobre apariencia resultante de la distorsión visual, una sucesión de tales puntos altos y bajos pueden molestar a los conductores cuando ven dos o más separaciones de nivel adelante.

Un vehículo que se mueve adelante puede desaparecer en estas depresiones ciegas y reaparecer de nuevo. La rasante debería diseñarse para eliminar las depresiones que pudieran limitar la distancia visual recomendada.



Nótese el objetable perfil “montaña rusa”

Figura 4.44 Control de rasante-terreno autopista tipo-combinación.

Una autopista en terraplén puede llevarse arriba de una calle transversal con una estructura convencional de separación de niveles (como en B de la Figura 4.44 o sobre una estructura relativamente larga como en C). La disponibilidad de suelo para terraplén y sus pueden ser un control. Una leve depresión de las calles transversales debajo de la superficie de terreno y la elevación de la rasante de la autopista unos pocos metros sobre el nivel del terreno entre las separaciones minimizará las subidas y bajadas, y suavizará el perfil ondulado. Adicionalmente, la rasante puede mejorarse mediante la elevación de algunas calles transversales para pasarlas sobre la autopista.

Control de sección transversal

Los ejemplos de la Figura 4.45 también se consideran autopista combinada, pero aquí la influencia primaria sobre el diseño es la sección transversal.

Usualmente, estos diseños especiales se aplican a longitudes relativamente cortas para cumplir condiciones específicas. La Figura 4.45 ilustra un diseño donde una plataforma de la autopista está sobre y la otra debajo del terreno existente. Una calzada de un sentido va deprimida y la otra elevada, separadas en cota para permitir que las calles transversales pasen por un nivel intermedio (superficie). Esta disposición puede ser adecuada donde la zona de camino no es suficientemente ancha para una vía de dos sentidos elevada o deprimida, y donde una estructura elevada de dos niveles sobre el terreno podría ser objetable. Donde se provean ramas, se requerirá zona de camino más ancha.

Puede emplearse un diseño especial con secciones parcialmente elevadas y parcialmente entre muros en niveles escalonados, como muestra la Figura 4.45 B. También puede usarse una variedad de otros diseños, incluyendo una estructura de tablero de dos sentidos y un nivel, o una sección de corte y terraplén de dos sentidos y un nivel retenida por muros.

