

3.7 SECCIÓN TRANSVERSAL

3.7.1 Generalidades

La sección transversal de un camino es su intersección con un plano vertical perpendicular a la proyección horizontal del eje.

Las características de la sección transversal pueden ser geométricas (visibles) o estructurales (invisibles). Las características geométricas comprenden las formas, posiciones y dimensiones de los elementos superficiales necesarios para el cumplimiento de su específica función y completan, con la planimetría y altimetría el sistema racional práctico de representación del proyecto vial. Se trata de características que normalmente se mantienen uniformes a lo largo de apreciables longitudes del camino y que en caso de variar lo hacen gradualmente.

Las características estructurales se refieren a las cualidades físicas de resistencia y estabilidad que deben poseer los elementos superficiales y los inferiores que le dan sustento, para oponerse a la acción disgregante de las cargas del tránsito y de los agentes del ambiente; y a las de suavidad y fricción de los elementos superficiales del pavimento para una circulación segura, veloz y cómoda.

Las características estructurales que influyen sobre el diseño geométrico son la facultad de la superficie del pavimento de mantener su forma y dimensiones, la fricción y rugosidad, y la aptitud para drenar el agua de lluvia. Un pavimento suave ofrece pequeña resistencia al escurrimiento del agua superficial y permite a los conductores maniobrar con facilidad, manteniendo a sus vehículos en las trayectorias adecuadas.

3.7.2 Secciones transversales típicas

Las secciones transversales típicas dependen del tipo de camino al cual pertenecen. El tipo y diseño general del camino a su vez están influenciados por la zona que atraviesa – urbano o rural- y el volumen de tránsito.

Los caminos típicos de las zonas urbanas son las calles y las avenidas que, además de servir al tránsito vehicular por medio de sus calzadas, permiten el tránsito peatonal por sus veredas y recogen el agua de lluvia que cae sobre su superficie y las de las propiedades frentistas, conduciéndola por los cordones cuneta en los bordes de la calzada hasta el sistema pluvial de desagüe.

Aunque los caminos típicos de las zonas rurales se destinan principalmente al tránsito vehicular, deben tenerse en cuenta a peatones y ciclistas, ya que un choque contra vehículos que circulen a alta velocidad resultará mortal. Los ciclistas pueden acomodarse en los carriles normales de viaje pero, cuando su número crece, puede ser necesario ensanchar carriles o proveer ciclovías adyacentes. La conducción del agua de lluvia recogida e interceptada se efectúa por medios alejados de la calzada.

El volumen de tránsito influye directamente en la determinación del número de carriles de los caminos, ya sean urbanos o rurales. Teniendo en cuenta este aspecto se puede distinguir:

- Caminos de calzada indivisa de un carril (p. ej. rama de autopista) o de un carril por sentido (p.ej. camino común) o dos o más carriles por sentido (p.ej. camino multicarril)
- Caminos de calzadas divididas o separadas por sentido (p. ej. autopista)

3.7.3 Elementos de la sección transversal

El diseño comienza con la selección de los elementos a incorporar en la sección transversal, y continúa con su dimensionamiento.

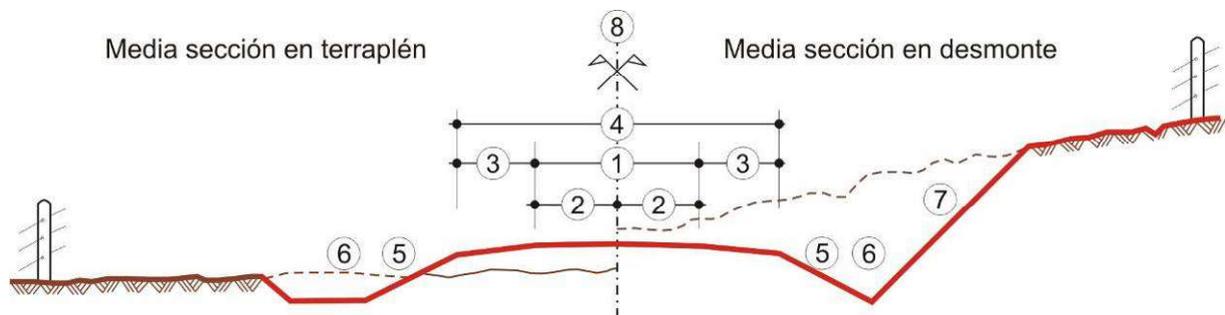


Figura 3.35 Sección transversal de un camino de dos carriles indivisos

- | | |
|--------------------|----------------------|
| • (1) Calzada | • (5) Talud |
| • (2) Carril | • (6) Cuneta |
| • (3) Banquina | • (7) Contratalud |
| • (4) Coronamiento | • (8) Zona de Camino |

Geoméricamente, la sección transversal típica de un camino rural queda definida por la calzada (carriles) y sus costados: banquetas, taludes, cunetas, contrataludes, y los bordes hasta el límite de la zona de camino (LZC). Aunque se tiende a la simetría, éste no debe ser un aspecto que controle el proyecto.

Otros elementos son de existencia ocasional, frecuente o continua según las circunstancias: obras de arte, muros de sostenimiento, barreras de protección, cordones, canaletas, alambrados, etcétera.

Las secciones más complejas –requeridas por un tránsito mayor– pueden incluir dos calzadas separadas por una mediana, isletas separadoras, carriles y zonas auxiliares, secciones de entrecruzamiento, ramas de distribuidores, calzadas colectoras, calles laterales, veredas, iluminación, etcétera. En el [C4] se tratan las secciones transversales de autopistas.

Según las posiciones relativas entre la sección transversal del proyecto y la de terreno natural, se tienen secciones en terraplén, desmonte, media ladera, ladera, media galería, galería.

Las secciones con sustento o complemento estructural son las de los puentes (alto o bajo nivel), viaductos, túneles, cobertizos.

Los elementos de la sección transversal influyen sobre las características operativas, de seguridad y estética del camino. Deben diseñarse según los patrones de velocidad, capacidad y nivel de servicio, y con la debida consideración de las dimensiones y características de operación de los vehículos y del comportamiento de los conductores.

Sobre estas bases en el Resumen de Características de Diseño geométrico [S 3.16] se establecen los valores de aplicación para los elementos de las secciones transversales de los distintos tipos de camino rurales de la red nacional.

El diseño de la sección transversal debe hacerse con espíritu previsor de modo tal que las futuras ampliaciones resulten fáciles y económicas de realizar.

Los carriles anchos promueven la seguridad de los usuarios, aunque la evidencia sugiere que hay un límite superior, más allá del cual la seguridad se reduce al crecer el ancho de carril. Los carriles anchos tienen un impacto negativo en la seguridad de los peatones que intentan cruzar el camino. Al planear secciones transversales seguras, es necesario considerar las necesidades de toda la población de usuarios viales; no sólo las de los automovilistas.

Durante la planificación, es prudente intentar adquirir ancho adicional de zona de camino para permitir mejoramientos de las operaciones de tránsito, carriles auxiliares, áreas de descanso, áreas peatonales más anchas, sendas ciclistas, y la provisión de lugar para los servicios públicos, y consideraciones de paisajismo.

3.8 CALZADA (C)

3.8.1 Carriles básicos

Los carriles básicos son carriles continuos a lo largo del camino. El número a proveer depende del flujo de tránsito y el NS deseado.

Ancho de carril

Se definen dos anchos de carril:

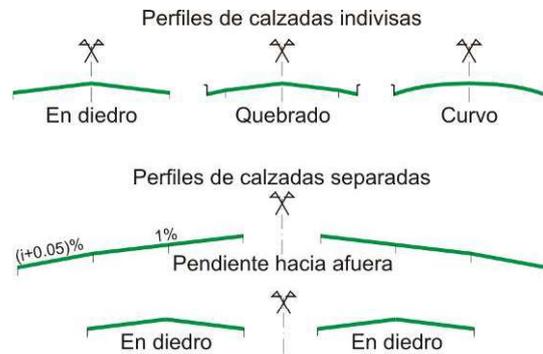
- para $V \geq 80$ km/h (alta velocidad) se adopta 3,65 m
- para $V < 80$ km/h (baja velocidad) se adopta 3,35 m

Las investigaciones internacionales indican que el índice de choques aumenta con una anchura de carril superior a 3,65 m.

Forma del perfil de la calzada

Para evacuar rápidamente el agua de lluvia que cae en la calzada y facilitar la conservación y limpieza es necesario adoptar perfiles inclinados. Así disminuye la probabilidad de infiltración de agua en el paquete estructural y la formación de capas de agua que afectan el mantenimiento de los vehículos sobre la calzada.

En los caminos de calzada indivisas en zonas rurales normalmente se adopta el perfil en diedro (a dos aguas), con pendiente transversal uniforme en cada semiancho y una arista en la parte central que es conveniente redondear con un arco de curva para suavizar su cruce en las maniobras de adelantamiento. En los caminos de calzadas divididas, cada calzada puede tener inclinación hacia afuera o en diedro. Las ramas y conexiones tendrán pendiente hacia afuera.



La Tabla 3.16 muestra las pendientes transversales mínimas en recta (BN) adoptadas de los tipos de superficie más comunes.

Tabla 3.16 Pendientes transversales de la calzada o bombeos normales (BN)

Tipo de pavimento	Pendientes transversales (%)
Hormigón	2
Concreto asfáltico	2
Carpeta bituminosa y macadam a penetración	2,5
Tratamientos bituminosos tipos doble y simple	3
Tratamiento bituminoso tipo simple	3

En general se utiliza la pendiente mínima que permite un adecuado drenaje superficial en los límites tolerables para la operación segura del tránsito. Los bombeos normales mayores al 3 % producen cierta molestia al conductor, y contribuyen al deslizamiento lateral de los vehículos al frenar sobre el pavimento húmedo.

3.8.2 Carriles auxiliares

Generalidades

Los carriles auxiliares se ubican inmediatamente adyacentes a los carriles básicos, para fines complementarios del tránsito directo. Generalmente son cortos y se proveen para acomodar alguna circunstancia especial.

Desde el punto de vista de la seguridad, los conductores deben estar atentos al comienzo y al final de un carril auxiliar; el diseño geométrico y la señalización se relacionan con:

- Ubicación del principio y fin del carril
- Maniobras adecuadas

La pérdida de carril no debe ubicarse tan lejos del fin de la necesidad del carril auxiliar para no traicionar las expectativas de los conductores quienes aceptan el incremento del número de carriles, pero no esperan su reducción.

