

Conocimientos Básicos sobre
Dispositivos de Contención y
Redirección de Vehículos (DCRV)

Guía 2

Justificación y Selección de DCRV



ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CARRETERAS

Conocimientos Básicos sobre DCRV

GUIA 2 Justificación y Selección de Barreras de Contención y Redirección Vehicular

Contenidos

CRITERIOS PARA JUSTIFICAR LA INSTALACIÓN DE BARRERAS	3
La altura de un talud y su pendiente	3
En Medianas	7
Otras situaciones peligrosas	8
TIPOS USUALES DE BARRERAS LONGITUDINALES	9
EVALUACIÓN DE COMPORTAMIENTO DE SISTEMAS	12
PROYECTO DE BARRERAS	16
Selección del tipo de Barrera a utilizar	16
Recomendaciones sobre uso de niveles superiores	17
Selección del nivel de prueba de la Barrera para Puentes y Alcantarillas	18
Distancia disponible para la Deflexión	22
Proyecto de implantación específico	25
Distancia Lateral	26
Terreno adyacente	27
Cordón o vereda antepuesto a filo de barrera	31
Abocinamiento	31
Longitud total necesaria	32
Selección del extremo de barrera	37
BIBLIOGRAFÍA ESPECÍFICA	38
ANTECEDENTES Y ENLACES	39

Víctor Arturo Garcete Martínez / Eduardo José Lavecchia



Comisión de Seguridad Vial de la AAC
MARZO 2016

CRITERIOS PARA JUSTIFICAR LA INSTALACIÓN DE BARRERAS

Sólo se recomienda instalar una barrera después de comparar los riesgos potenciales de chocar la barrera o el peligro, y después de descartar la eliminación, reubicación, rediseño del peligro (objeto fijo o condición peligrosa), tal como ha sido tratado en la Guía 1.

Los caminos deben proyectarse minimizando la necesidad de las barreras.

La altura de un talud y su pendiente

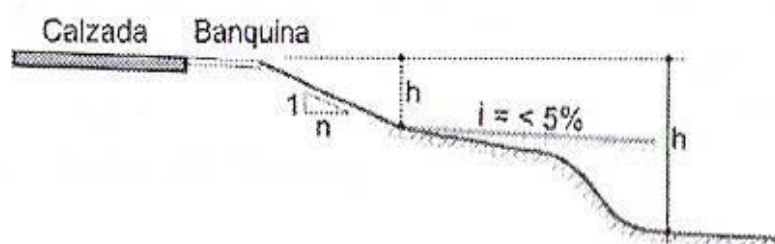
Son los factores básicos a considerar en el estudio para justificar la necesidad de proyectar barreras.

Hay situaciones donde la necesidad de barrera por talud resulta evidente. Hay situaciones donde lo evidente es la no necesidad de instalar barreras. Entre estos planteos extremos existe una infinita gama de posibilidades donde no es sencillo determinar la necesidad o no de instalar barreras.



En tramos con abruptos desniveles, la necesidad es evidente. En terreno plano la no-necesidad es evidente. Hay oportunidades incluso, que las barreras se instalan aún ante la obviedad de la no necesidad.

Los terraplenes con combinaciones de altura y pendiente del talud por debajo de la curva de la gráfica expuesta, no justifican el empleo de barreras.

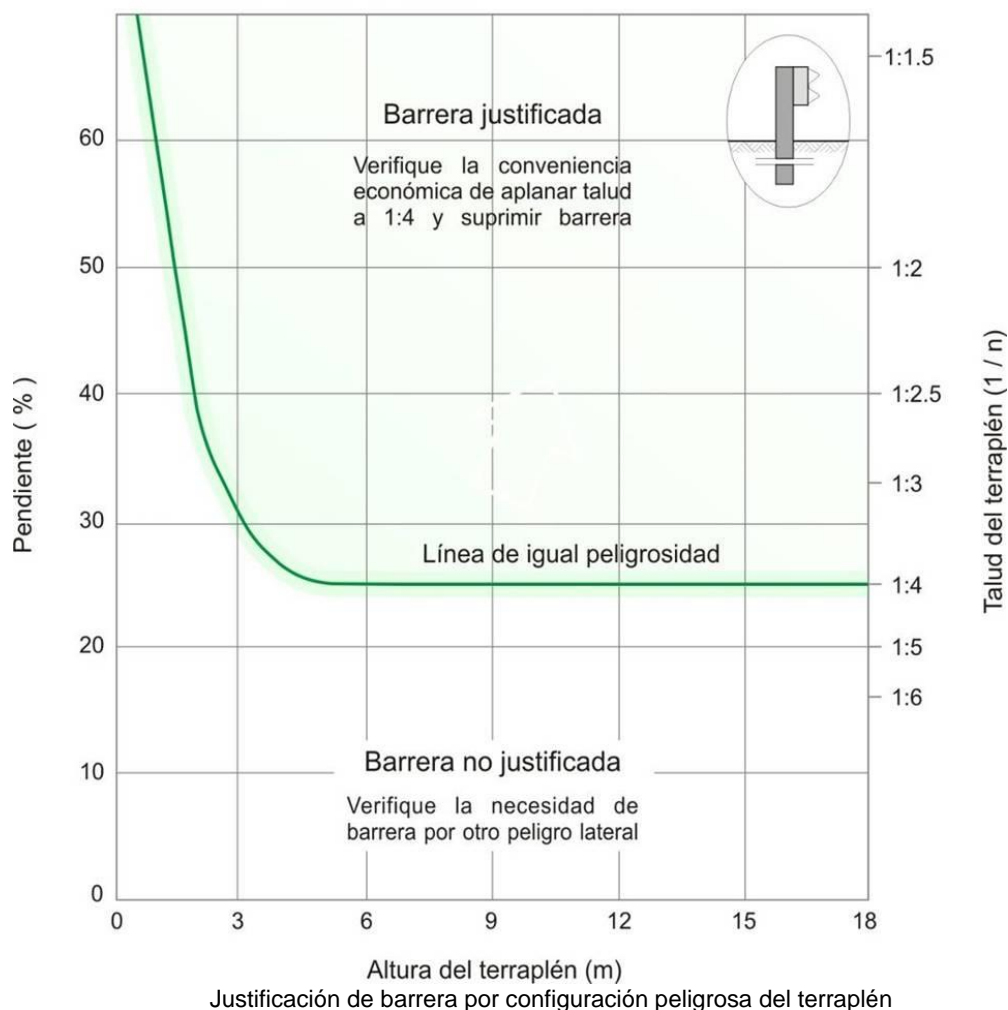


La altura del terraplén (h) se mide verticalmente desde el borde de banquina hasta el pie del terraplén cuando la pendiente transversal del terreno natural es menor que el 5%; si fuera mayor se debe medir hasta el pie de la ladera, fondo de quebrada, curso de agua, etc.

Para mejorar el control de un vehículo sobre el talud de un terraplén y mantener las ruedas en contacto con el terreno, se recomienda redondear la arista banquina-talud y el pie del terraplén.

Los taludes con pendientes de 1:4 o más tendidos no requieren barreras, los taludes más empinados que 1:3 requieren barreras, tal como se puede observar en la siguiente Gráfica.

En la misma se define, para diferentes alturas de terraplén y pendientes de talud, la Zona Segura en la cual no se justificaría la instalación de barreras. (El Gráfico deriva del Road Side Design Guide para un talud 1:3)



Desde el punto de vista económico una incógnita a determinar sería cuál es la altura de terraplén para la cual, a igualdad de peligro, se compensa el costo de mantener un talud 1:2, por ejemplo, y colocar una barrera lateral con el costo de llevar el talud a 1:4 sin barreras.

Con la siguiente ecuación (altura de cálculo o crítica según Leisch), se calcula la altura (H) de un terraplén que iguala los costos de aplanamiento del talud y los de la barrera:

$$H = \sqrt{\frac{2K}{\left(\frac{1}{S+g} - \frac{1}{S'+g}\right)}}$$

Donde:

H: Altura crítica del terraplén, para la cual el costo de aplanamiento del talud es igual al de la barrera.

T: Costo unitario del terraplén (\$/m³)

B: Costo unitario de la barrera (\$/m)

K: Relación de costos unitarios (B/T), en m². Variable según tiempo y lugar; está representado por la superficie base del prisma de suelo de 1,00m de longitud.

S: Pendiente del talud más tendido.

S': Pendiente del talud con barrera.

g: Pendiente transversal del terreno, positiva hacia arriba y negativa hacia abajo.

Para S= 1:4 y S' = 1:2 $H = \sqrt{K \cdot (8g^2 + 6g + 1)}$

La altura crítica de terraplén (H) se mide tal como se detalla en los gráficos siguientes. Otra medida de la altura del terraplén que afecta las justificaciones de barrera es la altura exterior del terraplén (h) representada por la diferencia de cota entre el borde exterior de la banquina y el pie del talud del terraplén.

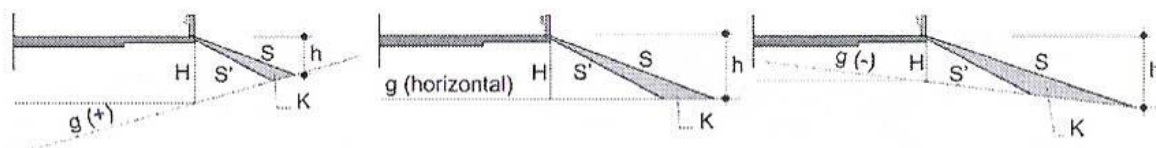
La relación entre h y H es: $h = \frac{S \cdot H}{(S + g)}$

Tomando K como variable independiente, cada valor fijo de pendiente transversal del terreno generará una curva H-K, obteniéndose una familia de curvas asociada cada una de ellas a un valor de g (ver gráfica de H en función de K).

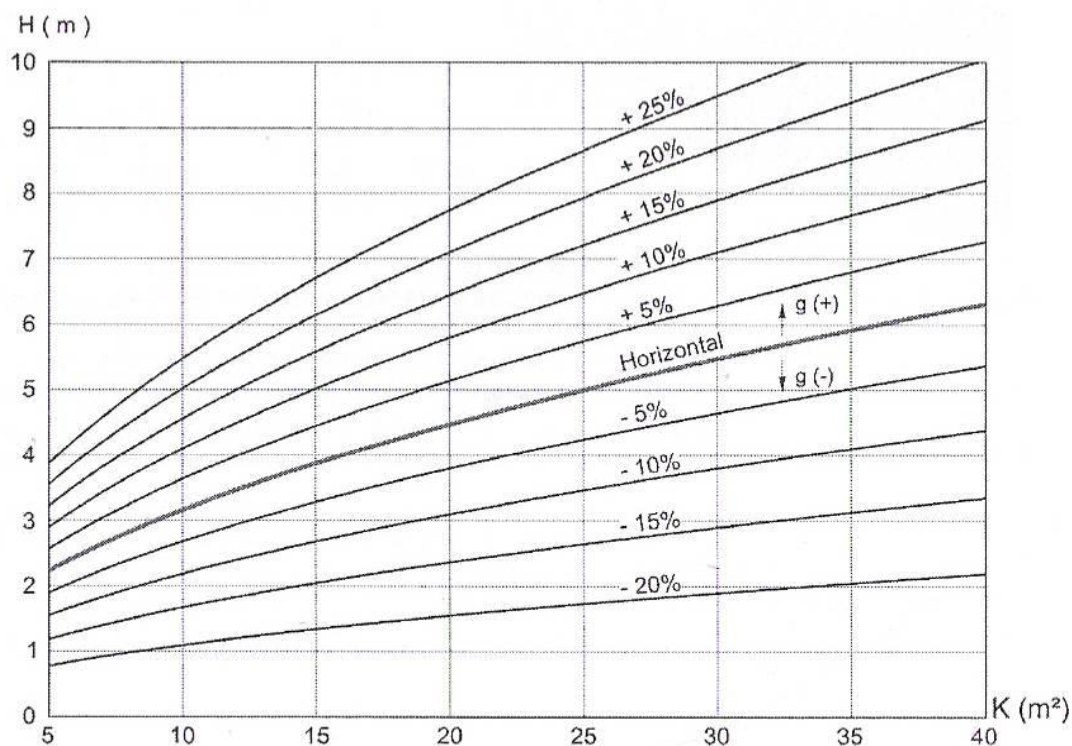
Para el costo del movimiento de suelos debe considerarse la superficie neta resultante delimitada entre el talud 1:4 tendido desde el borde de la banquina, la prolongación del ancho de banquina para ubicar la defensa, el talud 1:2, por ejemplo, tendido desde el borde de la prolongación y el terreno natural (áreas sombreadas en los gráficos siguientes).

El costo de construcción de la defensa debe considerar como mínimo el costo de provisión e instalación de la barrera y sus extremos. Se prevé que en el período de tiempo de comparación se recambia al menos una vez la barrera completa para considerar el mantenimiento por choque. En los análisis de ambos costos unitarios

deben incluirse los costos de mantenimiento (los cortes de pasto cuando existe barrera es manual y no mecánico).



Altura crítica o de cálculo de terraplén para talud S respecto de terraplén para talud S' y barrera



Altura crítica (H) en función de K para distintas pendientes (g) de terreno natural

Para bajos volúmenes de tránsito, TMDA < 500 vehículos/día, según AASHTO, puede determinarse la justificación de barrera en la siguiente Tabla.