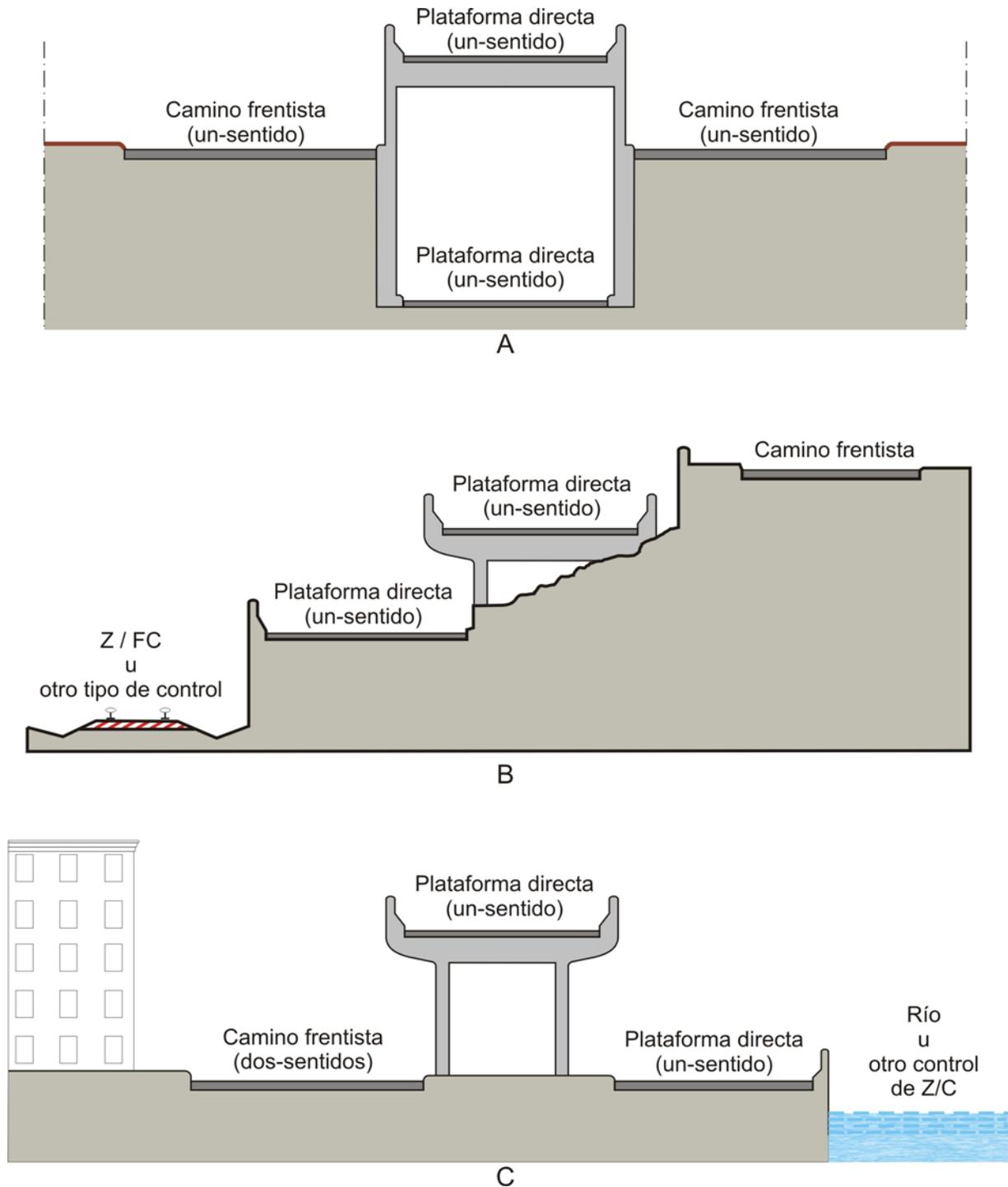


Figura 4.45 Control de sección transversal autopista tipo-combinación

El diseño seleccionado podría depender de la pendiente del terreno, condiciones del suelo y ancho de zona de camino. Pueden encontrarse dificultades en las calles transversales con probabilidad de tener pendientes empinadas, pero usualmente las zonas de tal topografía tienen pocas calles transversales.

En la Figura 4.45 se muestra otra variante de una autopista combinada, compuesta de una calzada principal a nivel de superficie y de otra sobre una estructura elevada. Este diseño se puede aplicar a lo largo de la parte de una ciudad que da al mar o a un ferrocarril, donde la zona de camino es relativamente angosta y hay pocas calles transversales.

El acceso hacia y desde la calzada principal a nivel se brinda directamente en las calles que cruzan el camino frentista. El acceso hacia y desde la plataforma elevada se logra por ramas laterales que pasan por arriba del camino frentista de la izquierda.

4.17.7 Autopistas especiales

Plataformas con carriles reversibles

Ciertas condiciones especiales pueden sugerir el uso de plataformas con carriles reversibles en una autopista. Usualmente se ubica una calzada separada reversible en el área normal de mediana, como se muestra en la Figura 4.46 A. Hay ventajas y desventajas en las plataformas de flujo reversible. Proveen una operación más confortable para los usuarios, aunque pueden tener capacidad ociosa debido al limitado número de puntos de acceso. Los costos de construcción, mantenimiento y operación para una autopista de este tipo también pueden diferir considerablemente de los de una autopista convencional.

Una plataforma separada de flujo reversible debería considerarse cuando:

- La distribución por sentidos durante las horas pico está sustancialmente desequilibrada (p. ej., partición de 65/35 por ciento) y los volúmenes de tránsito requieren una vía convencional con más de ocho carriles de ancho
- Los controles de diseño y las limitaciones de zona de camino son tales que no es posible la provisión de dos o más vías en zonas de camino separadas, y
- En las horas pico, un alto porcentaje del tránsito es de largo recorrido entre los puntos principales de origen (p. ej. las zonas residenciales suburbanas) y de destino (p. ej. el centro de la ciudad), con poca o ninguna necesidad de intercambio intermedio

En algunas grandes zonas metropolitanas, la demanda puede ser suficientemente grande como para justificar el uso de una plataforma reversible exclusivamente para ómnibus u otros vehículos de alta ocupación (calzada/carril BUS – VAO).