La ubicación no debe ser tal que la pérdida de carril quede oculta a la vista del conductor en especial por curvas verticales convexas. Una práctica inadecuada es el enfoque “arquitectónico” que ubica la pérdida del carril en curva horizontal, conformando una transición suave. Es una forma sutil de ocultar lo que debe evitarse a toda costa. Para simplificar la tarea de conducir, la pérdida del carril debe ser altamente visible y en recta.

A lo largo de los abocinamientos de entrada y salida de un carril auxiliar, se recomienda para uso de emergencia proveer banquetas pavimentadas de tres metros de ancho deseable, y extenderlas corriente abajo del abocinamiento en una distancia igual a la DVDE.

El área de convergencia desde el carril auxiliar al carril básico puede ser muy conflictivo para los camiones y vehículos recreacionales. La ausencia de una zona de recuperación puede reducir la eficiencia de un carril auxiliar. Es importante proyectar DVDE en el final del carril auxiliar junto a una amplia y larga banquina después del punto de terminación, para que un vehículo pueda detenerse con seguridad en situación de emergencia.

Esta norma define tipos de carriles auxiliares según su fin específico, como ser:

Carriles de ascenso/descenso

Son carriles auxiliares fuera de las intersecciones y distribuidores. Mejoran el Nivel de servicio (NS) cuando no se justifica la duplicación de calzada en el corto plazo.

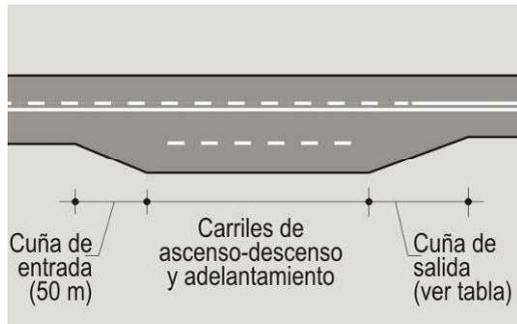
Los carriles de ascenso desvían a los vehículos más lentos de la corriente de tránsito y tratan de concordar los NS en una pendiente empinada con los de las pendientes más suaves adyacentes.

Los carriles de ascenso/descenso pueden formar un sistema integrado con el objetivo de reducir la formación de pelotones y elevar el NS. En los carriles de ascenso/descenso, las convergencias son extremadamente peligrosas. Los carriles de ascenso muy largos son especialmente indeseables en caminos de dos carriles de alto volumen, a causa de la restricción de adelantamiento en el tránsito opuesto.

- ***Recomendaciones generales de diseño***

- *Ancho carril.* Igual al del carril básico.
 - *Ancho banquina.* El valor deseable es el de la banquina adyacente, pero no menor que 1,5 m.
 - *Peralte.* Igual al del carril básico adyacente. Cuando las velocidades de operación de vehículos pesados sean menores que la velocidad directriz, se puede adoptar un peralte menor.
 - *Abocinamientos.* El abocinamiento al principio y al final del carril de ascenso/descenso debe ser según la Figura 3.36
-

- **Proximidad a intersecciones.** Se deben evitar en las cercanías a las intersecciones por posibles dificultades operativas. El tratamiento puede requerir otro carril adicional o rediseñar la intersección. Cuando no se pueda evitar una intersección en el carril auxiliar se la debe ubicar en la zona media, lejos de las cuñas donde puedan ocurrir maniobras de trenzado y donde la carga mental del conductor sea alta. Estas configuraciones se pueden lograr trasladando la cuña de entrada 300 m antes de la intersección o 100 m después.



Velocidad señalizada km/h	Cuña salida m
50	110
60	130
70	150
80	175
90	195
100	215
110	240

Figura 3.36 Cuñas para salidas de carriles de ascenso/descenso o adelantamiento

- **Longitud.** El ancho total de un carril de ascenso debe estar disponible cuando el camión de diseño haya experimentado la reducción de la velocidad de operación definida por la DVN. No debe darse por concluido hasta que el camión de diseño haya recuperado la velocidad que traía al comienzo del carril de ascenso. Cuando se decida que un carril de ascenso existente debe ser alargado, es preferible añadirle longitud al comienzo del carril de ascenso.



Es preferible que la longitud del carril de ascenso sea mayor de 500 m y menor de 2,5 km para dar una mayor rentabilidad, pues los muy largos, especialmente con menor volumen de tránsito tienden a ser subutilizados. Este rango de longitud es suficientemente largo para la dispersión de las colas, y corto para ser rentable. Con largas y continuas pendientes, a veces es poco práctico diseñar un carril para la longitud requerida por el camión de diseño y recuperar la velocidad de la entrada. En este caso, es necesario dar por terminado prematuramente el carril adicional. Donde el volumen de tránsito es de moderado a alto la reacción del conductor es negativa ante carriles de ascenso cortos. La longitud mínima deseable de un carril de ascenso debería permitir unos 30 segundos de oportunidad de adelantamiento, lo que es equivalente a 700 m a 80 km/h.

- **Justificación**

En la subida de un camino de dos carriles es conveniente prever un carril de ascenso, donde la frecuencia y peso de vehículos pesados se combinan para degradar las operaciones del tránsito. El nivel de servicio y seguridad de operación son impactados por la magnitud y la frecuencia de las secciones de adelantamiento. También están afectadas por la fuerte carga bruta de vehículos que operan en pendientes de longitud suficiente para dar lugar a velocidades lentas.

Un carril de ascenso debe ser provisto cuando ambas condiciones: la reducción de la velocidad y volumen de tránsito se verifican al mismo tiempo, en un determinado segmento de subida del camino.

- *Reducción de velocidad.* Las reducciones de velocidad adoptadas internacionalmente varían en el rango de 15 a 25 km/h en una pendiente simple. La adición de una justificación de volumen de tránsito aumenta la posibilidad de un retorno económico razonable.

Mediante los gráficos de rendimientos de camiones para el ΔV fijado por la DNV se observará si la longitud de la pendiente es superior a las longitudes críticas del camión de diseño. En este caso podemos asegurar que la reducción de velocidad en esa pendiente es mayor que el ΔV límite.

- *Volumen mínimo de tránsito*
 - 20 vph para tránsito ascendente de camiones
 - 200 vph para tránsito ascendente mixto

Los beneficios de dar carriles de ascenso pueden ser mayor si:

- Hay un alto porcentaje de camiones cargados de subida en el flujo de tránsito.
- Antes de la subida, la geometría es muy restrictiva para adelantar.
- Por el alto número de accidentes con muertos y heridos que ocurren en pendientes con la participación de vehículos pesados, los carriles de ascensos se incluyen comúnmente en la construcción de caminos como proyectos de mejora de la seguridad dado que su principal beneficio se basa en la reducción de la diferencia de velocidad de operación en el carril básico, reduciendo la probabilidad de choques.

Carriles de adelantamiento

Las oportunidades de adelantamiento en caminos de dos carriles están dadas principalmente por la geometría, la distancia visual y el tránsito de sentido contrario.

Cuando las oportunidades de adelantamiento son insuficientes, se generan colas o pelotones que incrementan la frustración del conductor y su carga mental, lo que lleva a tomar mayores riesgos en las maniobras de adelantamiento y generan serios choques a alta velocidad. Las condiciones que justificarían carriles auxiliares de adelantamiento incluyen:

- Largos tramos sin oportunidad de adelantamiento
- Alineamientos trabados en terrenos ondulados o montañosos

- Caminos escasamente desarrollados que fuerzan el movimiento lento de los usuarios
- Largas distancias donde se mezclan vehículos lentos y rápidos
- Significativos porcentajes de vehículos lentos que generan pelotones
- Altos volúmenes de tránsito suficientes para restringir el adelantamiento pero muy bajos para justificar duplicación de calzada.
- **Recomendaciones generales de diseño**
 - *Ancho carril.* Igual al del carril básico.
 - *Ancho banquina.* El valor deseable es el de la banquina adyacente, pero no menor que 1,5 m.
 - *Peralte.* Igual al del carril básico adyacente. Cuando las velocidades de operación de vehículos pesados sean menores que la velocidad directriz, se puede adoptar un peralte menor.
 - *Abocinamientos.* El abocinamiento al principio y al final del carril de adelantamiento debe ser según la Figura 3.36.
 - *Longitud.* Estudios sobre el uso efectivo de carriles de adelantamiento en caminos de dos carriles (TRB 1195) indicaron que las longitudes de los carriles se incrementan con la relación de flujo de tránsito para dar la mejor condición costo/efectividad. La longitud incluyen las cuñas.

Otra teoría es utilizar 2000 m como longitud de carril sin considerar el volumen de tránsito. Aunque es deseable puede resultar inaplicable por limitaciones topográficas o por el desarrollo de los costados del camino.

Flujo direccional vph	Longitud óptima m
100	800
200	800 – 1200
400	1200 – 1600
700	1600 - 3200

Se recomienda utilizar 2000 m donde sea posible, pero se pueden utilizar longitudes más cortas donde sea necesario. El carril debe permitir por lo menos 30 segundos de posibilidad de adelantamiento para dispersar pelotones de hasta 6 vehículos.

- *Frecuencia de carriles de adelantamiento.* La frecuencia de un carril de adelantamiento es la distancia desde el inicio de un carril hasta el inicio del siguiente carril en el mismo sentido de avance. El espaciamiento de los carriles de adelantamiento es la distancia entre el fin de un carril y el principio del otro en el mismo sentido.

Conviene estudiar la frecuencia de los carriles de adelantamiento antes de determinar sus ubicaciones. La frecuencia es un indicador práctico de cómo se logrará el NS deseado. La necesidad de carriles de adelantamiento muy seguidos y en intervalos muy cortos es un indicador de que se deben buscar otras opciones. La frecuencia depende de:

- Longitud de los carriles de adelantamiento
- Volumen y composición del tránsito
- Oportunidades de adelantamiento más adelante

La Tabla 3.17 da valores usuales de espaciamiento en función del TMDA; se basa en el mínimo tiempo para que se vuelva a formar un pelotón.

En caminos de bajo tránsito con largos tramos sin oportunidades de adelantamiento y donde no se pueda justificar según el criterio anterior, se recomienda proveer cada 10 minutos la posibilidad de adelantamiento en la calzada o en carriles auxiliares.