Pendiente del Talud	Máxima altura de terraplén sin defensa
V:H	m
1 : 1,5	3
1 : 2	5
1 : 2,5	7,5
1 : 3	9
1 : 4	14

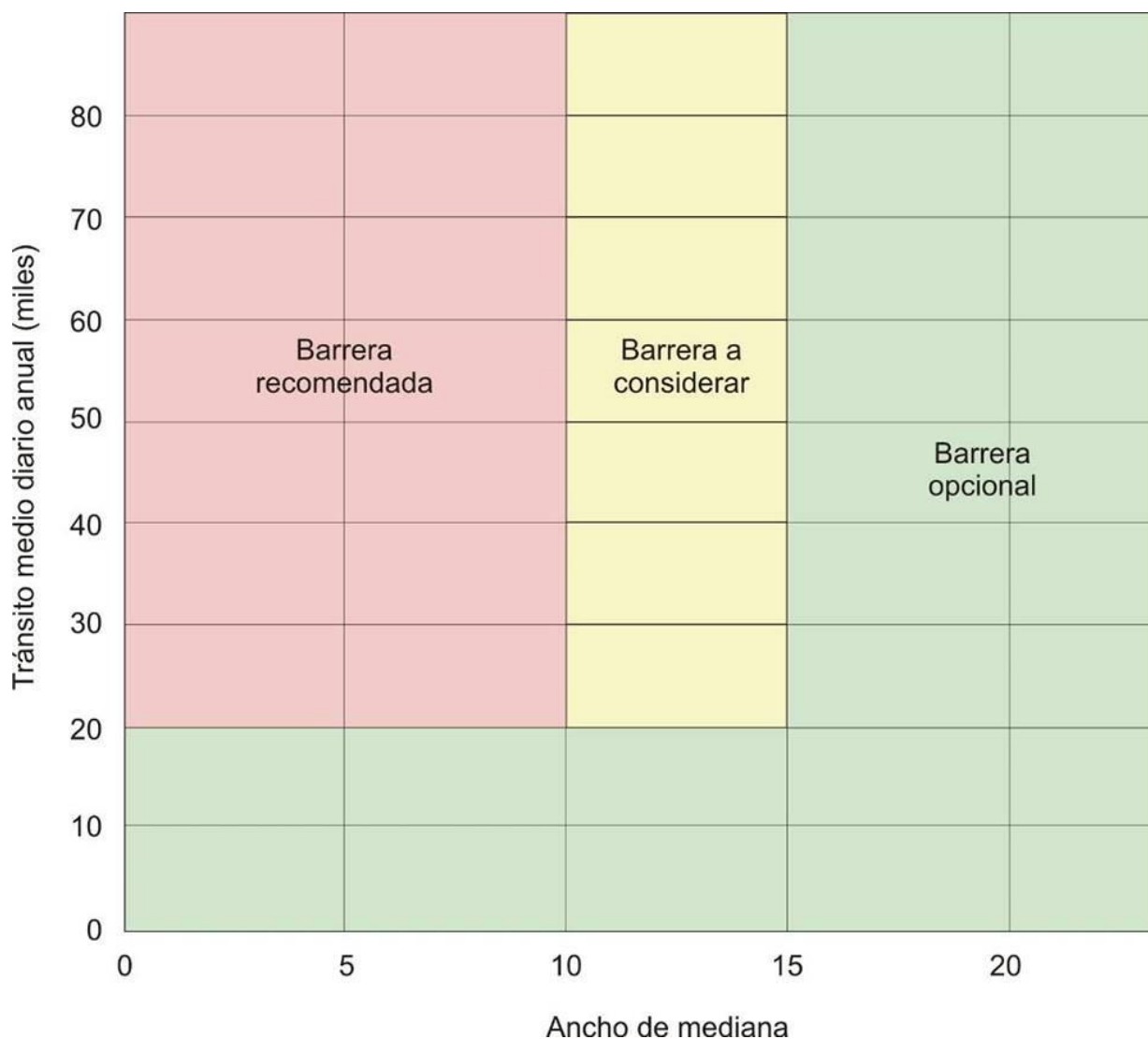
Justificación de barrera en terraplén para caminos de bajo volumen de tránsito

En medianas

La barrera longitudinal adecuadamente justificada en medianas reducirá significativamente los cruces y en general la gravedad de los choques, aunque podría aumentar el número de choques contra la barrera al reducirse la zona de recuperación disponible.

El desarrollo de guías para la justificación de barreras lleva más de 40 años y los primeros análisis, sobre pocos casos de estudio, recomendaron que las medianas de más de 10,00m de ancho no debieran llevar barreras porque el 80% de los vehículos se recuperaban sin alcanzar la calzada opuesta. En el año 2004 sobre un número significativo de casos se determinó que aproximadamente el 66% de cruces se produjeron con anchos de menos de 15,00m.

Para justificar las barreras de mediana se recomienda la siguiente Gráfica, en función del tránsito (TMDA proyectado a 5 años) y el ancho de mediana. Cuando la mediana no sea traspasable, tenga desniveles, cunetas u objetos fijos, son válidos los criterios para justificar las barreras laterales.



Justificación de barrera en mediana para caminos con control total de accesos
Fuente: Roadside Design Guide 2006

Puede diseñarse la sección transversal para que a futuro, si el incremento del TMDA lo justifica, se adicionen carriles hacia el interior de la mediana.



En un tramo de camino puede suceder que los cruces de mediana se den solamente en un determinado sector, por alguna característica particular. Se pueden justificar barreras en mediana por sectores; por ejemplo antes y después de distribuidores, donde estudios indiquen ocurrencia de accidentes en sus proximidades.

Otras situaciones peligrosas

La justificación de barrera al costado de las calzadas por otras situaciones peligrosas depende de su naturaleza.

Los peligros y la justificación de protección se listan en la siguiente Tabla.

Peligro	Necesidad de Protección
Árboles con troncos mayores que 0,10 m de diámetro.	Decisión basada en las circunstancias específicas del lugar.
Alcantarillas, tubos, muros de cabeceras	Decisión basada en el tamaño, forma y ubicación del peligro
Contrataludes lisos	Generalmente no se requiere
Contrataludes rugosos	Decisión basada en la posibilidad de impacto
Cuerpos de agua	Los cursos de agua permanentes y lagunas con profundidad mayor que 0,6 m
Cunetas	En función de la traspasibilidad
Muros de sostenimiento	Decisión basada en la textura relativa del muro y en el ángulo máximo e impacto previsto.
Pilas, estribos y extremos de barreras de puentes	Generalmente se requiere
Piedras, bochones	Decisión basada en la naturaleza del peligro y posibilidad de impacto
Postes ¹ de iluminación/señales	Generalmente se requieren para postes no rompibles
Postes ² de Semáforos	En obras rurales de alta velocidad, las señales de tránsito en la zona despejada pueden requerirla.
Postes de servicios públicos	Puede justificarse la decisión sobre la base caso por caso.

NOTAS:

1. Donde sea posible, en las Zonas Despejadas (ZD) todos los soportes de señales y luminarias debieran ser deletables.
2. En la práctica, se protegen relativamente pocos soportes de señales de tránsito, incluyendo señales luminosas titilantes y barreras usadas en los pasos a nivel ferroviarios.

Las situaciones intermedias sobre previsión u omisión de una barrera serán decididas por la experiencia en accidentes, ya sea en el lugar o en uno comparable.

- Peatones y ciclistas: Los peatones y ciclistas deben separarse del tránsito pasante, buscando ubicar los senderos y las ciclovías fuera de la ZD; cuando no sea posible se deberá proyectar una solución que segregue los flujos de tránsito vulnerable.
- Cuando el camino limite con zonas comerciales, escuelas o zonas residenciales donde exista movimiento de personas en la zona de camino se deberá analizar la conveniencia de proyectar barreras, aunque estos movimientos se realicen fuera de la ZD.

TIPOS USUALES DE BARRERAS LONGITUDINALES

Terminología adoptada por DNV:

- Barreras laterales: Diseñadas para impacto en una cara.



Rígida (Hormigón)



Semirrígida (Metálica)



Flexible (Cable, Metálica)

- Barreras de mediana: Diseñadas para impacto en ambas caras.



Rígida (Hormigón)



Semirrígida (metálica
Doble faz)



Flexible (cables)

Las barreras longitudinales se utilizan para proteger a los conductores de los peligros naturales o artificiales al costado del camino. Ocasionalmente se usan para separar al tránsito de peatones y ciclistas. El propósito primario de todas las barreras es impedir que un vehículo que deja el coronamiento golpee un objeto fijo o transite por características de terreno más peligrosas que la barrera misma.

Las barreras de puente son barreras longitudinales destinadas a evitar que un vehículo caiga del puente y para separar los flujos en el caso de tableros únicos. Forman parte integral de la estructura y usualmente son rígidas.



Las barreras longitudinales están compuestas por tres zonas:

- Sección normal
- Transición
- Extremos de barrera

Las novedades principales del MASH son:

- Vehículos de ensayo adecuados a la evolución del parque automotor
- Cantidad y condiciones de choque de los ensayos
- Criterios de evaluación

Condiciones de ensayo para dispositivos adicionales.



Según su capacidad de deformación durante un choque, los sistemas de barreras se clasifican en:

- Rígidos.
- Semirrígidos.
- Flexibles.

Sistemas rígidos: Incluyen cualquier estructura suficientemente rígida como para no deformarse sustancialmente frente al impacto de un vehículo de la clase para la cual fue diseñada.

Estos sistemas se basan en la absorción de la energía de choque por parte del sistema de suspensión del vehículo, y la elevación de éste, que utiliza las caras oblicuas de la viga como una rampa de gran pendiente.

En algunos casos se combinan un elemento inferior de hormigón y un elemento superior de acero y en otros se construyen totalmente de hormigón o de acero.

Típicamente tienen una altura mínima de 0,80m; puede aumentarse según las características de los vehículos que eventualmente los impacten, y de las condiciones del emplazamiento.

Dado que su deflexión es prácticamente nula, estos sistemas son la solución de preferencia para las medianas de sección reducida, puentes y muros de contención de suelos y túneles, donde sea esencial minimizar las deflexiones.

Sistemas semirrígidos: Controlan y redireccionan a los vehículos que los impactan, disipando la energía mediante la deformación de los postes y vigas.

Consisten generalmente en barreras metálicas formadas por:

- Perfil metálico doble o triple onda.
- Poste de acero o madera.
- Pueden contar o no con un bloque separador de madera, plástico o metálico

Los postes se empotran en el terreno y se espacian a distancias variables entre 0,90m y 1,90m en función del grado de rigidez que se desee obtener.

Sistemas flexibles: En general son los más deformables al ser chocados, y absorben así gran parte de la energía lateral.

Los sistemas más comunes se construyen de cables de acero o vigas metálicas de perfil W con postes débiles.

Transforman la energía lateral del vehículo en trabajo de deformación de la viga o cables de acero. Los postes débiles tienen como única función mantener constante la altura del elemento longitudinal y no colaboran en la contención.

El sistema de sujeción del poste con la viga o cables, es colapsable, lo que permite el desenganche de los postes durante el choque.

El espaciamiento de los postes debe ser tal que permita mantener el elemento resistente a una altura constante. La instalación puede ser mediante hincado en terreno, o vainas prefabricadas. El anclaje del poste no es importante ya que colapsará sin oponer resistencia.

Para su correcto funcionamiento, las barreras flexibles requieren estar ancladas al inicio y fin.

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SISTEMAS

En EUA y Europa, el comportamiento al choque de cualquier sistema de protección de vehículos, se determina mediante ensayos estrictamente normalizados.

Su propósito es verificar el adecuado funcionamiento del sistema, para garantizar la seguridad de los ocupantes del vehículo, otros usuarios de la vía y terceros vulnerables.

Los ensayos han sido diseñados para evaluar los principales factores que afectan el comportamiento de los sistemas de contención vehicular:

- La respuesta estructural,
- El riesgo para los ocupantes del vehículo
- El comportamiento del vehículo ensayado después del choque y particularmente su ángulo de salida.

La respuesta estructural: El nivel de contención es la energía cinética transversal que un sistema es capaz de absorber de manera controlada, sin que el vehículo atravesase el sistema ni vuelque. Ninguna parte relevante del sistema debe desprenderse o penetrar en el habitáculo del vehículo durante la prueba, de manera que el vehículo se mantenga estable durante y después del impacto con el dispositivo. Pueden ser aceptables un leve cabeceo, balanceo y/o inclinación.

El riesgo para los ocupantes del vehículo: La severidad del impacto se define como el nivel de riesgo de sufrir lesiones para los ocupantes del vehículo como consecuencia de una colisión. Un sistema que sea capaz de contener un camión no sirve si al contener un vehículo liviano causa graves lesiones o la muerte de sus ocupantes, es por ello que se han desarrollado a nivel mundial parámetros que permiten cuantificar la severidad del impacto, entre ellos se destacan las desaceleraciones medidas en el interior del vehículo y la deformación del habitáculo.