El ancho de zona de camino requerido por una autopista con carril reversible no es muy diferente del que necesita una autopista convencional que sirve a un volumen de tránsito equivalente. Con las dimensiones mostradas en la Figura 4.46 B, la zona de camino para la autopista reversible tres-dos-tres es la misma que la requerida por una autopista convencional de 10 carriles con un mediana de 7,2 m.

La sección transversal de la Figura 4.46 B tiene banquetas totales a derecha e izquierda sobre la plataforma de flujo reversible porque lleva tránsito en ambos sentidos (en distintos momentos del día: ingreso a la mañana, salida a la tarde).

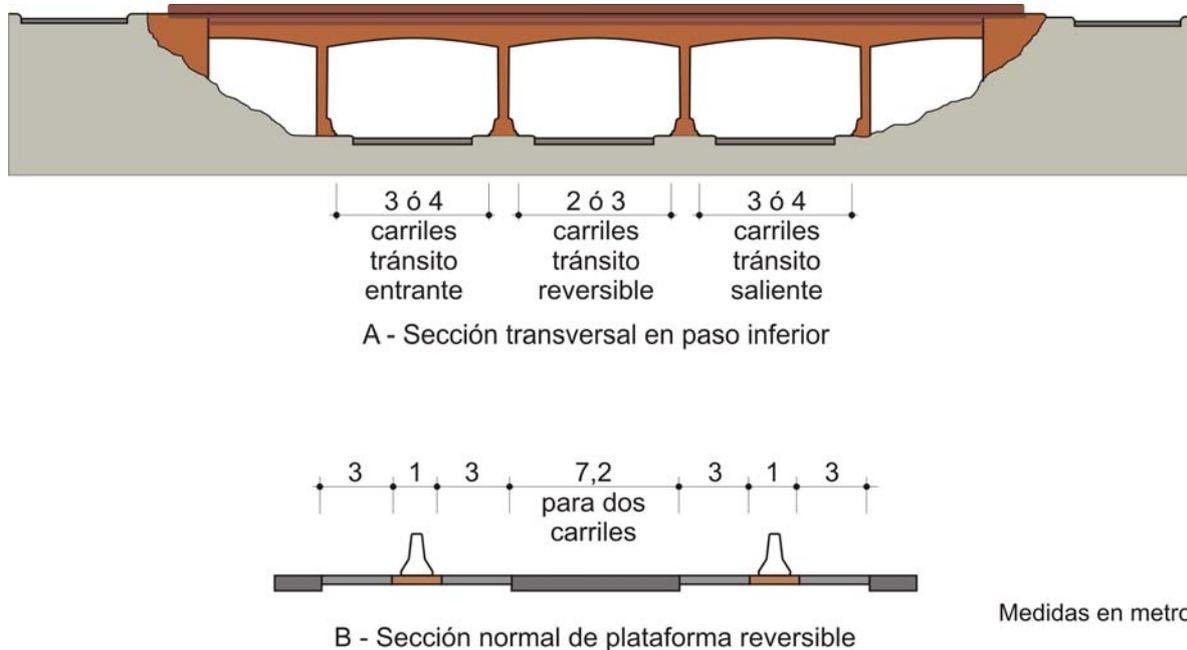


Figura 4.46 Secciones transversales típicas para operación de flujo-reverso.

Se necesitan adecuados terminales para transferir el tránsito entre la sección con carriles reversibles y la sección de autopista convencional o el sistema de calles locales.

Normalmente, una sección de plataforma reversible termina mediante la transición de tres plataformas a dos plataformas de sentido normal, como se muestra en la Figura 4.47 A. En algunos casos, la sección reversible termina en una bifurcación principal y la disposición terminal puede ser similar a la mostrada en la Figura 4.47 B o C.

Como se ilustra en la Figura 4.47 A, el extremo de la plataforma reversible tiene forma de Y, con conexiones de entrada y salida sobre el lado de la mediana de las calzadas normales. La conexión de entrada que conduce a la plataforma reversible es relativamente fácil de proveer y no suele haber problemas operacionales en este punto.