Tabla 3.17 Espaciamiento de carriles de adelantamiento

TMDA	Espaciamiento km
3000 – 5000	8
5000 – 7000	6,5
7000 – 9000	4,5
> 9000	4

- *Ubicación.* Ubicarlos donde se tenga menores costos de construcción (evitar cortes y terraplenes altos, especialmente en roca). Se deben evitar las intersecciones en los carriles de adelantamiento, particularmente sobre el lado izquierdo y en las proximidades de las cuñas. Evitar las intersecciones hasta 300 m después de la cuña de ingreso y hasta la DVDE antes de la cuña de salida.

Cuando una intersección no puede ser evitada, se la debe ubicar en la sección media, lejos de las cuñas donde otras maniobras se suman y aumentan la carga mental del conductor.

Es deseable contar con la DVDE a la mitad de la cuña de ingreso al carril de adelantamiento desde la perspectiva de la operación, pero no es crítica desde el punto de vista de la seguridad. Una buena distancia visual se traduce en el uso



más efectivo considerando que los conductores pueden ver la aproximación del carril de adelantamiento fomentando la temprana separación del tránsito lento del rápido hacia sus respectivos carriles.

La distancia visual desde el inicio de la cuña de salida hacia delante debe ser igual a la mínima DVA para permitir que una maniobra de adelantamiento iniciada al final del carril de ascenso pueda ser terminada o abortada en forma segura.

Cuando sea posible, ubicar la cuña de ingreso a lo largo de una larga y llana curva horizontal, lo que facilita la separación de las corrientes de tránsito rápidas y lentas sin reducir zonas con posibilidad de adelantamiento existente. Las curvas a izquierda ofrecen al conductor que se adelanta, una mejor vista del carril de adelantamiento. Las curvas a derecha no tienen la misma distancia visual pero llevan naturalmente a los vehículos lentos al carril auxiliar basado en la tendencia natural de manejo hacia el interior de la curva.

Los carriles de adelantamiento construidos después de un largo tramo sin oportunidad de adelantamiento son más efectivos que uno construido antes. Agregar carriles de adelantamiento no debe causar el detrimento de las posibilidades de adelantamiento del tránsito opuesto.

Evitar ubicarlos en lugares donde el adelantamiento normal está permitido, a menos que las oportunidades de adelantamiento estén significativamente disminuidas por altos volúmenes de tránsito opuesto. La ubicación de un carril de adelantamiento debe aparecer como lógico para el conductor, siendo los más obvios los lugares donde el adelantamiento normal está restringido. Los carriles de adelantamiento son menos efectivos donde las oportunidades de adelantamiento son altas; p. ej., en curvas horizontales y rampas donde no prevalecen lugares aptos para el adelantamiento natural.

Los carriles de adelantamiento proveen poco beneficio cuando son construidas en largas rectas y en largas pendientes en descenso con bajo volumen de tránsito (< 3000 vpd) y bajo porcentaje de vehículos pesados. En estos casos el primer vehículo de la caravana tiende a aumentar la velocidad limitando los beneficios.

Evitar los carriles de adelantamiento próximos a un camino multicarriles porque tienen el mismo propósito. Los carriles de adelantamiento en un tramo cuesta arriba en la dirección del tránsito o de pendiente sostenida son más efectivas que en un tramo plano por las diferencias de velocidades.

Restricciones físicas como puentes y alcantarillas deben ser evitadas por el costo adicional de estructura y la falta de banquina continua.

La longitud total de carriles auxiliares en un sentido debe ser menor que la mitad de la longitud total del tramo para que se tengan las mismas oportunidades de adelantamiento en ambos sentidos.

Los carriles de adelantamiento desvían el tránsito más lento de la corriente principal pero su objetivo es dispersar los pelotones incrementando así la capacidad

Las señales de preaviso deben ubicarse 2 km antes para avisar a los conductores que esperen y no realicen maniobras de adelantamiento peligrosas.

- **Sistemas de carriles**

En caminos que no están limitados por el desarrollo o por el terreno, pueden existir varias secciones que cumplan las condiciones para ubicación. La selección de una combinación viable de carriles de adelantamiento para ambos sentidos en un determinado tramo es un proceso iterativo. Las distintas variantes deben ser probadas como un sistema para comprobar su eficiencia.

La Figura 3.37 muestra esquemas de cómo combinar carriles de adelantamiento en ambas direcciones. A continuación se recomienda un método para revisar las configuraciones como un sistema: Primero, identificar todas las posibles ubicaciones de carriles de adelantamiento en ambos sentidos, independientemente de la frecuencia de carriles deseada.

Con los carriles de ascenso de camiones ya fijados e identificados las posibles ubicaciones de los carriles de adelantamiento, seleccionar la combinación de carriles auxiliares a la frecuencia deseada, o más cercanas, teniendo en cuenta todos los carriles auxiliares existentes. La frecuencia no debe ser menor que 4 km. Generalmente es deseable escalonar los carriles en ambas direcciones para evitar dar la equivocada impresión de un camino de 4 carriles. Pueden ser aceptables algunas superposiciones. Secciones cortas de cuatro carriles pueden ser aceptables en valles donde no exista otra opción o donde la sección entera pueda formar parte de un extremo de un camino multicarril.

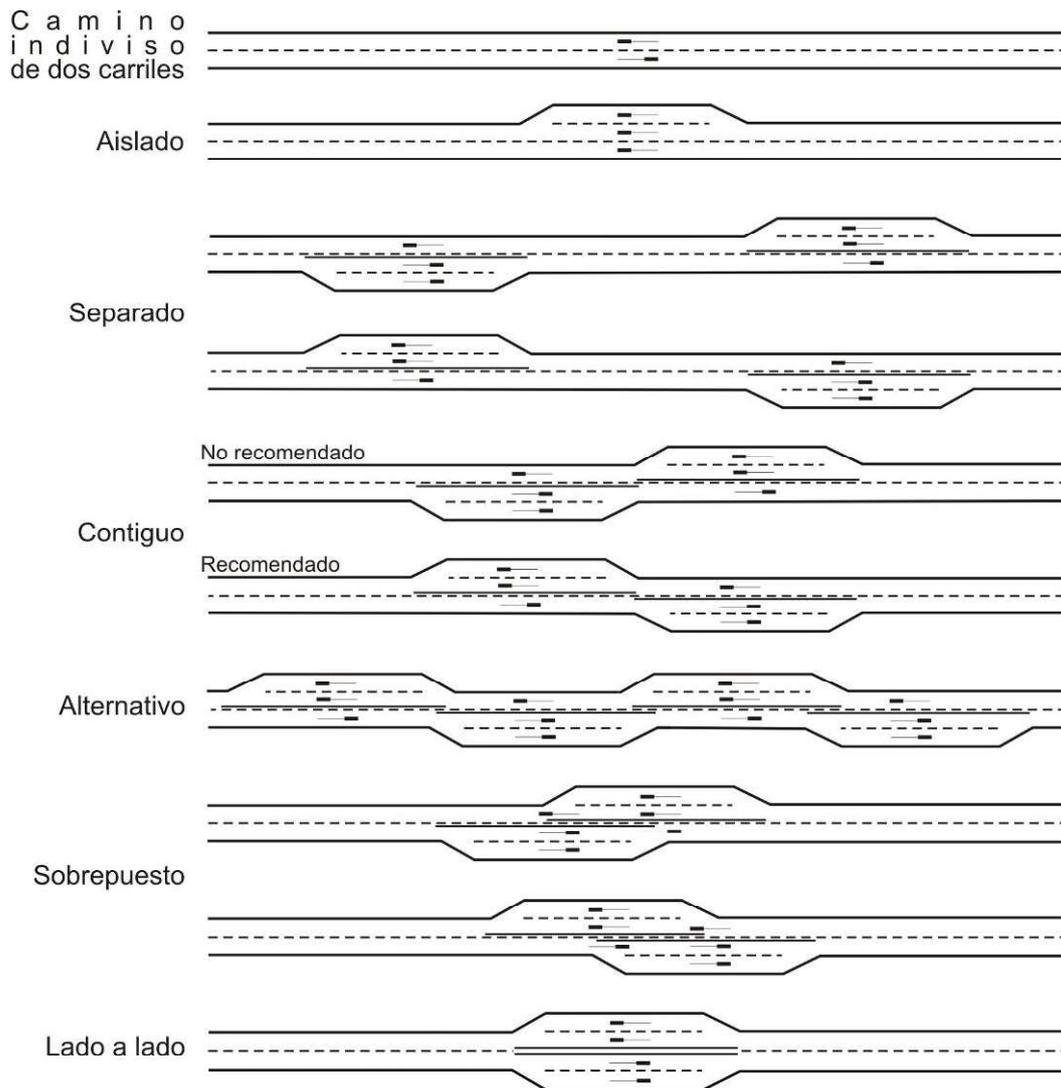


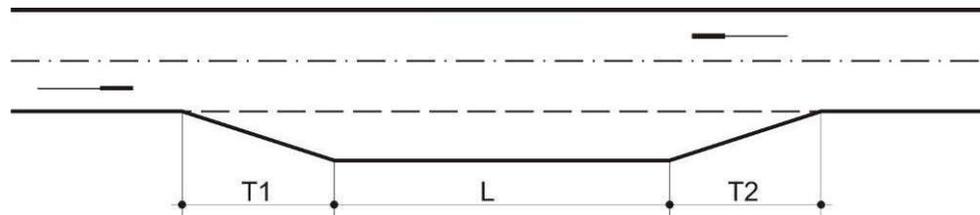
Figura 3.37 Esquemas de sistemas de carriles

No superponer carriles a ambos lados en intersecciones importantes. Este tipo de intersecciones son confusas para el tránsito pasante y muy difícil para el tránsito que gira a la izquierda, al camino menor, por el número de conflictos con los carriles del camino mayor que se generan.

Donde sea posible, ubicar los carriles auxiliares inicio contra inicio antes que fin contra fin. En la configuración inicio contra inicio, el carril auxiliar del sentido opuesto restringe avanzar con las maniobras de adelantamiento aguas arriba del carril de adelantamiento en lugar de aguas abajo. La configuración fin contra fin podría tener problemas de seguridad en época invernal donde las marcas en el pavimento sean tapadas por la nieve resultando en vehículos transitando en el carril de adelantamiento del sentido contrario.