El comportamiento del vehículo ensayado después del choque y particularmente su ángulo de salida: La deformación del sistema se describe mediante dos distancias transversales que se miden durante los ensayos de impacto a escala real: ancho de trabajo (**W**) y deformación dinámica (**D**). Representan el máximo espacio transversal, que bajo las condiciones de impacto normalizadas del ensayo, ha sido empleado por el sistema durante su deformación. Si la deformación del sistema es mayor que el espacio transversal entre éste y la zona peligrosa, entonces el sistema no protege realmente al usuario del peligro

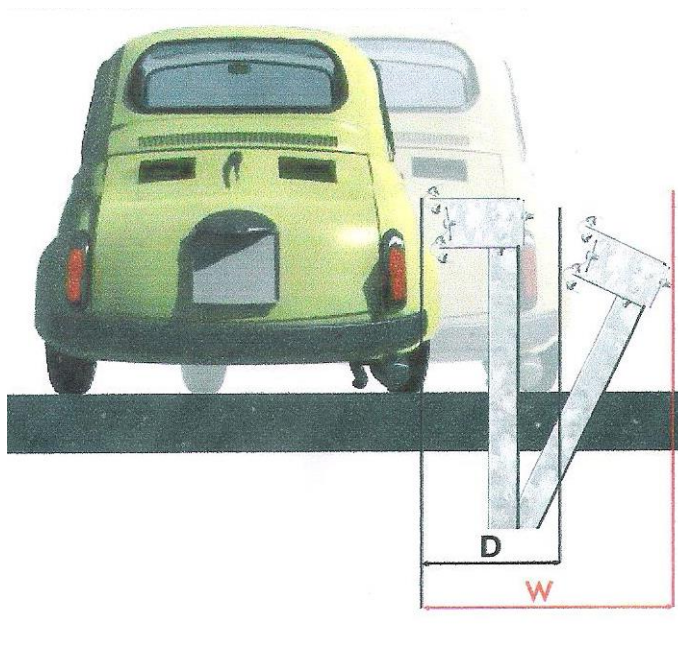
El **ancho de trabajo (W)** es la distancia entre la cara más próxima al tránsito antes del impacto, y la posición lateral más alejada que durante el impacto alcanza cualquier parte esencial del sistema o vehículo.

Cuando se necesite proteger al vehículo de la caída por un desnivel, la distancia transversal al mismo debe ser igual o menor a la deflexión dinámica.

Distancia transversal al Obstáculo: d_0 [m]	Anchura de trabajo necesaria: W [m]
$d_0 \leq 0,6$	$W \leq 0,6$
$0,6 < d_0 \leq 0,8$	$W \leq 0,8$
$0,8 < d_0 \leq 1,0$	$W \leq 1,0$
$1,0 < d_0 \leq 1,3$	$W \leq 1,3$
$1,3 < d_0 \leq 1,7$	$W \leq 1,7$
$1,7 < d_0 \leq 2,1$	$W \leq 2,1$
$2,1 < d_0$	$W \leq 2,5$

UE EN-1317

La **deflexión dinámica (D)** es el máximo desplazamiento dinámico lateral de la cara del sistema más próxima al pasaje del tránsito.



La citada deflexión dinámica y el ancho de trabajo permiten fijar la ubicación de la barrera de seguridad con respecto al obstáculo o zona peligrosa.

El ángulo de salida es un parámetro utilizado para medir la capacidad de la barrera de seguridad en redireccionar al vehículo para evitar que en su regreso a la calzada impacte contra otros vehículos que circulan por la misma.

Tal lo expresado, una deformación horizontal excesiva del sistema puede producir un “embolsamiento”, lo que podría generar la retención del vehículo o un ángulo de salida mayor al de entrada.

Las recomendaciones y normativas más difundidas son el NCHRP Report 350 Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features de EUA y la Norma Europea EN 1317, que adopta conceptos del NCHRP Report 350 adecuados a sus propias características, e incorpora resultados de investigaciones de los países miembros.

El MASH, Manual for Assessing Safety Hardware, de AASHTO reemplaza al NCHRP Report 350. Se desarrolló según el NCHRP Project 22-14(02), "Improvement of Procedures for the Safety-Performance Evaluation of Roadside Features".

El MASH no reemplaza los criterios de diseño general, pero si resulta más exigente en la selección de dispositivos de protección de la Roadside Design Guide.

Las recomendaciones establecen criterios para evaluar los resultados de los ensayos teniendo en cuenta:

- Riesgo de los ocupantes.
- Integridad estructural de los dispositivos.
- Comportamiento del vehículo después del choque.

Las novedades principales del MASH son:

- Vehículos de ensayo adecuados a la evolución del parque automotor
- Cantidad y condiciones de choque de los ensayos
- Criterios de evaluación
- Condiciones de ensayo para dispositivos adicionales.

Niveles de Prueba (TL) según MASH y NCHRP 350

TL MASH y R350	Vel. de Impacto		Ángulo de imp. °	VEHICULOS	
	MASH	R350		MASH	R350
	km/h				
1	50		25	Auto: 1.100 kg - Camioneta: 2.270 kg	Auto: 820 kg - Camioneta: 2.000 kg
2	70		25		
3	100		25		
4	100		15	Auto: 1.100 kg - Camioneta: 2.270 kg	Auto: 820 kg - Camioneta: 2.000 kg
	90	80	15	Camión Simple: 10.000 kg	Camión Simple: 8.000 kg
5	100		15	Auto: 1.100 kg - Camioneta: 2.270 kg	Auto: 820 kg - Camioneta: 2.000 kg
	80		15	Camión Semirremolque: 36.000 kg	
6	100		15	Auto: 1.100 kg - Camioneta: 2.270 kg	Auto: 820 kg - Camioneta: 2.000 kg
	80		15	Camión Tanque: 36.000 kg	

Niveles de Contención Norma Europea (EN 1317)

Contención	Nivel de Prueba	Prueba de aceptación	Velocidad de impacto km/h	Ángulo de impacto °	Peso del vehículo kg	Tipo de vehículo
De ángulo bajo	T1	TB21	80	8	1.300	Auto
	T2	TB22	80	15	1.300	Auto
	T3	TB41	70	8	10.000	Camión Simple
		TB21	80	8	1.300	Auto
Normal	N1	TB31	80	20	1.500	Auto
	N2	TB11	100	20	900	Auto
		TB32	110	20	1.500	Auto
Alta	H1	TB11	100	20	900	Auto
		TB42	70	15	10.000	Camión Simple
	H2	TB11	100	20	900	Auto
		TB51	70	20	13.000	Bus
	H3	TB11	100	20	900	Auto
		TB61	80	20	16.000	Camión Simple
Muy Alta	H4a	TB11	100	20	900	Auto
		TB71	65	20	30.000	Camión Simple
	H4b	TB11	100	20	900	Auto
		TB81	65	20	38.000	Camión Articulado

Fuente: EN 1317

TABLA COMPARATIVA DE NORMAS

EUA (MASH)	EUA (NCHRP 350)	UE (EN 1317)	Velocidad de impacto km/h	Ángulo de impacto °	Peso del vehículo kg	Energía del impacto KJ
	TL-2		70	25	2.000	67
TL-2			70	25	2.270	77
		N2	110	20	1.500	82
		H1	70	15	10.000	126
	TL-3		100	25	2.000	138
TL-3			100	25	2.270	156
	TL-4		80	15	8.000	132
TL-4			90	15	10.000	209
		H2	70	20	13.000	287
		H3	80	20	16.000	461
		H4a	65	20	30.000	570
TL-5	TL-5		80	15	36.000	595
TL-6	TL-6		80	15	36.000	595
		H4b	65	20	38.000	722

La Dirección Nacional de Vialidad en el año 2002, aprueba la Resolución 423/02: "Recomendaciones sobre Sistemas de Contención de Vehículos. Sección Amortiguadores de Impacto" y en el año 2010 la Resolución 596/10: "Recomendaciones sobre Sistemas de Contención de Vehículos. Sección Barreras Laterales y anexos", en ellos se indica el procedimiento técnico administrativo para la aprobación de sistemas de contención para su utilización en la Red Nacional.

Como síntesis las mencionadas Resoluciones expresan que los dispositivos deberán cumplir con las normas de EUA o las normas de la UE en forma indistinta.

Las pruebas de impacto a escala real son un medio para verificar el óptimo desempeño de un Sistema de Contención de Vehículos en servicio, por lo que resulta necesario replicar en campo las condiciones de instalación del Sistema durante el ensayo. La mejor recomendación es aplicar de manera consistente los criterios establecidos en las normativas, estándares y especificaciones técnicas de los fabricantes. Sin embargo, el comportamiento de los Sistemas deberá ser monitoreado en campo para verificar su adecuado funcionamiento.

PROYECTO DE BARRERAS

Justificada la utilización de barreras, el diseño específico de las mismas dentro de un proyecto requiere de dos etapas:

- Selección del Tipo de Barrera a utilizar
- Proyecto de implantación específico

Selección del Tipo de Barrera a utilizar

Se selecciona uno o varios sistemas a utilizar, buscando la solución que cumpla con:

- Nivel de Prueba: TL (EUA) o T, N; H (UE)
- Deflexión.
- Ubicación.
- Compatibilidad de sistemas.
- Costos.
- Estética y ambiente.
- Transiciones entre sistemas
- Experiencia de campo

La importancia relativa de estos factores no debe comprometer nunca la capacidad de la barrera de contener y redirigir el vehículo de diseño.

Nivel de prueba. La selección del nivel de prueba para un proyecto está asociada básicamente con la velocidad de diseño, composición del tránsito y las condiciones del entorno. La barrera cumplirá con los parámetros indicados en la precedente TABLA COMPARATIVA DE NORMAS.

No obstante lo expresado, y en función de la realidad de las carreteras en nuestro país, las barreras a instalar deberían cumplir como mínimo con las especificaciones EUA TL-3 o bien UE H-1.

Recomendaciones sobre uso de los niveles superiores

Se recomienda aumentar el nivel de contención donde la zona de camino sea reducida o donde el traspaso de la barrera por un vehículo pesado tenga consecuencias graves para los ocupantes del vehículo o terceros. Se recomienda una barrera EUA TL-4 ó UE H-2, como mínimo, en:

- Sectores donde personas desarrollan actividades aledañas al camino, sean laborales, educacionales o habitacionales, con riesgo de ser alcanzadas por un vehículo fuera de control. En cada caso, la distancia considerada de riesgo para el desarrollo de las diferentes actividades, será determinada en terreno.
- Viaductos en Zonas Urbanas.
- Accesos a puentes o pasos superiores.
- Sectores con edificaciones ubicadas al pie de terraplenes.
- Curvas horizontales con radios menores a 400 metros en caminos para zonas de topografía accidentada, tales como: bordes de quebradas o cualquier otra singularidad geográfica que involucre un alto riesgo de conducción.
- Tramos con pendientes mayores a 6%.
- Columnas de pasos superiores, pasarelas peatonales u otras estructuras.
- Sectores con aguas profundas, mayores que 1,00m, en la zona despejada o con riesgo de ser invadidas por vehículos.
- Sectores con antecedentes de accidentes, de cualquier envergadura, donde los vehículos hayan perdido el control, saliendo de la calzada e invadiendo zonas no despejadas.
- Zonas de alto valor ecológico que no deben, bajo ninguna circunstancia, ser invadidas por vehículos a motor.

En los casos que los camiones de más de dos ejes alcancen o superen los valores indicados en la siguiente Tabla, se deberá diseñar con EUA TL-5/6 ó UE H-4a/b, como mínimo, en los sectores indicados en el listado anterior.

TMDA	Porcentaje de camiones de más de dos ejes (%)			
	Sin carga peligrosa		Con carga peligrosa	
	Calzada dos sentidos	Calzada un sentido	Calzada dos sentidos	Calzada un sentido
≤ 1000	30	30	20	25
1000 - 3000	20	25	15	20
3000 - 7000	15	20	10	15
≥ 7000	10	15	5	10

Fuente: Manual de Carreteras de Chile – Volumen 6 – Seguridad Vial

Relación TMDA Porcentaje de camiones

Selección del nivel de prueba de la Barrera para Puentes y Alcantarillas

La selección del nivel de prueba de barrera está basada en los riesgos esperados por el traspaso de la barrera. Es utilizada a nivel internacional por muchos países y está siendo puesto en práctica para nuevos puentes y reemplazo de puentes existentes por la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires.