Sin embargo, la conexión de salida requiere tener en cuenta muchos factores para evitar situaciones de entrecruzamiento conflictivas durante los flujos pico. Como mínimo, las conexiones deberían diseñarse como bifurcaciones principales de 350 a 600 m de largo. Las longitudes recomendables para los carriles adicionales en la plataforma normal son de 750 a 1000 m. Tales carriles proveerán un entrecruzamiento adecuado.

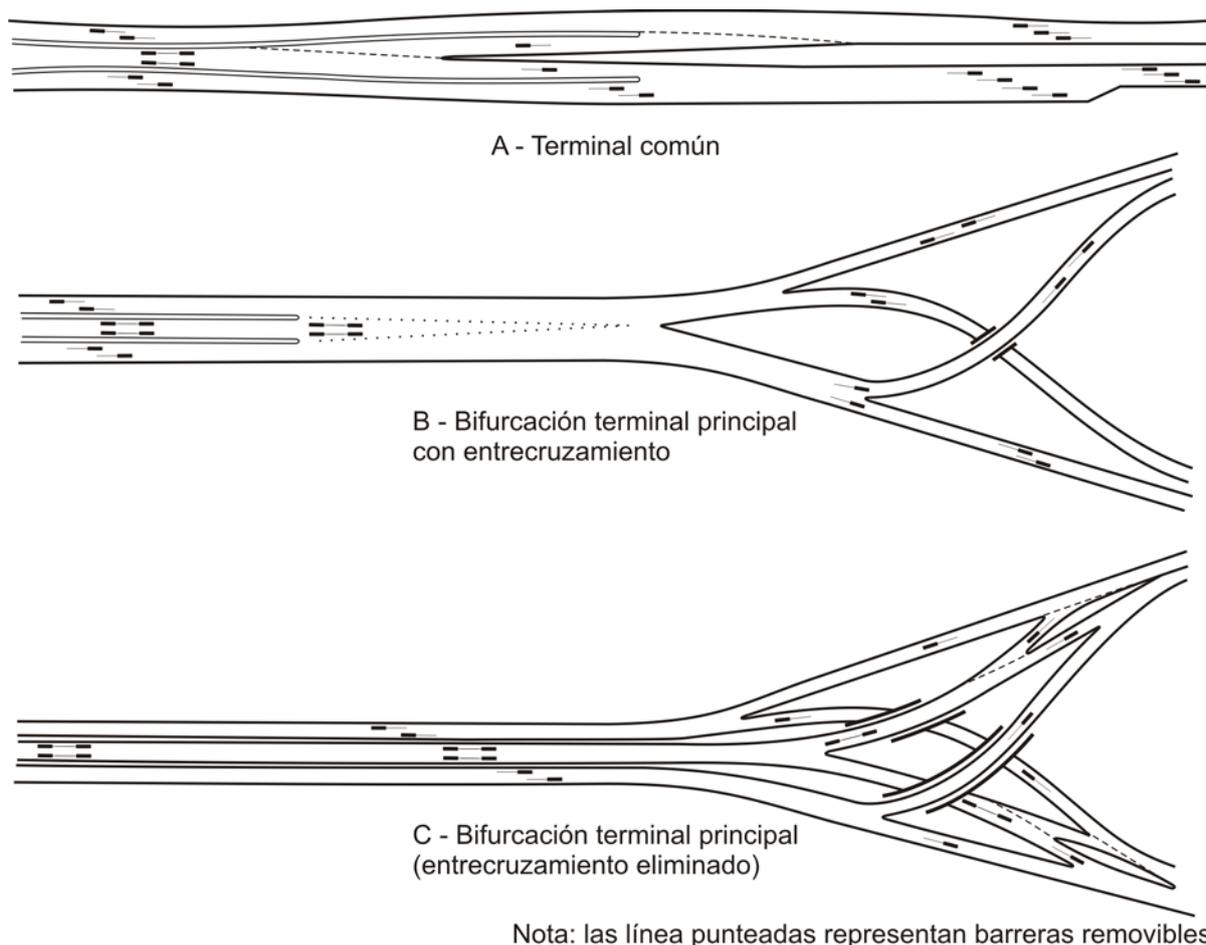


Figura 4.47 Terminales de plataforma reversas

Si hay una salida importante desde los carriles normales en la cercanía de la terminal de la plataforma reversible, esta debería extenderse hasta después de esa salida. Inversamente, donde haya una entrada destacada cerca del inicio de la plataforma reversible, ésta debería ubicarse antes de esa entrada. Esta disposición minimiza la congestión y elimina los conflictos de entrecruzamiento.