- **Apartadero para adelantamiento**

Los apartaderos para vehículos lentos son principalmente para los caminos viejos de dos carriles indivisos donde las posibilidades de adelantamiento son limitadas y el desplazamiento de este tipo de vehículos impacta sobre el nivel de servicio y genera marcha en caravana. Se distinguen de los carriles de adelantamiento por su menor longitud.



Están asociados a rutas de bajo a medio tránsito que en alguna época del año aumentan su tránsito por estacionalidad turística, por cosechas o alguna otra actividad y donde los costos de carriles de adelantamiento o ascendentes tradicionales son prohibitivos respecto de los beneficios.

- **Generalidades.** Al momento de elegir una ubicación para un apartadero, se debe tratar de balancear las posibilidades de adelantamiento en cada sentido y evitar tramos largos sin posibilidad de adelantamiento. Se deben evitar los apartaderos en tramos cuesta abajo.
En secciones largas de camino trabado, ubicar apartaderos para reducir las zonas sin posibilidad de adelantamiento a 15 km o menos en terrenos montañosos y a 10 km o menos en terrenos ondulados o llanos.
Los camiones grandes tienden a evitar los apartaderos, especialmente en pendiente. Los apartaderos no deben ser mezclados con carriles de adelantamiento o terceros carriles ascendentes. Los apartaderos también pueden considerarse en rampas largas donde un tercer carril ascendente no pueda construirse y donde la reducción de velocidad sea de al menos 20 km/h por debajo de la señalizada o de la VO85.
- **Recomendaciones.** Los apartaderos deben considerarse cuando el nivel de servicio B no pueda mantenerse por la presencia de vehículos de baja velocidad e insuficientes oportunidades de adelantamiento.
Cuando el porcentaje de zonas sin posibilidad de adelantamiento exceda el 60% y la historia de accidentes o donde las observaciones de campo indiquen una excesiva cantidad de maniobras de adelantamiento peligrosas por la frustración de los conductores, se deben considerar apartaderos aunque el NS B no sea superado durante la hora pico.
La Tabla 3.18 expresa el TMDA y la correspondiente distancia sobre las cuales es probable que se generen colas (vehículos demorados) que superen los cinco vehículos (caravanas de 6 vehículos incluido el vehículo lento). Estas distancias representan el espaciamiento entre apartaderos y los valores intermedios pueden ser interpolados.

Tabla 3.18 Distancias recomendadas entre apartaderos

TMDA	Espaciamiento (km)
250	30 - 50
450	15 - 25
700	10 – 17,5
900	7,5 – 12,5
1150	6 - 10

La tabla se basa en un modelo de formación de colas del informe “Justificación de carriles de auxiliares para caminos de dos carriles indivisos” de *ADI Limited, Victoria, British Columbia*, 1993, con las siguientes consideraciones:

- Direccionalidad del tránsito en hora pico es 60/40
 - Hay un 20% de vehículos lentos, a una velocidad entre 10 a 20 km/h menor que la velocidad deseada de 80 km/h
 - El tránsito de la hora pico es 15% del TMDA
 - El TMDA estacionario es 1,5 veces el TMDA
- *Hipótesis de diseño.* Las siguientes hipótesis de diseño fueron utilizadas para obtener las dimensiones de los apartaderos indicados en la Tabla 3.19 :
- Velocidad de referencia: velocidad señalizada o velocidad percentil 85, la que sea mayor.
 - Los vehículos lentos circulan 20 km/h por debajo de la velocidad de referencia
 - Longitud mínima (Lmín): el vehículo lento se detiene totalmente en forma segura en el apartadero
 - Longitud deseable (Ldes): el vehículo lento reduce su velocidad a 35 km/h por debajo de la velocidad de referencia una vez que supera la cuña de ingreso
 - Longitud máxima (Lmáx): Es la longitud límite por encima de la cual un apartadero se transforma en un carril de adelantamiento. El vehículo lento continúa a 20 km/h por debajo de la velocidad de referencia transitando por el apartadero el tiempo suficiente para dar paso a los 5 vehículos en cola. Si hubieran más de cinco vehículos adelantando, el vehículo lento debe bajar la velocidad, incluso detenerse para dejar pasar a todos.
 - No existen accesos a frentistas en toda la longitud del apartadero ni del otro lado de la calzada.
 - Los demás vehículos circulan a la velocidad de referencia, y se consideran cinco unidades.
 - La distancia visual para la velocidad de referencia está disponible a lo largo de toda la longitud.
 - El ancho mínimo del apartadero es de 4 m.

Se incluye la tasa de abocinamiento para determinar la longitud de las cuñas cuando el ancho del apartadero es mayor que 4 m. La estructura del pavimento será la misma de la calzada normal.

Tabla 3.19 Dimensiones de Apartaderos

Velocidad de Referencia km/h	T1 – T2 Abocinamiento m	Lmín m	Ldes m	Lmáx m
50	30 (1:7,5)	30	70	200
60	40 (1:10)	45	120	300
70	50 (1:12,5)	65	190	500
80	60 (1:15)	85	270	600
90	70 (1:17,5)	110	350	700
100	80 (1:20)	135	435	800
110	80 (1:20)	170	520	900
120	80 (1:20)	210	600	1000

Carriles de aceleración y desaceleración

[C5]

Carriles de intersección

[C5]

3.9 COSTADOS DE LA CALZADA (CDC) – ZONA DESPEJADA (ZD)

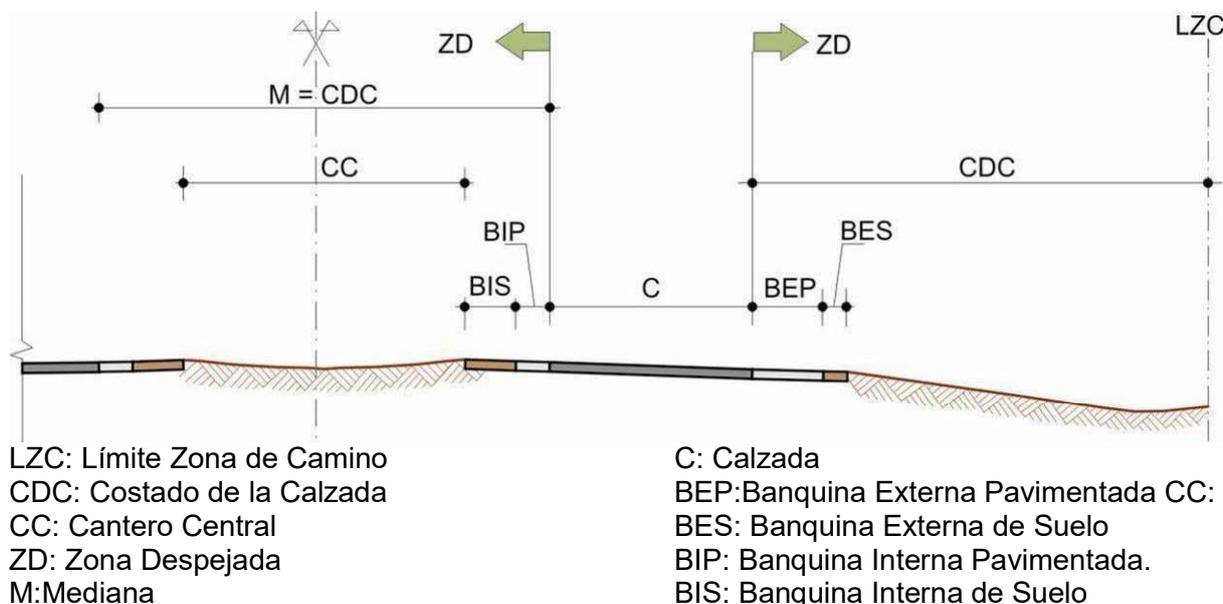
Los CDC son las áreas laterales a la calzada, medidas desde el borde de calzada y que abarcan hasta el límite de la zona de camino, los exteriores, y hasta el otro borde de calzada, el interior en coincidencia con la mediana.

Cualquiera que sea la razón, el conductor que deja la calzada frecuentemente circulará por una zona potencialmente peligrosa [S7.3]. El concepto de CDC indulgentes, que incluyen una adecuada zona de recuperación o zona despejada (ZD), surgió en los años 1960s.

Los accidentes por salida de la calzada (SDC) implican choques contra objetos fijos peligrosos ubicados en los costados y/o el vuelco del vehículo. La probabilidad de accidentes por SDC se minimiza si se reducen los peligros en los CDC, es decir si la superficie del costado es sensiblemente plana, firme, y sin obstáculos.

La ZD es un área adyacente a la calzada, medida desde los bordes normales de la calzada principal, disponible para un uso seguro de los vehículos errantes; es decir un área relativamente plana, suave, de superficie firme, sin peligros, que se extiende lateralmente y permite que un vehículo errante recupere el control (vuelva a la calzada o se detenga) sin ocasionarle un vuelco o un choque contra ningún objeto peligroso.

Esta zona, que puede incluir carriles auxiliares de adelantamiento, de cambio de velocidad o ascendentes para camiones, banquetas pavimentadas y/o sin pavimentar, redondeo de banquetas, taludes recuperables, con características traspasables, se ubica a partir del borde derecho de la calzada en caminos de dos carriles y dos sentidos, y además en la mediana en caminos de calzadas separadas.



3.9.1 Zona despejada (ZD)

Idealmente, la ZD debería tener taludes laterales que no causen el vuelco de los vehículos y no contengan ningún otro peligro. Los tratamientos de los peligros para obtener la ZD y CDC indulgentes están en la subsección [SS7.3.3]. El proyectista debe esforzarse para proveer CDC lo más amplios e indulgentes posible considerando las restricciones físicas y económicas. Para la mayoría de los proyectos, habrá lugares aislados o tramos longitudinales de camino donde este ideal no podrá lograrse. Factores como la topografía, las características ambientales, requerimientos de drenaje, de propiedad y compromisos económicos a menudo determinarán la forma y el área del espacio, libre de peligros, disponible inmediatamente adyacente a la calzada.

El concepto de ZD intenta establecer un equilibrio entre el beneficio de la seguridad de una superficie plana y suave y firme, sin peligros, y las consecuencias económicas y sociales relacionadas con el proporcionamiento de esta zona indulgente adyacente a la calzada. No establece una superficie exacta de la responsabilidad de la autoridad vial. Debe ser visto como una anchura conveniente para el diseño y mantenimiento de los propósitos, más que como una demarcación absoluta entre las condiciones de seguridad e inseguras.