Los niveles de contención de barreras recomendados para cada caso son:

- **EUA TL- 6 ó UE H-4b:** Para lugares específicos donde la autoridad vial indique que hay una alta probabilidad de pérdida de vidas o lesiones serias si un vehículo traspasa la barrera. Se recomiendan las barreras TL-6 cuando:
 - El volumen de vehículos pesados es mayor o igual a:
 - 2000 vehículos pesados por día en caminos rurales con velocidad mayor que 60 km/h.
 - 4000 vehículos pesados por día en caminos urbanos con velocidad mayor que 60 km/h
 - Cuando sea aplicable alguna de las siguientes condiciones de ubicación de la estructura:
 - Puentes sobre caminos con un TMDA de 10.000 vehículos por carril por día o sobre caminos con TMDA de 40.000 vehículos o más por día
 - Puentes sobre vías de ferrocarril electrificadas o sobre líneas de transmisión de sustancias peligrosas o inflamables
 - Puentes sobre zonas de uso intensivo del suelo en áreas urbanas. Casas, fábricas, áreas recreativas, escuelas.
 - Cuando alguna de las siguientes condiciones sea justificable con un análisis de relación costo-beneficio:
 - Puentes de más de 10 m de altura
 - Puentes sobre cursos de agua de más de 3 m de profundidad
 - Puentes en curva horizontal con un radio de 600 m o menor
- **EUA TL-5 ó UE H-4a:** Para lugares específicos en autopistas, autovías, caminos principales y caminos urbanos con un tránsito entre medio y elevado de vehículos pesados donde la autoridad vial indique que se deben contener ómnibus y vehículos de mediano porte. También en sitios con situaciones de riesgo específicas.
- **EUA TL-4 ó UE H-2:** Para contención de vehículos livianos, utilitarios pesados y camiones livianos o de mediano porte en caminos principales, autovías, autopistas con una combinación normal de camiones y vehículos pesados.
- **EUA TL-3 ó UE H-1:** Para la contención de vehículos livianos, generalmente para puentes en caminos rurales con bajo volumen de tránsito, en caminos de baja velocidad o de baja altura o sobre cursos de agua poco profundos.

- **Sin Barreras:** Para determinados puentes y obras de arte menores puede suceder que la colocación de barreras sea más riesgosa que no instalar ninguna. Las barreras no deberían ser colocadas cuando se cumplen todas las condiciones siguientes:
 - La calzada del puente o alcantarilla está a una altura menor o igual que 1,50 m respecto al terreno natural,
 - El volumen de tránsito es menor a 50 vehículos por día,
 - El radio de un puente en curva es mayor que 1500 m y los accesos tienen una distancia visual mayor que la distancia de frenado,
 - La obra de arte tiene menos de 5 m de longitud y el ancho del tablero prevé una banquina igual o mayor que 1,20 m.

Cuando no se cumplan las condiciones para adoptar una barrera EUA TL-6 ó UE H-4b, se utilizará el Método del Tránsito Medio Diario Anual Ajustado para la justificación del nivel de contención, entre EUA TL-3 ó UE H-1 y EUA TL-5 ó UE H-4a, de la barrera vehicular en un puente.

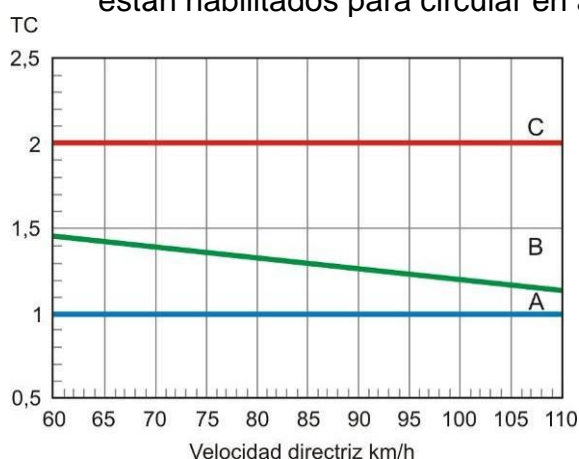
El método utiliza cuatro factores que consideran un aumento en la posibilidad de la ocurrencia de un accidente y el grado de peligrosidad para los que van en el vehículo y para el entorno. Los factores son: tipo de camino, pendiente del puente, curva horizontal sobre el puente y factor de utilización del terreno. La expresión del TMDA ajustado es:

$$\text{TMDA}_{\text{AJUSTADO}} = \text{TC} \times \text{PE} \times \text{CU} \times \text{UT} \times \text{TMDA}_{\text{ACTUAL}}$$

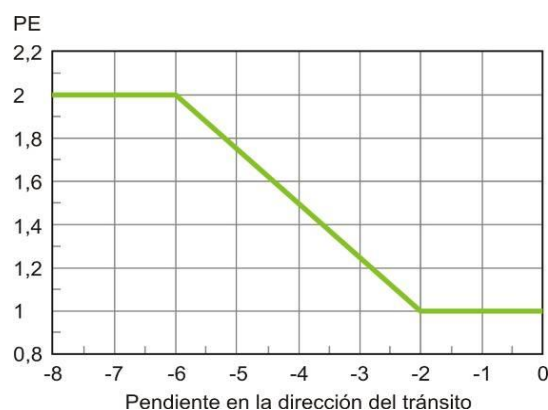
Donde:

TC: Ajuste por Tipo de Camino y se obtiene de la Figura Factor de riesgo TC por tipo de camino

- Tipo A: calzadas separadas o calzadas indivisas con 5 o más carriles.
- Tipo B: calzadas indivisas de 4 carriles o menos.
- Tipo C: Tránsito de un solo sentido, se incluyen los puentes angostos que están habilitados para circular en ambos sentidos



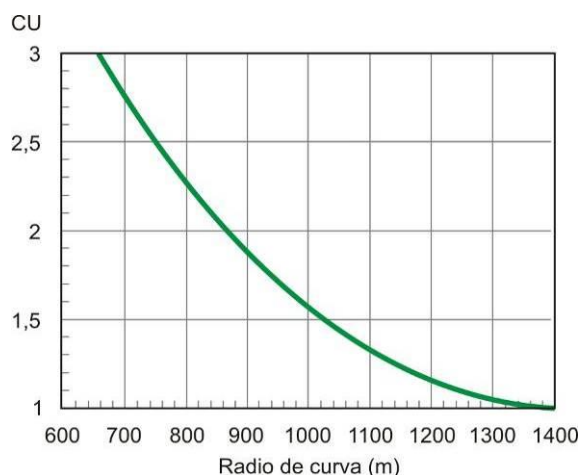
Factor de riesgo TC por tipo de camino



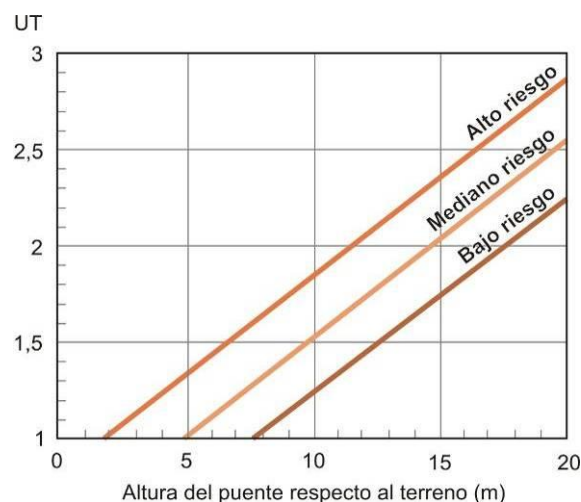
Factor de riesgo PE por pendiente del puente

PE: Ajuste por la pendiente del camino en la aproximación al puente en el sentido del tránsito. Se obtiene de la Figura de riesgo PE por pendiente del puente

CU: Factor de ajuste por el mínimo radio de curva en puentes en curva o en accesos en curva. Se obtiene a partir de la Figura Factor de riesgo CU o puente en curva horizontal. En curvas de menos de 600 m de radio analizará la posibilidad de utilizar barreras EUA TL-6 ó UE H-4b.



Factor de riesgo CU o puente en curva horizontal



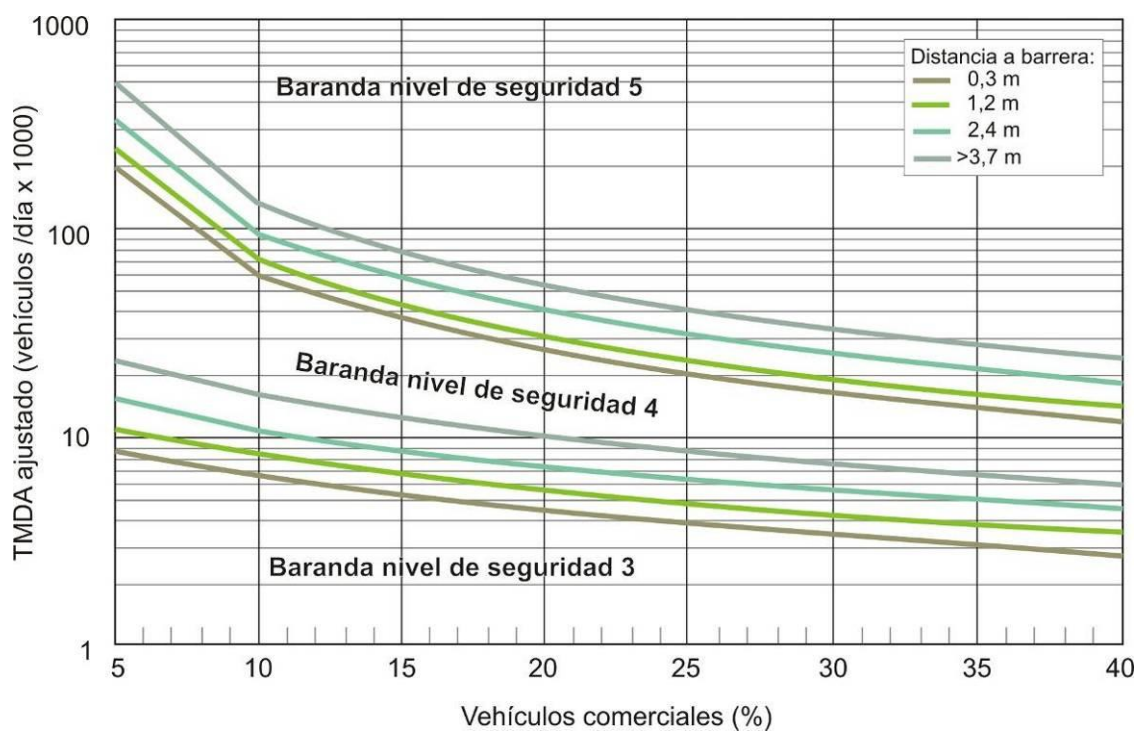
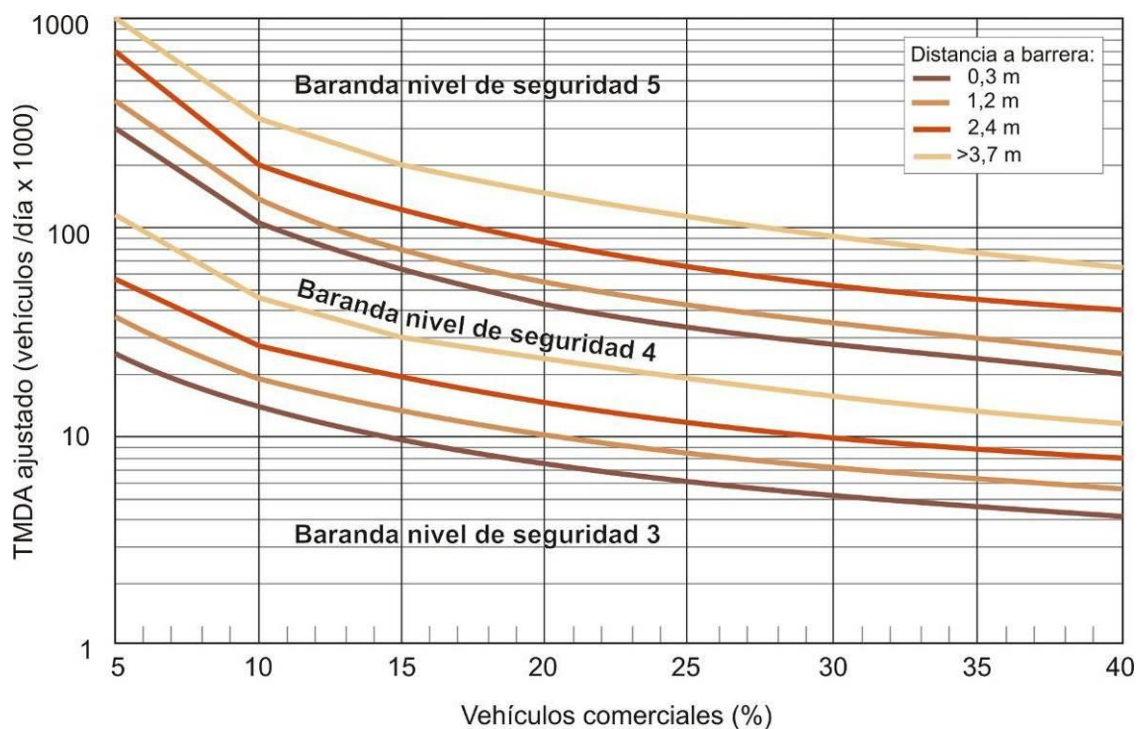
Factor de riesgo UT según el uso del terreno bajo el puente