Si los carriles reversibles terminan en una bifurcación principal de la autopista, la disposición de estructura única mostrado en la Figura 4.47 B requeriría entrecruzamiento para el tránsito que entra o sale desde la plataforma reversible. Este diseño no es deseable si los movimientos de entrecruzamiento son muchos. Tales diseños pueden dar origen a considerables problemas operacionales. El entrecruzamiento puede eliminarse mediante la provisión de otra estructura y el diseño de la terminal como se muestra en la Figura 4.47 C.

Los dispositivos usados para controlar el tránsito en las terminales de una plataforma de flujo reversible incluyen señales de mensajes variables, marcas viales, luces de advertencia y barreras operadas mecánica y electrónicamente. También deben usarse en las terminales de ramas intermedias.

La Figura 4.48 muestra una sección de flujo reversible de tres-dos-tres carriles en una zona suburbana. La plataforma reversible es de 7,2 m de ancho y tiene banquetas de 3 m. Cada separador entre la plataforma central y normal tiene una barrera de 0,60 m de ancho, con una banquina sobre la calzada normal de 1,8 m de ancho.

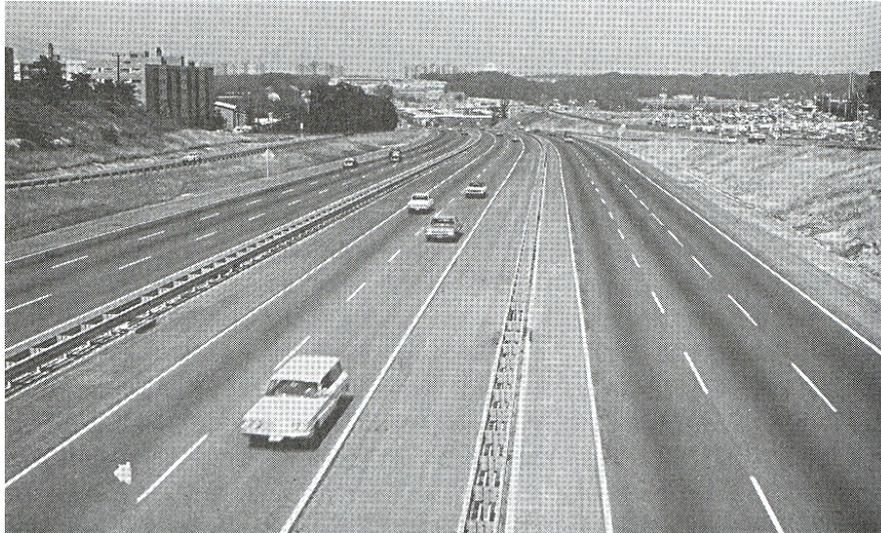


Figura 4.48 Autopista de flujo reversible 3-2-3

Autopistas duales-divididas

Donde se requieran más de ocho carriles directos y la distribución por sentidos esté suficientemente equilibrada (por lo que la plataforma reversible no es aplicable), una autopista dual-dividida puede ser la solución óptima. Está formada por cuatro calzadas, dos para cada sentido de circulación. Las cuatro plataformas presentan control de acceso. Este tipo de sección transversal es también referida como dual-dual. Las plataformas exteriores de la autopista sirven preferentemente al tránsito de intercambio, aunque pueden también ser usadas por una parte del tránsito directo. Desde el punto de vista funcional, las calzadas centrales serían vías arteriales, y las exteriores colectoras.

En general estas autopistas duales-divididas funcionan correctamente. Pueden llevar eficientemente volúmenes de tránsito muy altos. Los usuarios de las plataformas interiores normalmente hacen recorridos más largos, por lo que para estas calzadas los distribuidores están muy separados. En las calzadas exteriores las ramas están más cercanas, y por lo tanto hay mayores movimientos de entrecruzamiento.

La construcción de duales-divididas puede ser la solución más práctica para ensanchar una autopista existente cuando los volúmenes de tránsito presentes son tan grandes que no podría tolerarse la interrupción del tránsito durante la reconstrucción completa. Si puede reservarse la necesaria zona de camino, es posible desarrollar una vía dual-dividida en dos etapas.