Aunque el ancho de ZD es un intento de equilibrar los beneficios de seguridad contra las posibles limitaciones, la gran variedad de restricciones pueden dar lugar a algunas situaciones donde el ancho completo de ZD simplemente no es posible. En estos casos, primero se debe hacer un intento para superar las limitaciones, ya sea el espacio disponible, los compromisos ambientales o de propiedad, o la financiación, de modo de lograr la ZD.

La efectividad de proveer zonas despejadas al CDC sigue la ley de rendimientos decrecientes; es decir manteniendo constantes todos los otros factores, incrementos unitarios de ancho de zona libre de peligros, resultan en incrementos de la seguridad cada vez menores; el primer metro de ZD tiene mayor beneficio sobre la seguridad que el segundo y así sucesivamente; con poco ancho de ZD que se consiga, los beneficios sobre la seguridad serán importantes.

La Tabla 3.20 muestra la reducción de accidentes prevista con mayor ancho de zona despejada en las secciones rectas y curvas, según la experiencia en los EUA.

Tabla 3.20 Reducción de accidentes por incremento de ZD

Ancho de ZD m	Reducción Accidentes (%)	
	Recta	Curva
1,5	13	9
2,4	21	14
3	25	17
3,6	29	19
4,6	35	23
6,1	44	29

Antecedentes Stonex

El diseño del CDC ha evolucionado significativamente en las últimas décadas. En la década de 1960 Stonex, Director del Campo de Prueba de la General Motors, estableció un entendimiento básico de la relación entre la probabilidad de la invasión y la distancia de la invasión de los vehículos que se SDC. El estudio reveló que un alto porcentaje de los vehículos que abandonan la calzada, viajan o invaden una corta distancia en la zona del CDC, y que un porcentaje muy bajo de los vehículos errantes recorren una gran distancia al CDC. Esta relación entre la probabilidad y la distancia de invasión que se muestra en la Figura 3.38 aún influye en la filosofía de diseño del CDC. De ella se deduce que es probable que el 80% recupere el control antes de los 9 m.

A finales de los 1960s, las autoridades de caminos en todo EUA comenzaron a concentrarse en el diseño del CDC para mejorar la seguridad vial. Los estudios de campo posteriores mejoraron la comprensión de las pautas de invasiones para los choques por SDC. Varios estudios también se desarrollaron para lograr una mejor comprensión de la trayectoria y la estabilidad de los vehículos errantes cuando atraviesan el CDC.

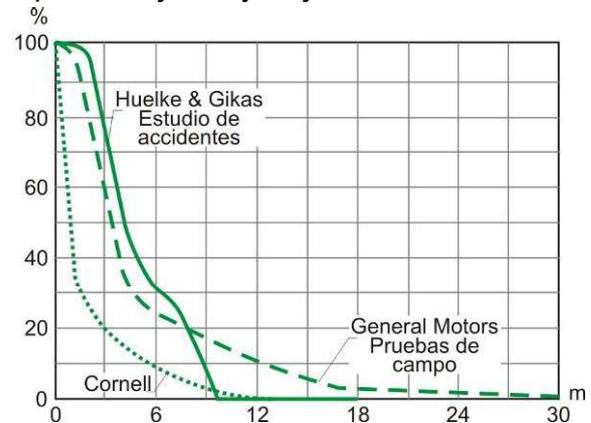


Figura 3.38 Relación entre distancia y probabilidad de invasión

De estos estudios, se determinó que el comportamiento del vehículo depende en gran medida de las características del CDC, la velocidad del vehículo, las circunstancias contribuyentes que causaron la pérdida de control, y las características de funcionamiento del vehículo. En terreno traspasable al CDC, el conductor puede ser capaz de recuperar el control parcial del vehículo después que el vehículo redujo la velocidad.

Ancho deseable de ZD

Es función de la velocidad directriz, la pendiente del talud, tránsito medio diario, y la pendiente longitudinal. El ancho de ZD no debe considerarse como la distancia libre máxima que debe preverse en un camino. La consideración de los peligros más allá de la ZD se debe tenerse en cuenta siempre que sea posible y sobre todo cuando la combinación de curvatura horizontal, la historia de accidentes, y la gravedad del peligro puede plantear problemas significativos si fueran golpeados por un vehículo errante. Si en las autopistas se planean carriles adicionales hacia el lado externo, la ZD debería determinarse desde el borde de la calzada en su condición final.

Se obtiene a partir de la Figura 3.39 y la Figura 3.40

Ver ejemplo de cálculo de ZD en [Atlas]

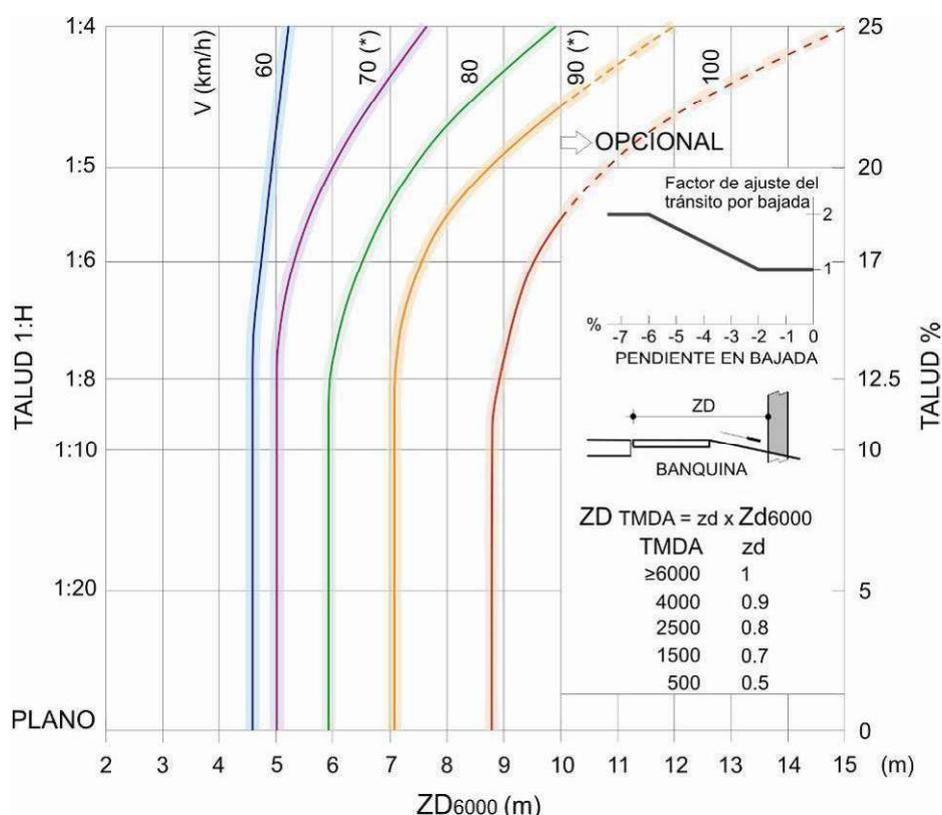


Figura 3.39 Ancho de Zona Despejada para secciones en rectas

Fuente: Adaptado de la *Roadside Design Guide 2002 – AASHTO*

(*): Interpoladas

Nota: Donde la probabilidad de accidentes sea baja o no existan datos históricos de accidentes, y la experiencia con proyectos similares sea buena se podrá reducir la zona despejada a 10 m.

Originalmente la ZD fue analizada en tramos rectos. Para curvas horizontales la Figura 3.40 provee coeficientes de corrección en función de la velocidad y del radio de curva. En la Figura 3.41 se muestra la ubicación y variación de ZD en curva.

En la Tabla 3.21 se dan ejemplos de ancho de zona despejada en recta.

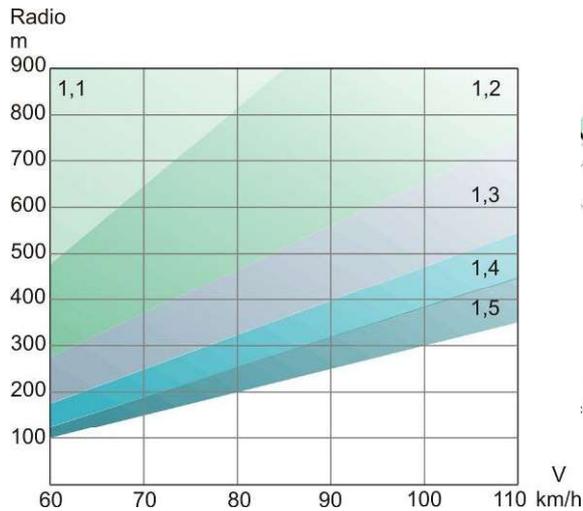


Figura 3.40 Factores de corrección por curva horizontal

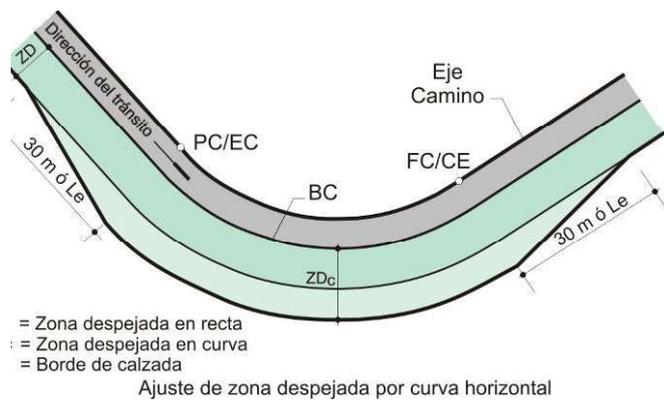


Figura 3.41 Ubicación u variación de ancho de zona despejada en curva

Tabla 3.21 Ejemplos de zona despejada en recta

Tipo	Categoría	V km/h	TMDA	Talud	ZD m		
Autopista	Especial	120	>5000	Plano - 1:4	10 - 10		
		110	>5000	Plano - 1:4	10 - 10		
Autovía	I	120	15000	Plano - 1:4	10 - 10		
			5000	Plano - 1:4	10 - 10		
		110	15000	Plano - 1:4	10 - 10		
			5000	Plano - 1:4	10 - 10		
		80	15000	Plano - 1:4	6 - 10		
			5000	Plano - 1:4	6 - 10		
Carretera	II	120	5000	Plano - 1:4	10 - 10		
			1500	Plano - 1:4	10 - 10		
		100	5000	Plano - 1:4	9 - 10		
			1500	Plano - 1:4	6 - 10		
		70	5000	Plano - 1:4	5 - 7		
			1500	Plano - 1:4	4 - 5		
		Común	III	110	1500	Plano - 1:4	7 - 8
					500	Plano - 1:4	5 - 6
90	1500			Plano - 1:4	5 - 8		
	500			Plano - 1:4	2 - 6		
60	1500			Plano - 1:4	3 - 4		
	500			Plano - 1:4	2 - 3		
Bajo volumen	IV	100	500	Plano - 1:4	5 - 8		
			150	Plano - 1:4	2 - 2		
		70	500	Plano - 1:4	3 - 4		
			150	Plano - 1:4	1 - 1		
		V	90	<150	Plano - 1:4	2 - 2	