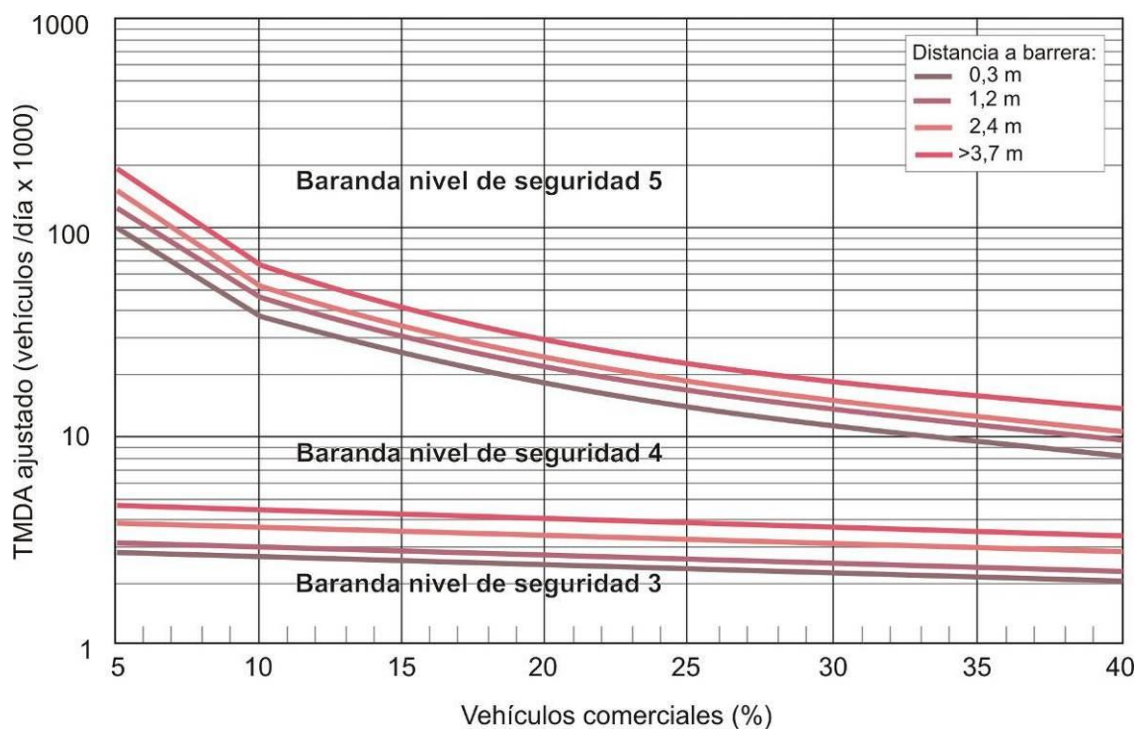
UT: Factor de ajuste por severidad del accidente al caer del puente. Considera la severidad del accidente para los ocupantes del vehículo por la altura de caída y la severidad del accidente por el uso del suelo adyacente. Se obtiene de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Para determinar la severidad del accidente por uso del suelo se considera:

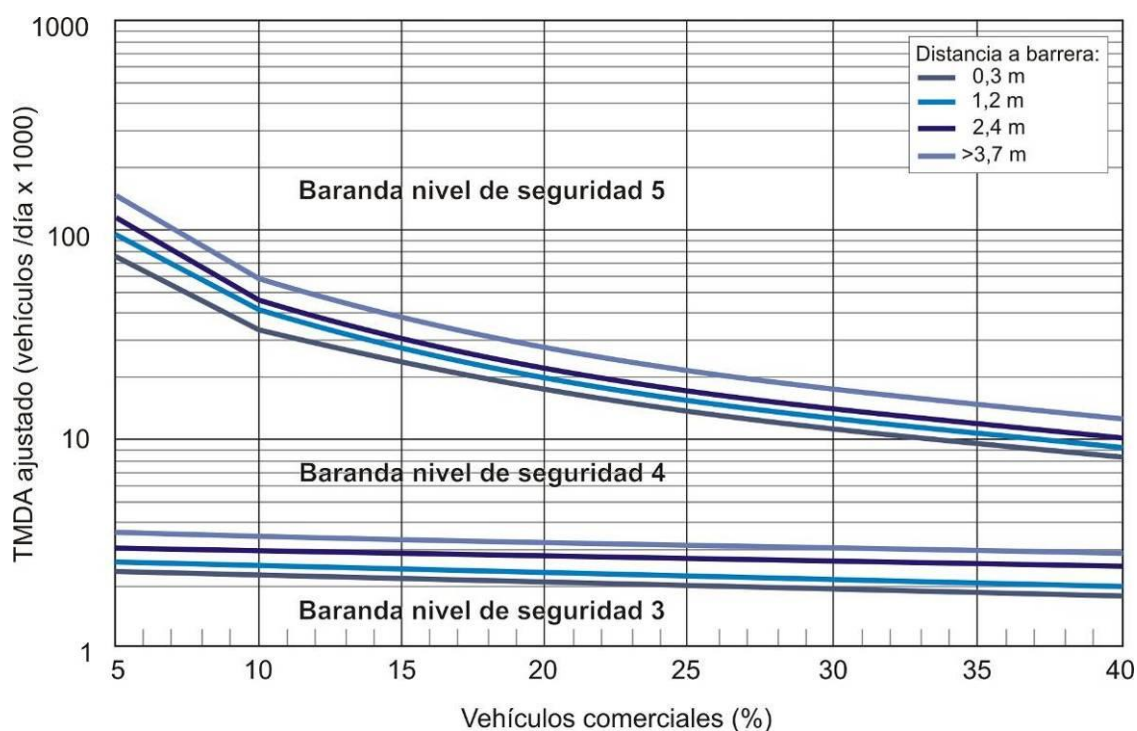
- Alto Riesgo: cuando existe un riesgo significativo para personas o propiedades bajo el puente como p. ej. cruces sobre caminos principales, ferrocarriles, casas, fábricas.
- Mediano Riesgo: cuando existe un riesgo ocasional a personas o propiedades bajo el puente como caminos secundarios, áreas con ocupación eventual, ferrocarriles con servicios esporádicos.
- Bajo Riesgo: el riesgo es mínimo o insignificante para personas o propiedades debajo del puente, como p. ej. en caminos rurales, cursos de agua rurales, etcétera.

En función de la velocidad directriz se selecciona de las gráficas Velocidad máxima 60, 80, 100 y 110 km/h, la adecuada. Las figuras tienen tres zonas separadas por líneas que consideran la distancia del borde de calzada a la barrera. Cada zona indica el nivel de contención recomendado para el valor del TMDA ajustado y el porcentaje de vehículos pesados. Para el cálculo del porcentaje de vehículos pesados se deben considerar todos los vehículos a partir del camión simple.





Velocidad máxima 100 km/h



Velocidad máxima 110 km/h

Distancia disponible para deflexión

La distancia de deflexión es la flecha máxima generada por la barrera al ser impactada por el vehículo; se mide en las pruebas de choque a escala natural y en simulaciones de choque con programas de computación.

La distancia disponible para deflexión es la que queda entre la parte posterior de la barrera y el objeto fijo; debe ser mayor que la distancia de deflexión esperada para una determinada barrera.

En las tablas siguientes se indican los niveles de ensayo y las deflexiones alcanzadas para los diferentes tipos de barreras longitudinales en sus configuraciones básicas.

Las deflexiones máximas fueron medidas durante los ensayos de choque a escala real; los valores indican un rango seguro de aplicación y no un valor exacto como guía para la ubicación de objetos fijos detrás de una barrera.

Los vehículos con centro de gravedad alto se inclinan por sobre la barrera al chocarla, por lo que a la distancia de deflexión de la barrera se le suma una invasión adicional. Al ancho total se lo denomina **ancho de trabajo**.

Cuando el ancho de trabajo sea mayor que la distancia a un objeto fijo, como pilas de puente o postes, se deberá utilizar una barrera de mayor rigidez que minimice la invasión por inclinación y por deflexión (menor ancho de trabajo)

Sistemas de barreras longitudinales	Nivel de Prueba	Deflexión Máxima
Sistemas Rígidos		
Perfil Tipo New Jersey - Tipo F - Pendiente Única		
Altura 81 cm	TL-4	0 m
Altura 107 cm	TL-5	0 m
Sistemas Semirrígidos		
Viga W poste fuerte con bloques separadores		
Poste de acero/madera con bloque separador de madera o de plástico	TL-3	0,9 m (1)
Poste de acero con bloque separador de acero	TL-2	0,9 m (1)
Viga de tres ondas con bloque separador		
Poste de acero/madera con bloque separador de madera o de plástico	TL-3	0,6 m (2)
Viga de tres ondas modificada poste fuerte	TL-3	0,9 m (2)
Sistemas Flexibles		
Cable de tres hilos poste débil	TL-3	3,5 m
Viga W poste débil	TL-2	2 m

NOTAS:

- (1) La deflexión para barreras de mediana es considerada 0,60m.
- (2) La deflexión para barreras de mediana es considerada 0,50m.

Cuando se usen sistemas con doble viga W superpuestas, como se recomienda para alcantarillas o transiciones, las deflexiones estimadas son:

Sistema de barrera con poste de acero/madera con bloque separador de madera o de plástico	Distancia entre postes	Deflexión
Viga W simple	1,90m	0,90m
Viga W superpuesta	0,95m	0,70m

En las zonas de anchos reducidos, como las banquetas, donde la distancia disponible para deflexión es baja se podrán rigidizar los sistemas aumentando la longitud de empotramiento de los postes, reduciendo la separación de los postes o agregando placas para aumentar el empotramiento en el sentido longitudinal.

Compatibilidad de sistemas. Para proyectos nuevos y reconstrucciones se recomienda emplear los sistemas normalizados de barreras.

Ventajas:

- Personal familiarizado con la construcción y mantenimiento del sistema.
- Sencillez del acopio e inventario de partes.
- Normalización de tratamientos de extremos y transiciones.

Costos. Los costos deben ser tenidos en cuenta al momento de seleccionar un sistema de barrera.

Los costos de construcción aumentan al aumentar la capacidad de contención, y las deflexiones son menores, pero al mismo tiempo disminuyen los costos de mantenimiento. Los sistemas con bajo costo de construcción requieren más reparaciones después de un choque.

En el caso de alcantarillas y puentes, también el costo inicial de un sistema es mayor en cuando su resistencia aumenta, pero raras veces se vuelve una parte significativa del costo total de la construcción, excepto en los puentes extremadamente largos o cuando se usa una barrera de alto nivel de comportamiento que aumenta los requerimientos de anclaje en el tablero y que agrega considerable peso muerto al puente.

De igual manera, los costos de mantenimiento disminuyen significativamente al crecer la resistencia de la barrera. Algunas barreras de alto comportamiento pueden no requerir mantenimiento, a menos que sean chocadas por los vehículos más pesados para los cuales fueron diseñadas.

Los diseños de barreras susceptibles de dañarse por los impactos deberían estandarizarse de modo que la disponibilidad de partes de reemplazo no se convierta en un problema. Las barreras que eliminan o minimizan los daños al tablero son deseables desde un punto de vista de mantenimiento y de seguridad.

Estética y ambiente. La estética de la barrera se tendrá en cuenta en ambientes sensibles, tales como áreas recreacionales, bosques, zonas protegidas o Parques Nacionales o Provinciales. Se buscarán soluciones con aspecto natural que se

mimeticen con el paisaje. La barrera elegida no deberá interferir con la visión panorámica de los paisajes.

Las condiciones del entorno deben tenerse en cuenta para evitar:

- Acumulación de nieve en zonas de nevadas frecuentes.
- Acumulación de arena o suelo en zonas de erosión eólica.
- Corrosión de las partes metálicas o armaduras.
- No limitar la distancia visual al ingreso desde intersecciones o accesos a propiedades.

La barrera de puente puede ser particularmente importante en caminos escénicos, en caminos en parque nacionales, en cruces en alto nivel o en espacios urbanos, sin embargo el comportamiento seguro de una barrera no debe sacrificarse. Particularmente, las defensas de hormigón armado carecen frecuentemente de un aspecto estético por ser una barrera visual de importancia, pudiendo una barrera metálica de caños o perfiles y postes encuadrar mejor en un marco arquitectónico que así lo requiera.

Se han desarrollado algunas barreras aparentemente rústicas y que ensayadas al choque demostraron eficiencia además de buen aspecto. Cualquier barrera de puente no diseñada con parámetros normalizados debería ser ensayada antes de ser usada extensivamente.

Defensas muy bajas pueden dar la impresión de escasa contención especialmente en puentes en curva vertical y/u horizontal. La tendencia del conductor también será alejarse de la barrera en este caso por sentirse inseguro por una posible caída.

Transiciones entre sistemas. En el caso de barreras para puentes y alcantarillas, los sistemas de barreras de aproximación pueden diferir en rigidez, altura y características de deflexión de los sistemas de barrera en el puente por lo que es necesario intercalar una transición entre sistemas.

La barrera del puente es parte de un sistema de barrera total y no un elemento único.

Las transiciones pueden no ser necesarias cuando se usan barreras con igual flexibilidad a la barrera de aproximación.

Experiencia de campo. El proyectista deberá recabar la información disponible de accidentes de tránsito contra las barreras de los puentes para evaluar el comportamiento en servicio, los daños y costos de reparación.

Proyecto de Implantación específico

Los factores a considerar en el diseño planialtimétrico de cada ubicación de un determinado sistema de barrera son:

- Distancia lateral
- Terreno adyacente
- Abocinamiento
- Longitud total necesaria

Distancia lateral

Como regla general la barrera deberá ubicarse tan lejos como sea posible del borde de calzada, siempre y cuando se mantengan las condiciones necesarias para el correcto funcionamiento y eficacia del sistema.