Las vías duales-divididas también presentan desventajas. La amplia zona pavimentada y los grandes volúmenes de tránsito pueden tener una influencia perjudicial sobre una comunidad establecida y tender a cortar la continuidad de la zona. Este sistema reduce la flexibilidad para distribuir el tránsito y, como resultado, puede darse una despareja distribución del tránsito entre las calzadas de un mismo sentido. Por la presencia de varias barreras de mediana y banquetas pavimentadas, los costos de expropiación, construcción y mantenimiento pueden ser mayores que los de una autopista normal con igual número de carriles.

Las disposiciones de la plataforma para una autopista dual-dividida son cuatro-cuatro-cuatro-cuatro, tres-tres-tres-tres, tres-dos-dos-tres, dos-tres-tres-dos, u otra combinación adecuada de carriles. Las secciones transversales típicas serían comparables a las descritas previamente, excepto que hay cuatro plataformas principales en lugar de dos. Cada uno de las medianas seguramente llevará una barrera a dos caras y banquetas totales en cada lado.

La Figura 4.49 muestra un trazado esquemático de una autopista dual-dividida. En este caso todas las conexiones con los distribuidores se hacen desde/hacia las plataformas exteriores.

Las conexiones de transferencia intermedia se plantean de tal modo que el tránsito central pueda usar los distribuidores. El número de esas conexiones de transferencia debería minimizarse. Se recomienda un espaciamiento de 750 m o más entre el terminal de una conexión de transferencia y una rama de salida. Deben verificarse todas las longitudes de entrecruzamiento.

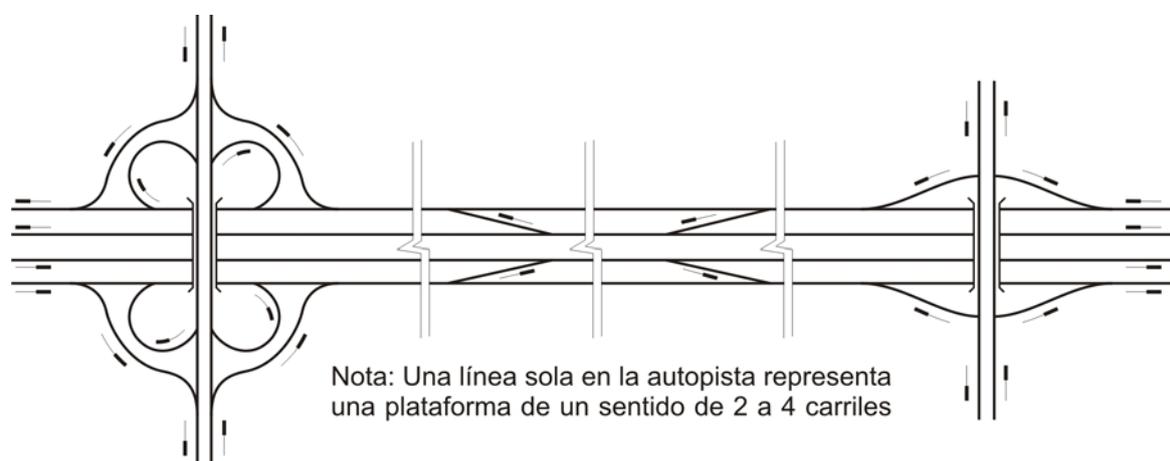


Figura 4.49 Autopista dual-dividida

Vías colectoras-distribuidoras

Una disposición que tiene elementos de la sección transversal similares a los de la autopista dual-dividida es el sistema colector-distribuidor (C-D). El propósito de una vía colector-distribuidora es eliminar el entrecruzamiento y reducir el número de puntos de ingresos y egresos en las plataformas directas, mientras se satisface la demanda de acceso hacia y desde la autopista.