3.9.2 Banquinas

Generalidades

Las banquetas son áreas utilizables inmediatamente adyacentes a la calzada; constituyen elementos críticos de la sección transversal del camino. Ellas proveen:

- Zona despejada (ZD) para los vehículos errantes y soporte de franjas sonoras;
- Menores tasas de accidentes por salida del camino y choques frontales, evitando la caída del borde del pavimento
- Zona para vehículos de emergencia
- Soporte lateral de la estructura de la calzada
- Capacidad
- Visibilidad en las secciones de corte
- Carril de ciclistas
- Carril de emergencia natural, en especial en perfil tipo autovía o autopista
- Tránsito más seguro de maquinarias agrícolas y equipos especiales -previo permiso especial de la DNV-, evitando la invasión del carril de sentido contramano.



Sobre la base de la experiencia de la DNV se adoptan los anchos indicados en la Tabla 3.22. Aunque sería deseable establecer una banquina de 3 m a cada lado en todos los caminos, el costo adicional para la construcción y mantenimiento no se puede justificar en caminos de bajo volumen de tránsito. Para minimizar costos se adoptan anchos entre 0,5 m y 3 m

Tabla 3.22 Anchos parciales y totales de banquetas externas

Tipos	Categoría	V km/h	Banquina		
			C/Pav	S/Pav	Total
			m	m	m
CARRETERA	II	120	1	2	3
		100	1	2	3
		70	1	1	2
		50	0,5	1,5	2
COMÚN	III	110	0,5	2,5	3
		90	0,5	2,5	3
		60	0,5	1,5	2
		40	0,5	1	1,5
BAJO VOLUMEN	IV	100	-	3	3
		70	-	3,3	3,3
		50	-	2	2
		30	-	1,5	1,5
	V	90	-	2	2
		50	-	2	2
		30	-	1,5	1,5
		25	-	0,5	0,5

Las banquetas intermitentemente pavimentadas resultan desagradables e inseguras. Donde las longitudes intermedias sin pavimentar sean cortas, deben pavimentarse también. Como guía, si se justifica pavimentar el sesenta por ciento o más de la longitud de la banquina, se extenderá la pavimentación a todo el tramo. La pavimentación total implica pavimentación continua a lo largo de la longitud del camino y no necesariamente a través del ancho total de la banquina, aunque sea la opción deseable.

Normalmente, en las banquetas pavimentadas la pendiente transversal es mayor o igual a la de los carriles básicos. Donde las banquetas no sean pavimentadas, la pendiente transversal es dos por ciento más empinada que la del carril, para facilitar el desagüe superficial.

Durante la noche o tiempo inclemente es importante que el conductor sea capaz de distinguir claramente entre la banquina y el carril. Esto puede cumplirse mediante el uso de un material de banquina de color o textura que contraste. Debe marcarse la línea de borde de calzada con pintura de alta retroreflexión.

La pavimentación de banquetas se recomienda:

- En autovías, tanto las banquetas externas como internas.
- En frente de barreras de defensa.
- Donde la pendiente longitudinal supere el seis por ciento.
- Donde sus materiales sean fácilmente erosionables, o donde la disponibilidad de material para mantenimiento de las banquetas sea escaso.
- Donde los vehículos pesados tiendan a usar la banquina como un carril auxiliar
- En zonas húmedas.
- Donde sea necesario instalar franjas sonoras.
- Donde exista activa circulación peatonal o ciclista.



Ancho

En Tabla 3.22 los anchos de las banquetas se adoptaron en función de la categoría del camino y de la topografía. Por ejemplo, en zonas montañosas, por la gran incidencia del costo de movimiento de suelos, se reduce el ancho en relación al adoptado en zonas llanas u onduladas.

Pendiente transversal y peralte

La pendiente transversal usual de las banquetas es 4%. No obstante, pueden utilizarse también los valores recomendados por la AASTHO para pavimentos sin cordones, según el tipo de recubrimiento previsto:

Banquetas con tratamiento bituminoso.....	del 3% al 5%
Banquetas con grava o piedra partida.	del 4% al 6%
Banquetas recubiertas de pasto.....	8%

Estos valores no son rígidos y la AASHTO recomienda se tenga en cuenta la pendiente transversal de la calzada, para evitar en el quiebre calzada-banquina diferencias algebraicas de pendiente muy pronunciadas. Su superficie debe ser más bien rugosa para no alentar a los conductores a circular por ella.

Cuando no se pavimente, la banquina deberá estabilizarse mediante una subrasante bien compactada, preferiblemente de material granular. La capa granular puede cubrirse con un elemento que asegure el buen desagüe del agua superficial; p. ej. césped. En general, las banquetas no estabilizadas son peligrosas por la diferencia de altura que se forma en el borde del pavimento. Ocasionan también la pérdida de la ventaja operacional que deriva de la circulación de los vehículos lo más próxima posible al borde del pavimento, ya que los conductores se alejan del borde al observar el descalce de pavimento.

Todos los tipos de banquetas deben construirse y mantenerse perfectamente a nivel con la superficie pavimentada de la calzada.

Las banquetas construidas con grava, ripio o piedra partida son razonablemente adecuadas pero tienen el inconveniente, particularmente en regiones secas, de perder el material fino por el viento y la erosión producida por los vehículos que acceden a ellas.

En los casos especiales donde no pueda construirse una banquina con su ancho reglamentario debieran proveerse dársenas de detención a cada costado del camino a intervalos de no más de 400 m. Cuando se construyen estas dársenas habrá que dotarlas de secciones de transición de longitud adecuada para facilitar su uso y permitir la entrada a la velocidad normal de marcha.

En el proyecto de obras de arte mayor y menor no se deberá disminuir la anchura de las banquetas, dado que es una de las mejores formas de traicionar las expectativas de los conductores produciendo muertos y heridos. En las estructuras las banquetas serán pavimentadas en todo su ancho con un abocinamiento de 1:60

Para proyectos viales de las categorías II, y III, en las secciones peraltadas se pavimentará toda la banquina externa, con el peralte de la curva.

3.9.3 Taludes

En la fijación de las pendientes de los taludes de los terraplenes, deberá tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- Seguridad técnica y psicológica
- Estabilidad
- Facilidad para su mantenimiento
- Estética y economía

Los vehículos que se desplacen por taludes de pendientes 1:4 o menor tienen muy pocas probabilidades de volcar dado que proporcionan un alto grado de seguridad "técnica".

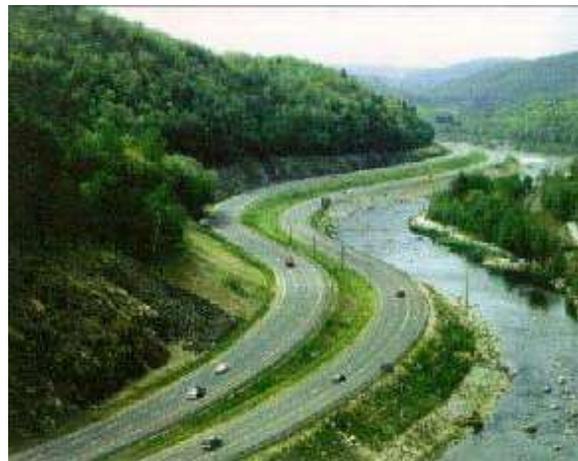
No obstante, en caminos de importancia dada la altura previsible del ojo del conductor, ancho y pendiente de banquetas, es conveniente reducir aún más la pendiente de los taludes, y llevarla, p. ej., al valor 1:6, para dar seguridad "psicológica" al conductor al tener la capacidad de ver el talud del terraplén. En caso contrario con taludes más empinados, el conductor apreciaría un "precipicio aparente" en el borde de la banquina, lo que le originaría una sensación de inseguridad.

La estabilidad de un determinado talud depende mucho de las características de los suelos que forman el terraplén. En general, para suelos consistentes, la pendiente de los taludes no debe ser más empinada que 1:1,5. Si los suelos son arcillosos, no conviene proyectar taludes de pendientes mayores que 1:2. En cambio, en algunos casos de pedraplenes, puede llegarse a taludes con pendiente de 1:1. Estas pendientes límites podrán usarse en caminos de categoría inferior.

Las pendientes de taludes suaves son más estables que las pendientes pronunciadas. La erosión y los deslizamientos prevalecen en estas últimas. Además, las pendientes suaves favorecen el sembrado y crecimiento del césped y, consecuentemente, su mantenimiento. Con pendientes de 1: 1,5 o mayores se hace dificultoso el crecimiento de césped, aún en clima húmedo.

Para facilitar el mantenimiento de los taludes con equipo mecánico, es conveniente que en general no sobrepasen una pendiente de 1:3. Asimismo en condiciones climáticas favorables, el empastado de taludes puede lograrse con pendiente de 1:2, con lo que se impide la erosión y se favorece el mantenimiento.

Desde el punto de vista estético para lograr una apariencia más natural e integrada en el paisaje, en el caso de terraplenes de altura variable, es preferible que los taludes, en las distintas secciones, no tengan la misma pendiente transversal, sino que aproximadamente tengan la misma proyección horizontal; es decir, pendientes inversamente proporcionales a su altura.