Esto da mayores posibilidades a los conductores de retomar el control del vehículo antes de chocar con la barrera, y mejora la visibilidad en las zonas próximas a las intersecciones.

Se recomienda que haya una separación uniforme entre el tránsito y los objetos fijos al costado de la calzada tales como barreras de puente, barreras longitudinales y muros de contención; la seguridad mejora por la reducción de las reacciones e interés del conductor por esos objetos.

La distancia desde el borde de la calzada, más allá de la cual un objeto lateral no se percibe como peligroso y por lo tanto no induce a reducir la velocidad o cambiar la posición del vehículo en la calzada se llama **distancia de sobresalto**, la cual varía con la velocidad. Los valores promedio registrados se indican en la siguiente Tabla (Fuente Rodside Design Guide)

Velocidad	Distancia de Sobresalto (DS)
km/h	m
130	3,7
120	3,2
110	2,8
100	2,4
90	2,2
80	2
70	1,7
60	1,4
50	1,1
40	0,8
30	0,6

Distancias medias de sobresalto Ds

Las barreras cortas y aisladas deben ubicarse más allá de la distancia de la línea de sobresalto. Para barreras continuas de longitud considerable, la distancia deja de ser crítica, especialmente si el extremo de la barrera empieza por detrás de la línea de sobresalto y se acerca gradualmente a la calzada.

No se recomienda que la barrera se implante a menos de 50 cm del borde de la banquina, sea esta pavimentada o no.

En caso de mediana dicha distancia mínima se computará desde el filo externo de la barrera más cercano a la calzada hasta el borde de la banquina.

En el caso de barreras laterales para proteger de un peligro aislado, lo más importante es proyectarla tan lejos de la calzada como las condiciones lo permitan, siempre considerando el ancho de trabajo del sistema a instalar.

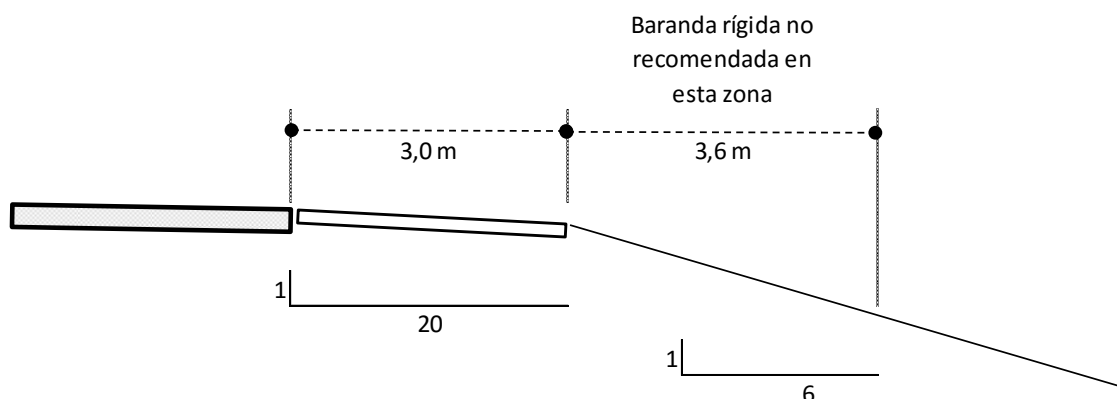
Deberían evitarse las brechas cortas (menos de 60m) entre dos barreras, cuando el costo adicional por unirlos sea similar al de instalar dos extremos de barrera, siempre y cuando no se requiera el espacio para el acceso detrás de la barrera por mantenimiento o por acceso a predios privados u otros motivos.

Terreno adyacente

Sin importar el sistema de barrera adoptado, la mejor respuesta se tiene cuando las condiciones del terreno entre el borde de la calzada y la barrera no generan movimientos verticales del vehículo que despeguen las ruedas del piso y compriman o extiendan las suspensiones.

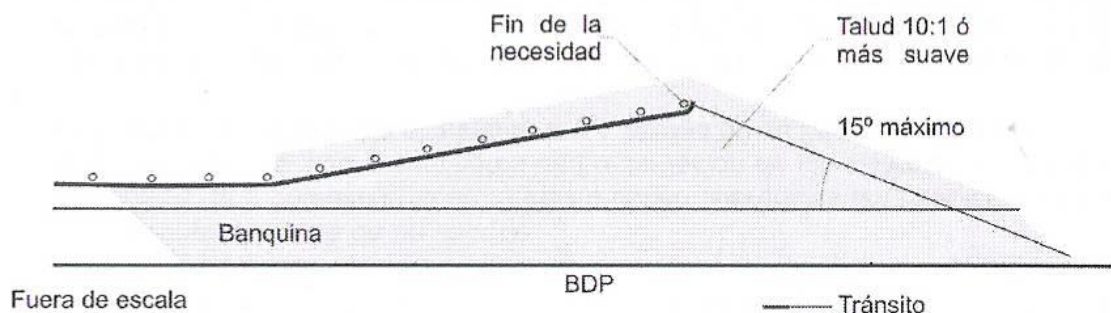
La elección del sistema de barreras está condicionada por las características topográficas del lugar de instalación.

Normalmente las barreras se prueban sobre superficies horizontales; en pendientes mayores a 1:10 (10%) la eficacia disminuye. Un vehículo que la embistiera podría pasar por arriba o por debajo según la velocidad y ángulo de impacto.



En los primeros 3,60m del talud medidos desde el borde de banquina, con pendientes mayores a 1:10 (10%) no se recomienda instalar barreras excepto si son necesarias por situaciones que generen peligros potenciales. En estos casos se recomienda usar sistemas flexibles o semirrígidos.

Si el talud del terraplén en la zona de aproximación es más empinado que 1:10 se debería aplanar el talud como se indica en la Figura siguiente.



Área y pendiente del talud en la zona de aproximación

En las medianas, se recomiendan taludes 1:10 o más tendidos. Si no hay objetos fijos y la barrera está justificada se la debe instalar en el centro de la mediana, (Ilustración 3) de la próxima figura. Cuando no se cumplen estas condiciones se recurre a las otras soluciones esquematizadas en dicha figura.

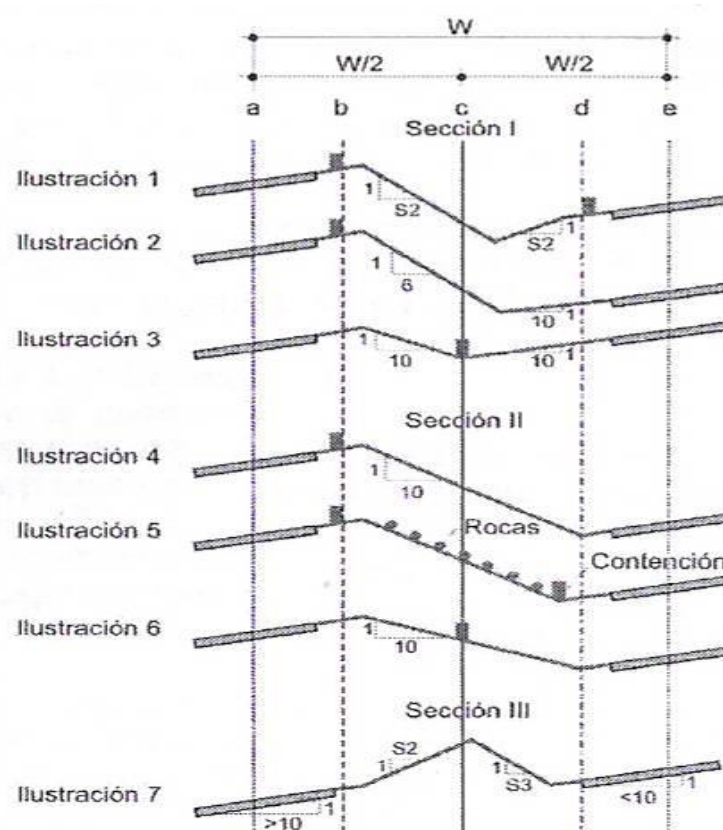
- Sección I: se aplica a medianas deprimidas o con una cuneta.
- Sección II: se aplica a medianas escalonadas o medianas entre calzadas de niveles significativamente separados.
- Sección III: se aplica a medianas elevadas, o banquetas-mediana.

Sección I. Los taludes y sección de cuneta deben chequearse para verificar si ambos taludes requieren protección y/o si la cuneta no es traspasable (Ilustración 1), se recomienda ubicar una barrera lateral cerca de la banquina a cada lado de la mediana ("b" y "d").

Si sólo un talud requiere protección se recomienda ubicar una barrera de mediana en "b". En esta situación, se recomienda una barrera rígida o semirrígida, y de lado de la cuneta debe instalarse una barrera de fricción para impedir que los vehículos que hayan cruzado la cuneta se enganchen en un sistema de barrera tipo viga.

Si ningún talud requiere protección, pero uno o ambos son más empinados que 1:10 (Ilustración 2), se recomienda ubicar una barrera de mediana en el lado con el talud más empinado. Para esta situación se recomienda un sistema rígido o semirrígido.

Si ambos taludes son relativamente planos (Ilustración 3), se recomienda ubicar una barrera de mediana en o cerca del centro de la mediana (en "c") si no es probable el salto del vehículo. Puede aplicarse cualquier tipo de barrera de mediana que tenga un adecuado nivel de prueba para la aplicación, con tal que su deflexión dinámica no sea mayor que la mitad del ancho de mediana.



Ubicaciones recomendadas de barreras

Aunque cualquier barrera es probable que se comporte mejor cuando se la ubica en terreno relativamente plano, las barreras de cable mostraron comportarse eficientemente cuando se ubican en un talud lateral 1:4, cuando el vehículo baja por el talud antes del impacto.

Sección II. Si el talud del terraplén es más empinado que aproximadamente 1:10 (Ilustración 4), se recomienda ubicar una barrera de mediana en “b”.

Si el talud tiene obstáculos o está constituido por un corte rugoso en roca se recomienda ubicar barreras de mediana en “b” y “d”, (Ilustración 5).

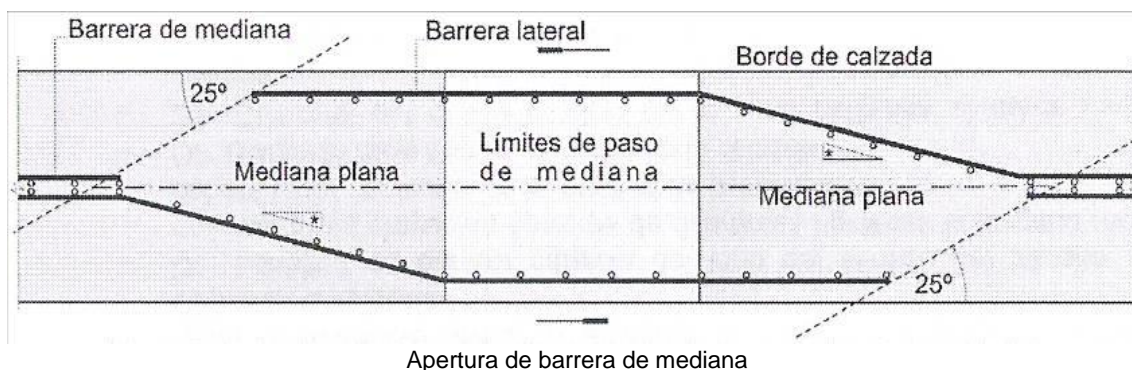
Si la sección tipo prevé un muro de sostenimiento en “d”, se recomienda que la base del muro esté contorneada por la forma exterior de una barrera de mediana rígida. Si la pendiente transversal es más tendida que aproximadamente 1:10, podría ubicarse una barrera en o cerca del centro de la mediana (Ilustración 6).

Sección III. Los criterios de ubicación para las barreras de mediana en esta Sección transversal (Ilustración 7) no están claramente definidos. La investigación mostró que una sección transversal con esta configuración, si es suficientemente alta y ancha puede redirigir vehículos que la impacten en ángulos relativamente pequeños. Sin embargo, no se recomienda construir este tipo de mediana para usarse como una barrera.

Si los taludes no son traspasables (corte rugoso en roca, etc.), debe ubicarse barrera de mediana en “b” y “d”. Si se usan muros de sostenimiento en “b” y “d”, se recomienda que la base del muro esté contorneada por el perfil exterior de una barrera rígida normalizada.

Los casos deben ser estudiados en detalle por el proyectista siendo esta, una guía orientadora pero no excluyente. Por ejemplo, la mediana en la Sección I de la próxima Gráfica, donde las calzadas están en cotas significativamente diferentes, puede requerir una barrera en ambos lados de la mediana.

Si una barrera simple de mediana se instala corriente arriba y debajo de la sección, puede ser necesario abrir la barrera de mediana como se ilustra:



Si no se justifica barrera por ancho de mediana pero existe un objeto fijo que está en la zona despejada para un sentido de tránsito, la barrera debe tratarse como una barrera lateral.

Deben usarse las tasas de abocinamiento recomendadas del lado de aproximación del tránsito.