Las vías colectoras-distribuidoras pueden presentarse en un solo distribuidor, entre dos distribuidores adyacentes, o en forma continua en un segmento de autopista. Las vías colectoras-distribuidoras continuas son similares a un camino frentista continuo, excepto que no se permite el acceso a la propiedad lindera. Las plataformas directas interiores de alta velocidad son conocidas como vías núcleo y las plataformas exteriores de más baja velocidad como vías colectoras-distribuidoras. Si son continuas deberían integrarse en un diseño general de la sección transversal, formando un único sistema general. La distribución de carriles entre las partes del sistema debería surgir del correspondiente estudio de tránsito, considerándose los orígenes y destinos de los usuarios. Las conexiones entre las plataformas de núcleo y las vías colectoras-distribuidoras se llaman vías de transferencia. Pueden ser de uno o dos carriles de ancho. En su diseño deben aplicarse los principios del balance de carriles. Ambas, vías de transferencia y vías colectoras-distribuidoras, deberían tener banquetas de ancho igual al de las plataformas de núcleo. Los terminales de las vías de transferencia deberían diseñarse según lo indicado en el [C6].

Usualmente, la velocidad directriz de las plataformas colectoras-distribuidoras es menor que la de las plataformas troncales, porque la mayor parte de la turbulencia causada por el entrecruzamiento ocurre en estas calzadas colectoras-distribuidoras.



Figura 4.50 Ejemplo de Autopista con vías colectoras-distribuidoras:
Acceso Norte a Buenos Aires

En el Acceso Norte a Buenos Aires, tramo: Av. General Paz – Av. Márquez, las calzadas principales por peaje se proyectaron para una velocidad directriz de 110 km/h y las colectoras para 80 km/h.

PÁGINA DEJADA INTENCIONALMENTE EN BLANCO

4.18 BIBLIOGRAFÍA PARTICULAR DE CONSULTA

Sitios Web: Consultados durante la Actualización 2009-10

4.18.1 En español original o traducciones

- 01 FHWA – EUA 2003
Freeway Management and Operations Handbook – C5 Roadway Improvements
http://ops.fhwa.dot.gov/freewaymgmt/publications/frwy_mgmt_handbook/chapter5.htm
- 02 AASHTO – EUA 1997
Highway Safety Design and Operations Guide ‘Yellow Book’
- 03 COLORADO DOT – EUA 2005
Road Design Guide – C8 Freeways
<http://www.dot.state.co.us/DesignSupport/Design%20Guide%2005/DG05%20Ch%2008%20Freeways.pdf>
- 04 WIKIPEDIA 2010
Autopista
<http://es.wikipedia.org/wiki/Autopista>
- 05 ILLINOIS DOT – EUA
Bureau of Design and Environment Manual C44 Freeway
<http://www.dot.state.il.us/desenv/BDE%20Manual/BDE/pdf/chap44.pdf>
- 06 AASHTO – EUA 2005
A Policy on Design Standards Interstate System
- 07 OREGON DOT – EUA 2003
Highway Design Manual C6 Freeway Design (Urban and Rural)
ftp://ftp.odot.state.or.us/techserv/roadway/web_drawings/HDM/Rev_E_2003Chp06.pdf
- 08 SANDRO ROCCI – España 2009
La sección transversal de las carreteras: un diseño orientado a la seguridad
Comunicación personal
- 09 NAASRA – Sydney Australia 1984
Road Medians
- 10 VARIOS
Velocidades autopistas
- 11 WIKIPEDIA
Los límites de velocidad por país
- 12 XIII CAVyT – BA
Monografía: **Límites de Velocidad Máxima Señalizada en las Autopistas**
<http://www.chivopasion.com.ar/index.php?topic=13726.msg137000>

4.18.2 En español – Archivos pdf en DVD Actualización 2010 C4 Bibliografía Particular de Consulta

-  1 FHWA MGA'03 MejoramientosViales.pdf
-  2 AASHTO'97 TipsLibroAmarillo.pdf
-  3 COLORADO DG'05 C8 Autopistas.pdf
-  4 WIKIPEDIA Autopistas.pdf
-  5 ILLINOIS C44 Autopistas.pdf
-  6 AASHTO'05 Normas SI.pdf
-  7 OREGON DOT HDM 2003M-C6Autopistas.pdf
-  8 ROCCI SecciónTransversal&Seguridad.pdf
-  9 NAASRA Australia'84 Mediana.pdf
-  10 VARIOS VelocidadesAutopistas.pdf
-  11 WIKIPEDIA LímitesVelocidad.pdf
-  12 XIIIICAVyT LímitesVelocidadMáximaSeñalizadaAutopistas.pdf