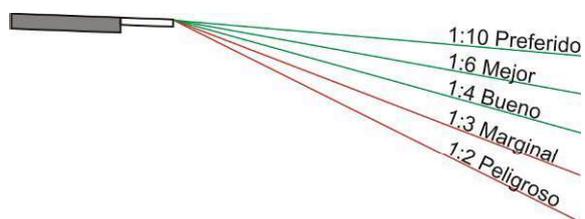


Este criterio es opuesto al de "uniformar" las pendientes de los taludes. Por otra parte, la pendiente de los taludes debe estar en armonía con la topografía del terreno circundante. Si este fuera llano, los taludes deberían ser lo más tendidos posible; en cambio si fuera muy accidentado podrían admitirse taludes más empinados. El redondeo de los bordes y pie de taludes también mejora, desde el punto de vista estético, la apariencia del camino y reduce la erosión producida por el agua superficial y por el viento.

Desde el punto de vista económico, para terraplenes de poca altura, no tiene mayor incidencia en el costo de la obra, un talud tendido. En cambio, para alturas considerables, debe pesarse el mayor costo inicial del movimiento de suelos originado por la construcción de taludes suaves, con el menor costo de mantenimiento que estos originan.

Para los vehículos errantes, taludes laterales pueden ser traspasables o no; un valor de talud mas empinado de 1:3 se considera peligroso. Una suave pendiente sin obstáculos entre 1:3 y 1:4 se considera traspasable pero no recuperable. En estos carriles, los vehículos pueden ir con seguridad, pero el conductor no será capaz de recuperar el control. Taludes de 1:4 o más plano se define como recuperable y traspasables, si son libres de obstrucciones.

Tabla 3.23. Clasificación de las condiciones de seguridad de taludes



Taludes	Clasificación
1:2 (50%)	Peligrosas
1:3 (33%)	Marginales
1:4 (25%)	Buenas
1:6 (17%)	Mejores
1:10 (10%)	Preferidas

Los taludes laterales tendidos tienen un efecto significativo sobre los accidentes, especialmente en accidentes de vehículo solo, por SDC. Los índices de accidentes disminuyen continuamente al tender los taludes más de 1:3. Para el aplanamiento desde 1:2 hasta 1:3 la reducción de accidentes es pequeña. Son necesarios taludes laterales 1:5 o más tendidos para que la reducción de accidentes sea significativa, Tabla 3.24.

Tabla 3.24 Reducción de número de accidentes por aplanamiento de taludes en curvas

Talud antes	Talud después			
	1:4	1:5	1:6	1:7 o más
1:2	6	9	12	15
1:3	5	8	11	15
1:4	-	3	7	11
1:5	-	-	3	8
1:6	-	-	-	5



Fuente: Zegeer, Twomey, Heckman y Hayward (1992)

Las ZD y los taludes laterales están estrechamente relacionados, dado que por definición, la ZD debe incluir un talud traspasable recuperable 1:4 o más tendido. Los taludes mayores que 1:4 son demasiado fuertes como para permitir retomar el control del vehículo, y puede esperarse que los vehículos que invadan tal talud viajen hasta el fondo, si es que no vuelcan. Los taludes 1:3 son de seguridad marginal; los conductores errantes que tratan de recuperar el control de sus vehículos no maniobran o frenan exitosamente; se vuelven potencialmente peligrosos cuando otras características, tal como árboles, postes o zanjas de erosión, están ubicadas en o adyacentes al talud.

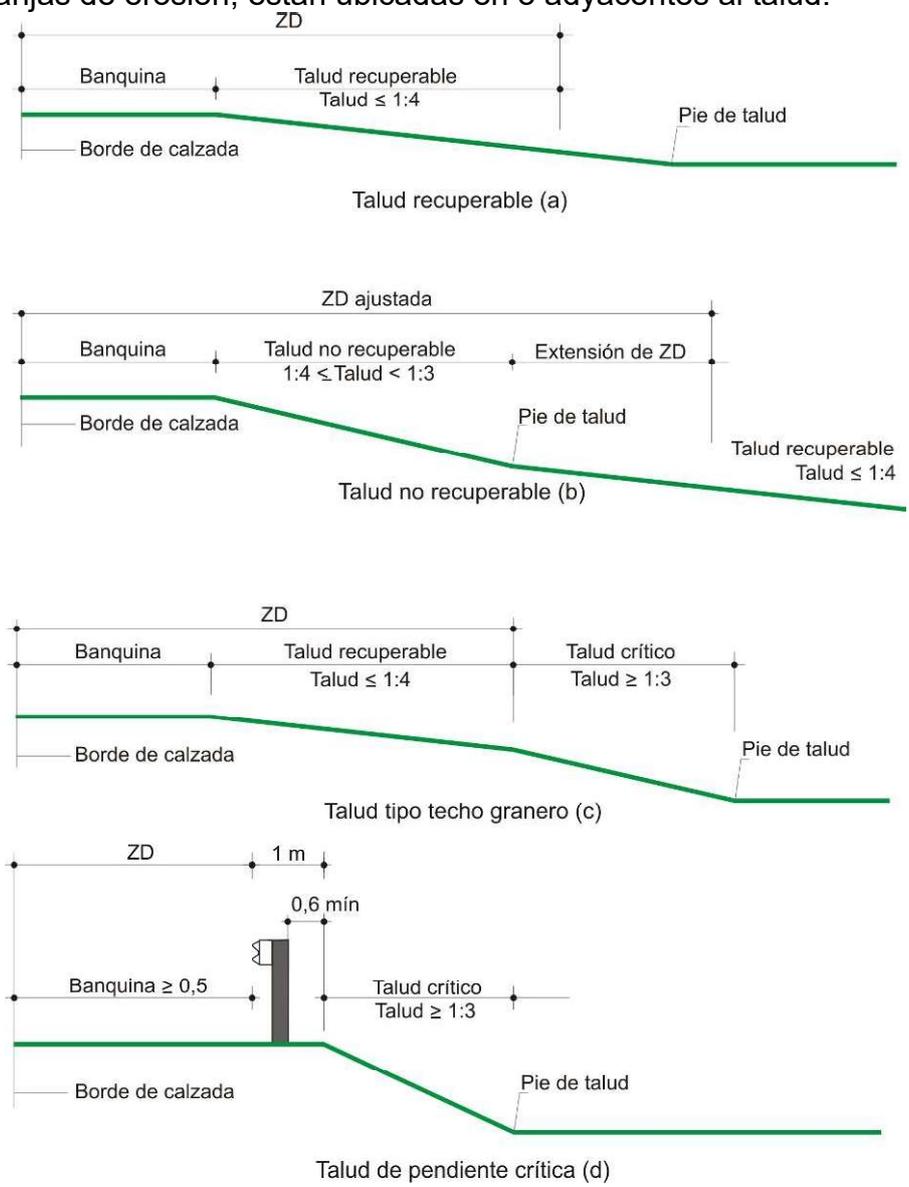


Figura 3.42 Zona despejada para taludes recuperables y no recuperables

Estas consideraciones sobre taludes, principalmente aplicables a obras nuevas, también pueden utilizarse para mejorar tramos peligrosos de caminos existentes, p. ej. curvas horizontales con historial de accidentes.

Proveer terraplenes con taludes 1:4 o más tendidos en los límites de la ZD, o más allá si es posible, es una característica típica de los diseños recientes.

El ancho de ZD calculado es aplicable solamente sobre taludes recuperables (1:4 o más tendidos). La presencia de un talud no recuperable (entre 1:3 y 1:4) requiere una extensión del ancho provisto de ZD, equivalente al ancho de talud no recuperable en la ZD que se provee como reconocimiento que un vehículo errante viajará probablemente hasta el fondo del talud.

Cuando no pueda tenderse el talud más de 1:3 hasta alcanzar el ancho completo de ZD, se debe analizar la opción de instalar barrera. En [SS7.6.2] se presenta la curva de igual peligrosidad entre transitar por un talud determinado y chocar contra la barrera lateral.

La Figura 3.42 ilustra las dimensiones de ZD sobre taludes recuperables, no recuperables y críticos.

3.9.4 Cunetas

Las cunetas son necesarias para el drenaje del camino. Su función primaria es coleccionar y conducir el agua superficial a lo largo del camino hasta drenarla sobre cauces naturales u obras de arte. Si no se diseñan, construyen y mantienen como traspasables, representan condiciones peligrosas del CDC.

Las cunetas traspasables se conforman con amplios y suaves lados y poca profundidad, lo que permite a los vehículos errantes atravesarlas sin ser violentamente redirigidos, volcados, o enganchados (abruptamente desacelerados).

El sector sombreado de las Figura 3.43 y Figura 3.44 establece la relación deseable entre talud y contratalud de cuneta. Se consideran cunetas con cambios bruscos de pendiente y cunetas con cambios graduales de talud. La Figura 3.44 es aplicable a cunetas redondeadas con solera mayor que 2,4 m y cunetas trapezoidales con solera mayor que 1,2 m.

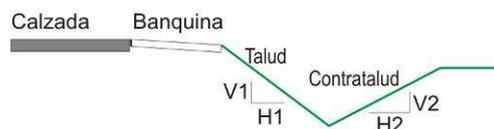
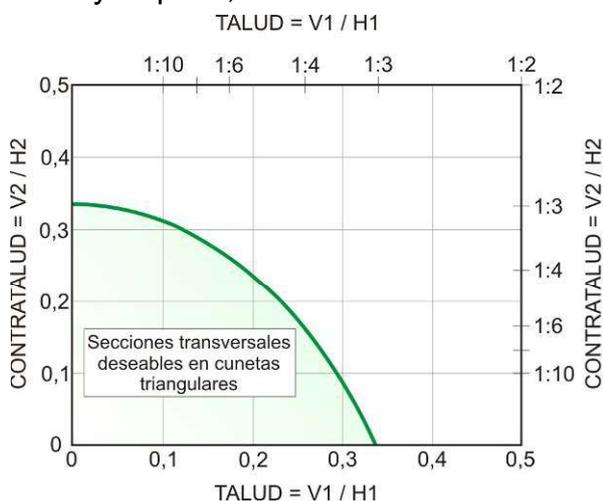


Figura 3.43 Sección transversal recomendada en cunetas de cambio brusco de pendientes (triangulares)

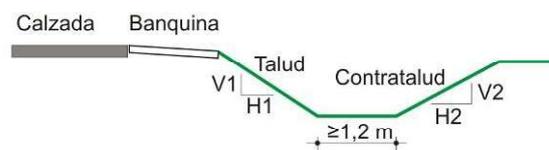
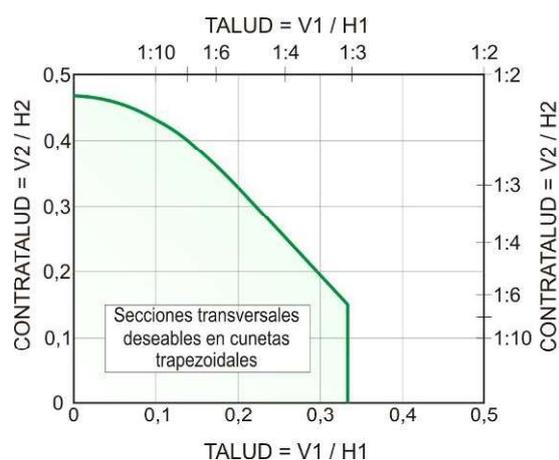


Figura 3.44 Sección transversal recomendada en cunetas de cambio gradual de pendientes (redondeadas y trapecoidales)

Las configuraciones de taludes y contrataludes fuera de la zona rayada no se consideran recomendables pero podrían aceptarse en proyectos que cumplan una o más de las siguientes consideraciones y siempre y cuando la solera y los contrataludes se encuentren libres de objetos fijos:

- Caminos de bajo volumen de tránsito
- Caminos de baja velocidad
- Zona de camino reducida
- Terreno accidentado
- Proyectos de repavimentación, reconstrucción o rehabilitación

Si no se cumplen con estas condiciones podrá preverse la posibilidad de entubar los desagües o proyectar barreras laterales.