Si la distancia de deflexión para la barrera no puede proveerse, puede ser necesaria una transición para rigidizar la barrera delante del objeto.

Cuando el objeto se encuentre en la zona despejada para ambos sentidos, será necesario proteger al objeto y al dorso de la barrera.

Usualmente los objetos fijos son pilas de puente y soportes de señales tipo pórtico. Si es necesaria la protección para ambos sentidos de viaje, y si la mediana es plana (taludes laterales menores que aproximadamente 1:10), se recomiendan dos medios de protección: evaluar el posible uso de un amortiguador de impacto para proteger al usuario del objeto, o emplear barreras rígidas o semirrígidas con amortiguadores de impacto como tratamiento para proteger al usuario de los extremos de la barrera.





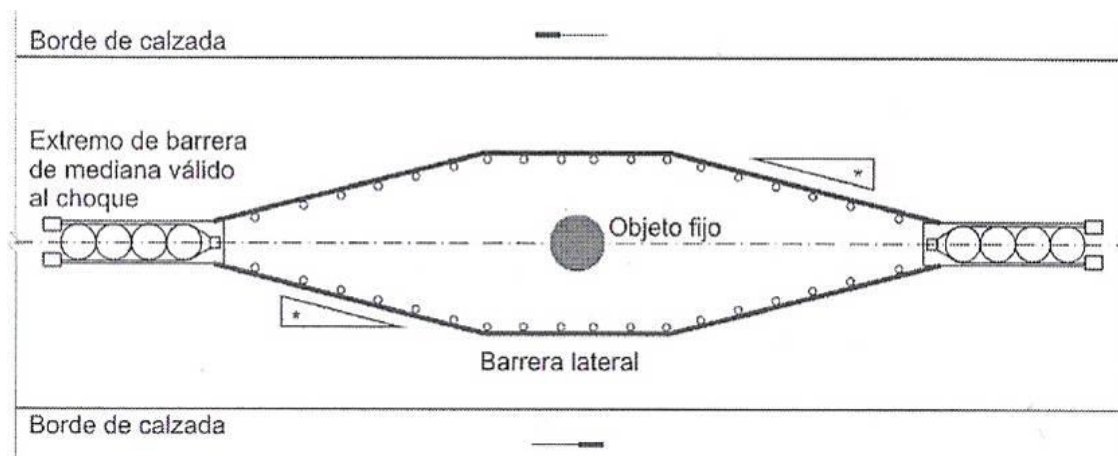
Cordón o vereda antepuesto a filo de barrera

Se desaconseja, al usar barreras, construir cordones o veredas por delante de los filos de barrera a pruebas de choque. Se ha demostrado que a altas velocidades el vehículo que embista las citadas combinaciones de cordón o veredas anticipados a la barrera, salta el dispositivo por la trayectoria del vehículo y a la deformación dinámica de la barrera estándar. Incluso a velocidad moderada y ángulos de impacto pequeños, estas restricciones pueden inducir el vuelco del vehículo.

Abocinamiento

Se recomienda el abocinamiento de los extremos de barrera para minimizar el sobresalto del conductor por la aparición de un obstáculo próximo a la calzada.

Tiene las ventajas de introducir gradualmente una defensa desde fuera de la línea de sobresalto hasta el borde de la banquina y de reducir la longitud necesaria de barrera, y las desventajas de aumentar el ángulo de choque aumentando la severidad del accidente y reduciendo la capacidad de redireccionamiento de la barrera. Para minimizar las desventajas, se recomiendan las tasas máximas de abocinamiento.



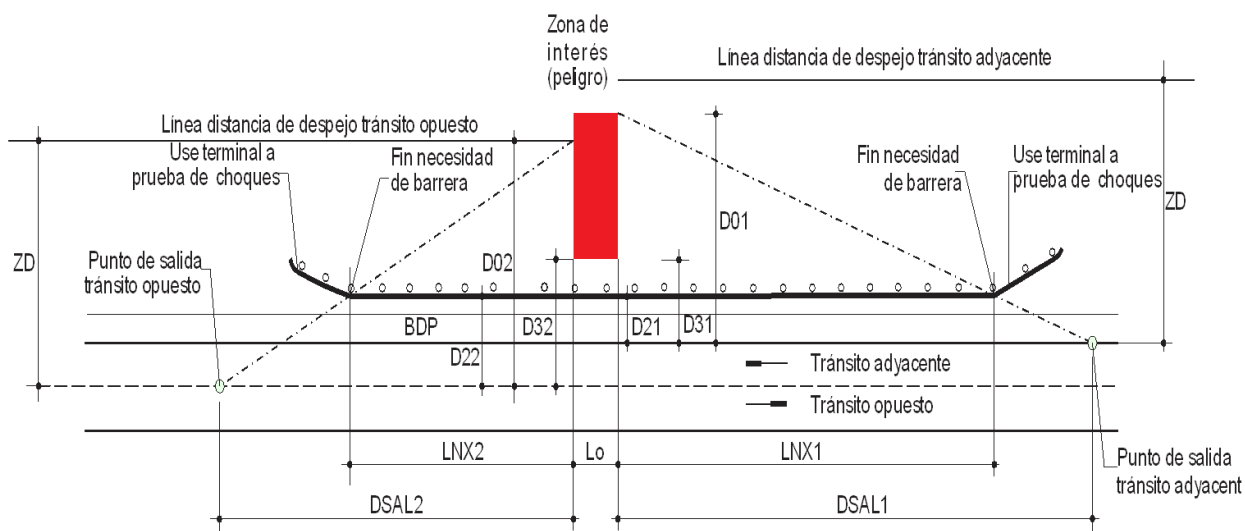
Planimetría recomendada para cubrir un objeto en mediana

Tabla sobre Tasas de abocinamiento máximas

Velocidad	Tasa de Abocinamiento		
Directriz	En zona de sobresalto	Fuera zona sobresalto	
km/h		Barreras rígidas	Barreras semirrígidas
110	1:30	1:20	1:15
100	1:26	1:18	1:16
90	1:24	1:16	1:12
80	1:21	1:14	1:11
70	1:18	1:12	1:10
60	1:16	1:10	1:8
50	1:13	1:8	1:7
<40		1:7	1:6

Longitud total necesaria

Se define como Longitud Total Necesaria, LTN, al largo necesario de un sistema de barrera para proteger adecuadamente un obstáculo o condición peligrosa. Está compuesta por la suma de las longitudes del obstáculo, Lo , de necesidad aguas abajo y arriba del obstáculo, LNX, y las de los extremos, LExtremos.



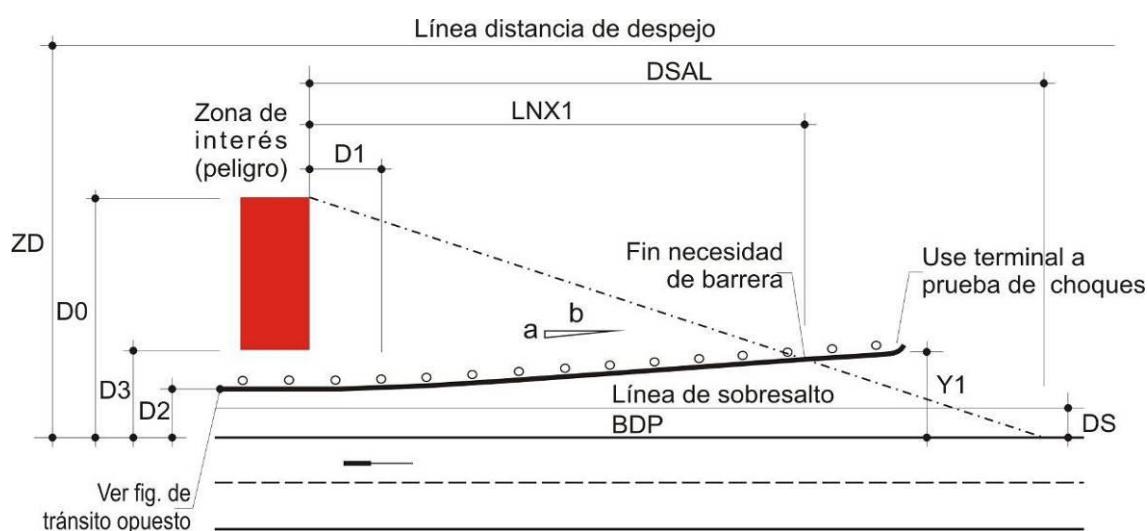
Esquema de cálculo de la Longitud total necesaria

$$LTN = Lo + LNX1 + LNX2 + LExtremos$$

- Longitud necesaria LNX1 y LNX2
En el cálculo de la longitud necesaria de una barrera para cubrir un determinado obstáculo intervienen las variantes indicadas en la figura sobre "Variables del esquema de aproximación a una barrera":
 - Do: Distancia lateral al borde más alejado del objeto medido perpendicularmente desde el borde del pavimento y del lado del sentido del tránsito en análisis. Do

tiene como valor máximo el ancho de la zona despejada ZD para el caso en análisis cuando se tiene una condición peligrosa. Depende la velocidad de diseño y del TMDA.

- DSAL: Distancia de Salida medida sobre el borde de la calzada desde el objeto hasta el punto donde el vehículo abandona la calzada. Es una distancia teórica para la cual un vehículo que abandona la calzada puede llegar a detenerse antes de alcanzar el objeto o condición peligrosa. Depende la velocidad de diseño y del TMDA.
- D1: Longitud de barrera paralela del lado del sentido del tránsito en análisis. Si se proyectan barreras de diferentes rigideces la longitud recta deberá tener por lo menos la longitud de la transición.
- D2: Distancia de la barrera al borde de la calzada.
- D3: Distancia del objeto o inicio de la zona peligrosa al borde de la calzada.
- a:b: Relación de la tasa de abocinamiento a:b.



Variables del esquema de aproximación a una barrera

Tabla Valores de distancia de salida

V	TMDA actual			
km/h	>10000	10000 a 5000	5000 a 1000	<1000
130	143	131	116	101
110	110	101	88	76
100	91	76	64	61
80	70	58	49	46
60	49	40	34	30
< 50	34	27	24	21

X es la distancia medida paralelamente al camino desde el peligro al punto de fin de necesidad de la barrera; en particular XPAR es la distancia necesaria cuando la instalación es sin abocinamiento.

$$X = \frac{D_0 + \frac{a}{b} \times D_1 - D_2}{\left(\frac{a}{b}\right) + \frac{D_0}{D_{SAL}}}$$

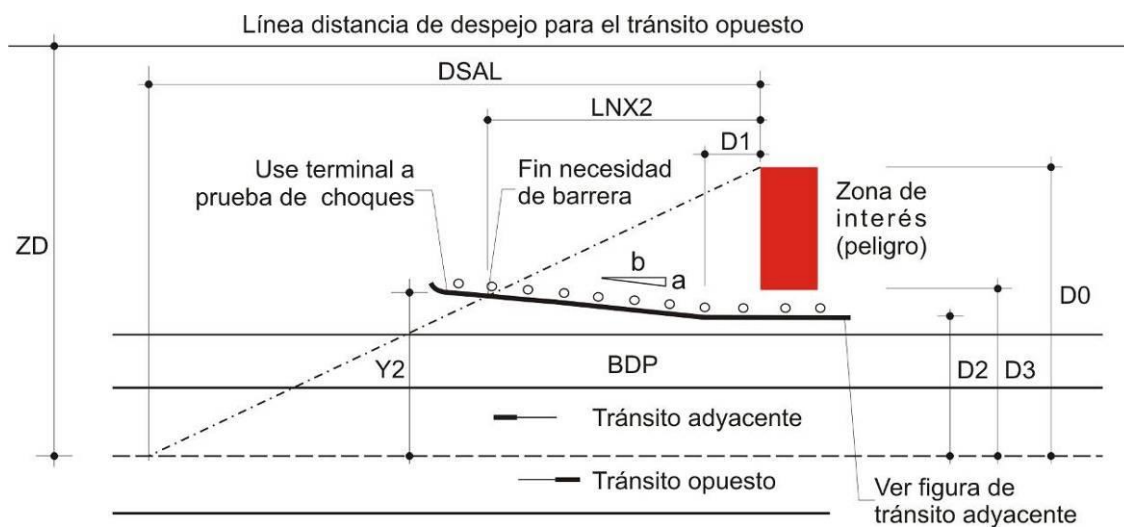
$$X_{PAR} = \frac{D_0 - D_2}{\frac{D_0}{D_{SAL}}}$$

Y, es el desplazamiento lateral de la instalación y en particular para la distancia X.

$$Y = D_0 - \frac{D_0}{D_{SAL}} \times X$$

Un vehículo que abandona la calzada fuera de la longitud de necesidad no tendría problemas ya que transitaría por la zona despejada, el que lo hace en la longitud de necesidad será contenido y redirigido, el que desvía y pasa por el extremo de la barrera sin chocarla cuenta con la distancia necesaria para detenerse sin alcanzar el peligro.