Los vehículos errantes pueden invadir la cuneta y/o el contratalud por lo cual no deben colocarse objetos fijos allí, aun cuando cuneta y/o contratalud se hayan diseñado con pendiente traspasable. Cuando no puedan proveerse cunetas traspasables, debería considerarse la reubicación de la cuneta fuera de la ZD, sistemas de drenaje subterráneos, o un sistema de barrera para impedir que un vehículo entre en una cuneta no traspasable.

3.9.5 Contrataludes

Cuando se tiene una sección en corte, el contratalud puede ser traspasable o no según su pendiente y la presencia de objetos fijos [SS7.3.1].

Si el contratalud es 1:3 o más tendido y está libre de objetos fijos, puede no ser un peligro significativo, independientemente de su distancia a la calzada.

El perfil transversal en corte se diseña con una cuneta entre la banquina y el contratalud que debe ser traspasable. También puede perfilarse el contratalud para que trabaje como una barrera rígida [SS7.6.2].

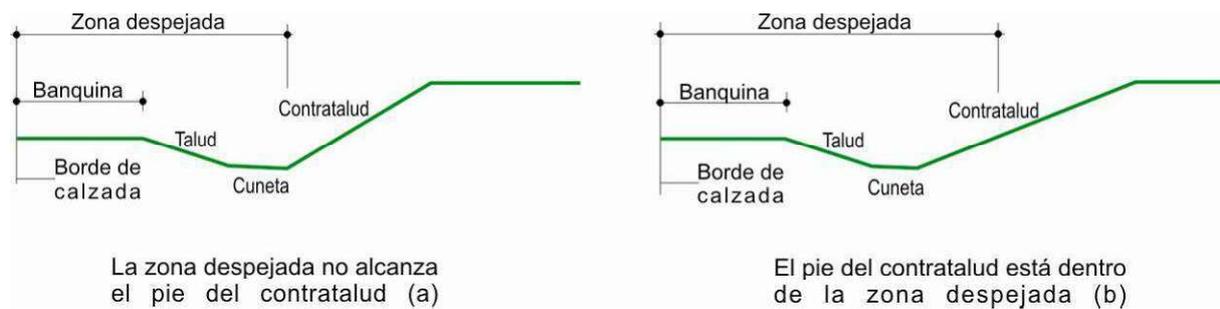


Figura 3.45 Aplicación de zona despejada en secciones en corte



Cortes de roca

Los cortes de roca rugosos son peligrosos para los vehículos desviados porque la superficie rugosa puede provocar enganche y excesivos desgarros al vehículo errante en lugar de proveer un redireccionamiento suave. Si el corte en roca es empinado y rugoso, debería estar ubicado fuera de la ZD. A menudo por restricciones económicas y ambientales resultan cortes angostos que impiden la obtención de la ZD. En estos casos los cortes deberían realizarse de modo que resulten caras suaves para actuar como una barrera rígida [SS7.6.2], que permita a los vehículos errantes deslizarse a lo largo y detenerse gradualmente. La efectiva redirección de los vehículos requiere una superficie pareja, plana. Si no puede proveerse un frente suave, puede ser adecuado instalar una barrera.

En la base de los contrataludes de corte no deben proveerse cunetas profundas y desprotegidas.



3.10 SECCIÓN TRANSVERSAL DE PUENTES

El ancho de puentes debe ser igual al ancho del coronamiento de los accesos, Figura 3.46.

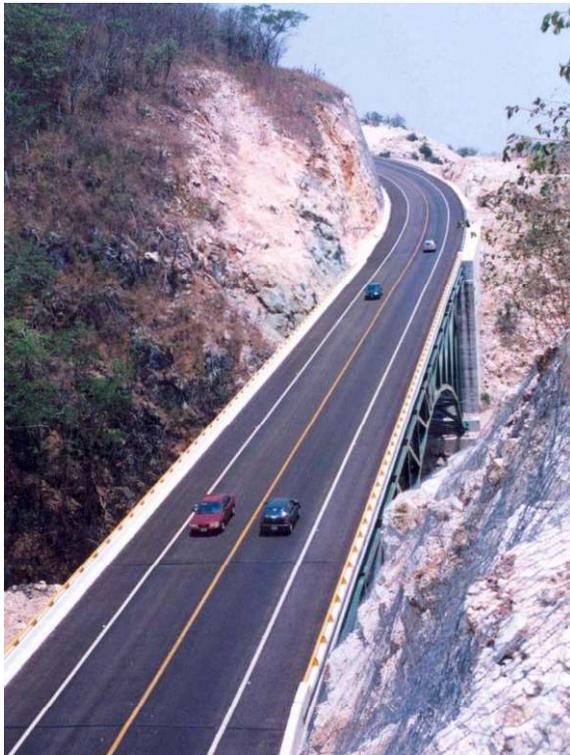


Figura 3.46



Figura 3.47

Problemas potenciales asociados con puentes angostos:

- Es una discontinuidad que afecta el comportamiento del conductor:
 - Sorprende a algunos conductores que reaccionan reduciendo la velocidad, por lo cual aumenta el riesgo de choques traseros y disminuye la capacidad.
 - La barrera del puente está demasiado cerca de los carriles de viaje y los conductores se desvían hacia el centro de la calzada hasta alcanzar la distancia de sobresalto [SS7.6.2], Figura 3.47
- La estructura del puente está cerca del borde del pavimento y hay mayor riesgo de chocar un extremo del puente
- La seguridad y las características operativas en puentes angostos son similares a las de banquetas angostas:
 - Falta de espacio para almacenamiento de vehículos averiados, actividades de respuesta a emergencias, y trabajos de mantenimiento
 - La falta de ancho de banquetas en el puente favorece la ocurrencia de choques contra otro vehículo u objeto fijo en el camino por delante
 - Obliga a los usuarios no motorizados a circular por los carriles
 - Los puentes angostos en curvas horizontales limitan la distancia visual más allá de la barrera del puente

Para caminos de calzadas indivisas, categorías II, III, IV y V, el perfil de la carpeta de rodamiento del tablero de puentes será el indicado en el esquema de la Figura 3.48, cualquiera que sea su material.

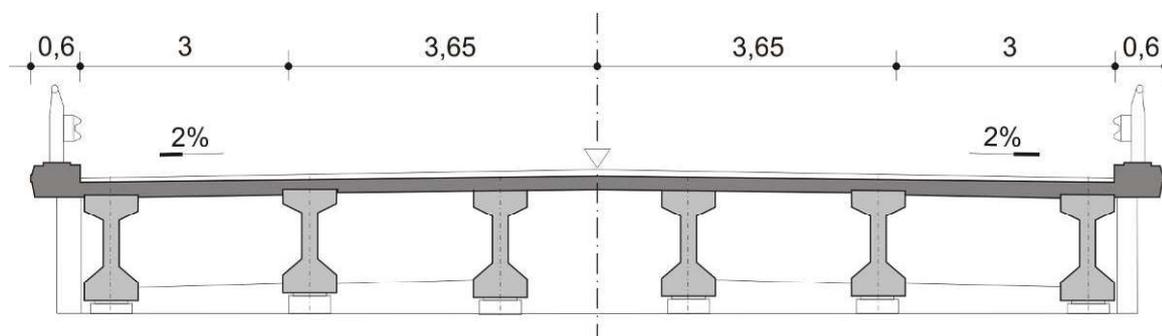


Figura 3.48 Perfil tipo de puentes para caminos rurales, categoría II, III, IV y V.

- Las banquetas, carriles, bombeos y peraltes deberán acompañar al perfil tipo de obra básica del camino.
- Las banquetas se proyectarán pavimentadas en toda su extensión en las obras de arte, para lo cual podrán ser abocinadas en los accesos para empalmar con la banquina pavimentada del camino.
- Las barreras de protección deberán proyectarse según [C7].
- No se proyectarán veredas peatonales en zona rural. En zona urbana, de ser necesaria y con la debida justificación, se proyectará con un ancho entre 1,2 y 3 m, en función del tránsito peatonal previsto.
- Para el tránsito ciclista se deberá analizar el ancho según lo indicado en [C8].
- Las barandas peatonales tendrán una altura mínima de 1,1 m y si se prevé tránsito ciclistico la altura mínima será de 1,4 m.

3.11 ZONA DE CAMINO

La zona de camino es el espacio afectado a la vía de circulación y sus instalaciones anexas, comprendido entre las propiedades frentistas.

Tabla 3.25 Anchos mínimos de zona de camino

Categoría del camino	Anchos mínimos de zona de camino	
	Zonas previsiblemente rurales	Zonas previsiblemente urbanas, suburbanas o muy divididas (**)
Especial	150	180
I	120	150
II	100	130
III	70	100
IV	70	100
V	50 (*)	70 (*)

Notas:(*) Ancho a utilizar en casos excepcionales; (**) Incluye zona para calles colectoras.