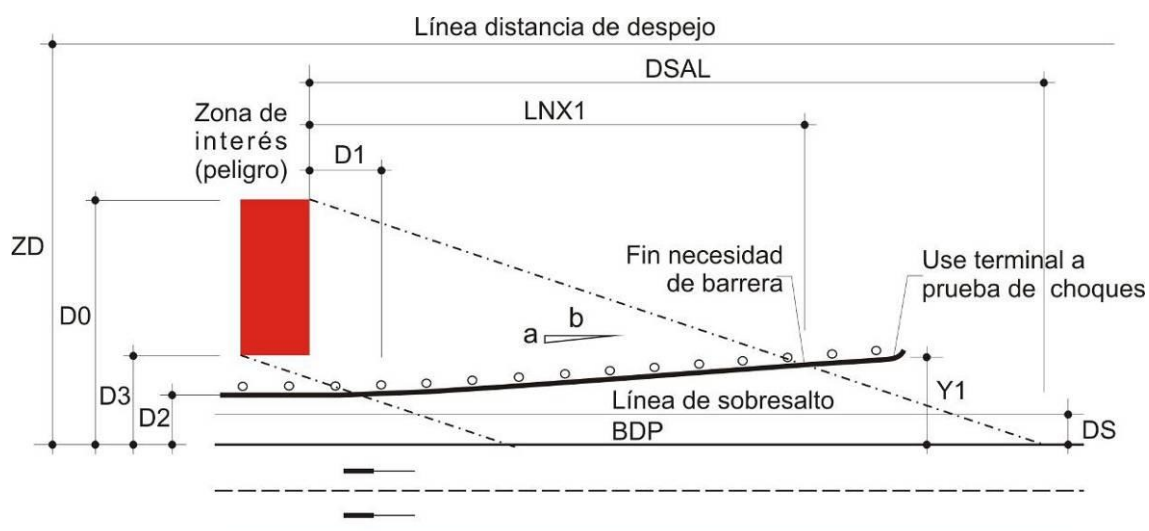
La longitud total de la barrera proyectada será múltiplo de la unidad mínima del sistema en uso.



Trazado de una barrera de aproximación para el tránsito opuesto

En la figura anterior, se muestra el esquema de cálculo de la longitud necesaria de barrera para el tránsito de sentido opuesto en un camino de dos carriles y dos sentidos. La longitud necesaria de la barrera se calcula de la misma manera pero las distancias laterales que se medían desde el borde del pavimento en este caso se miden desde la línea central de separación de tránsito.

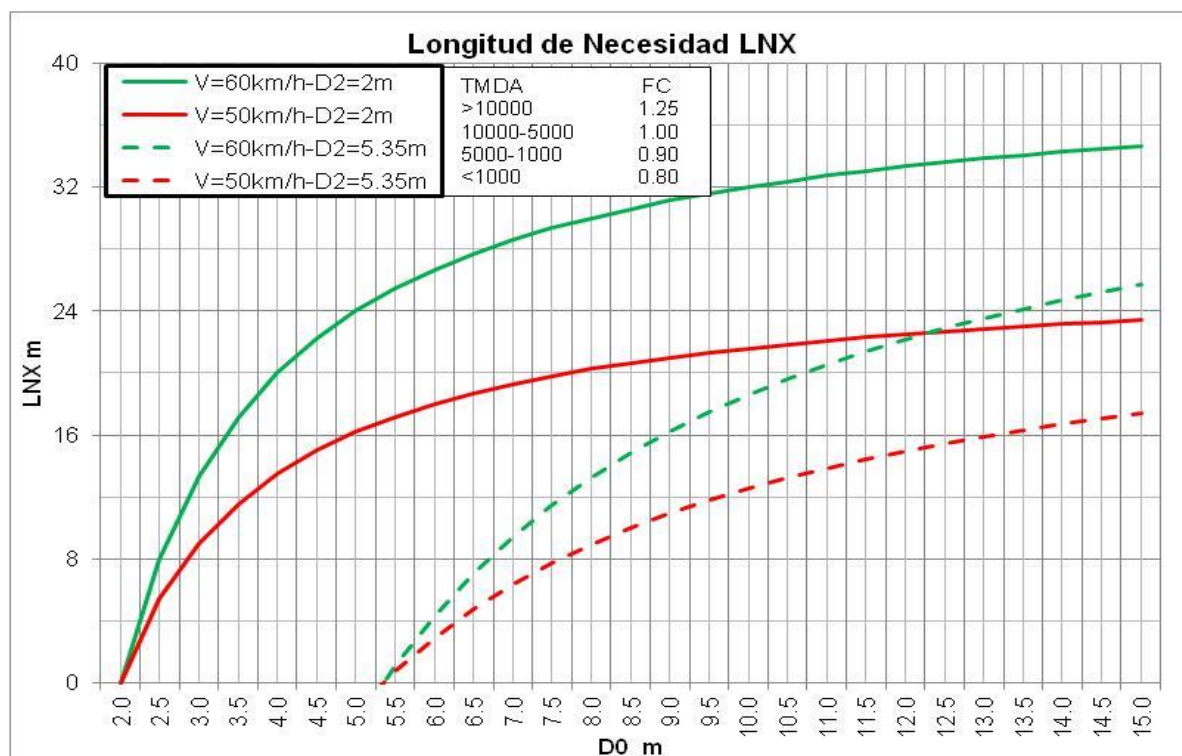
En la próxima Figura, se muestra el esquema de cálculo de la longitud necesaria de barrera para caminos de calzada separada. Se proyectará la barrera para el tránsito de sentido opuesto si el peligro está en la zona despejada medida desde el borde izquierdo de la calzada opuesta.



Variables del esquema de aproximación a una barrera – calzada de sentido único

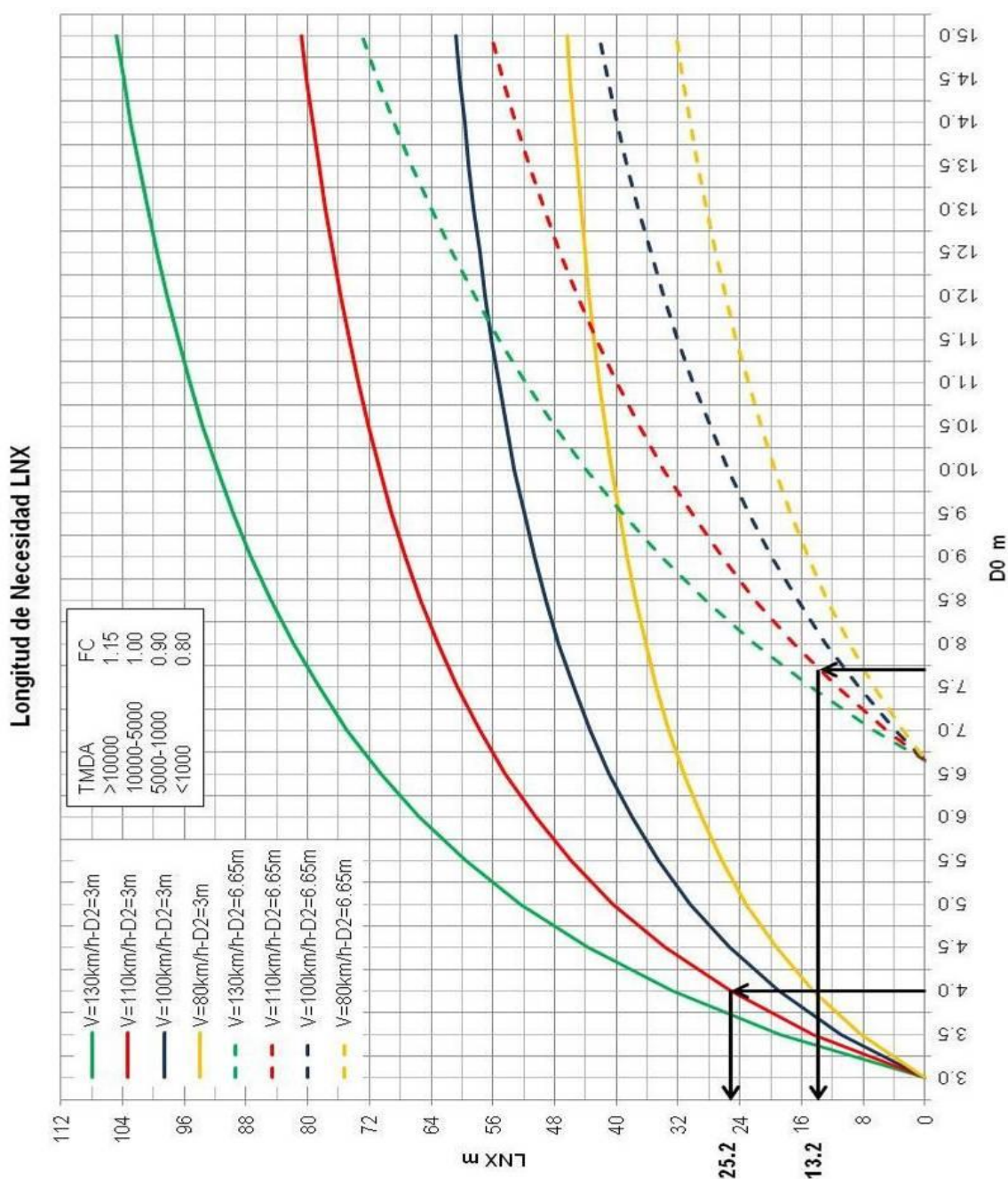
Dada la gran cantidad de variables intervinientes, se pueden realizar una gran cantidad de gráficos para la determinación de la LNX. Se proponen las siguientes simplificaciones de uso habitual: barreras tipo paralelas, sin abocinamiento en la longitud de necesidad, de esta manera se anulan los términos que contienen a la tasa de abocinamiento, que a su vez son variables según el tipo de defensa elegida y si se encuentra o no dentro de la zona de sobresalto.

Se obtiene así para cada velocidad y ubicación de la barrera desde el borde de calzada, un grupo de curvas en la cual $D0$ es la variable independiente y LNX queda como variable dependiente.



La ubicación de la barrera en la banquina se ajusta según la planilla resumen de características, donde para las velocidades mayores a 70 km/h se requiere banquina disponible de 3 m de ancho, las de 50-60 km/h serán de 2 m y las iguales o menores de 40 tendrán 1.5 m. De la misma manera, para velocidades superiores a 70 km/h se considera el ancho de carril de 3.65 m y para las menores 3.35 m.

En cada gráfico se puede observar dos grupos de curvas, las que se ubican a la izquierda son las que se utilizan para determinar la longitud de necesidad en el sentido del tránsito, mientras que los que se encuentran a la derecha se deben utilizar para el tránsito de sentido opuesto. Se pueden observar en las referencias las velocidades y la ubicación de la barrera desde el borde de carril de referencia.



Selección del extremo de barrera

A la longitud LNX necesaria para proteger del peligro debe sumarse la longitud del tratamiento de extremo que asegure el anclaje en la longitud necesaria, salvo que se utilicen sistemas comerciales que tengan capacidad de redireccionamiento en toda su longitud en cuyo caso se los incorpora en la longitud necesaria.

Para el caso de barreras tipo viga W con bloque separador y postes cada 2,00m se considera que se logra el anclaje a partir del cuarto o quinto poste.

Los tipos de extremos de barrera se verán en la Guía III.

Bibliografía Específica

MANUAL DE DISEÑO VIAL SEGURO, DNV – Argentina, 2007.

MANUAL DE PRÁCTICAS INADECUADAS DE SEGURIDAD VIAL – Propuesta de Mejoras DNV – Argentina, 2007.

RECOMENDACIONES SOBRE SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS, Sección Amortiguadores de Impacto, Resolución 423/02, DNV – Argentina 2002. .

LOS DEFECTOS VIALES Y SUS PROBABLES CONSECUENCIAS Ing. Francisco Justo Sierra, Anales Academia Nacional de Ingeniería, Buenos Aires, Tomo IV (2008)

GUIA TÉCNICA PARA EL DISEÑO, APLICACIÓN Y USO DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR, Corporación Fondo de Previsión Vial, República de Colombia (2010)

PRESENTACIÓN ARMCO STACO, Flavio Patanè, Pre XVII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito AAC (2014)

PELIGROS EN LA CALZADA Y COSTADOS DEL CAMINO, ANI – Argentina. 2001.

BARRERAS DE TRÁNSITO, Wikipedia, recopilación Ing. Francisco Sierra.
MoDOT EngineerinG – Barreras de Tránsito y Tratamiento de Extremos, Ing. Francisco Sierra
DNV – Argentina 2010 Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial, C.7. Ingros. Francisco Sierra y otros, 2010

MANUAL Std Pub Guidelines for traffic Barrier

SISTEMAS DE CONTENCIÓN VIAL, Conceptos y Últimas Tecnologías, Escuela de Graduados de Ingeniería Caminos, FI UBA, Ing. Gregory Speier, 2001

DISEÑO DE COSTADOS DE CALZADA, BARANDAS Y ACCESORIOS, Abril 2012 –
Revisión 64 1 INTRODUCCIÓN, NUEVOS PROYECTOS, RECONSTRUCCIÓN Y
AUTOPISTA 2R/3R 2.1 Zonas-despejadas 2.2 Parámetros de diseño de barrera 2.3 Tipos de
barrera 2.4 Barreras-de-mediana 2.5 Terminales de barrera

EXISTING FACILITIES, CONSTRUCTION ZONA GUIDANCE SPECIAL TOPICS
REFERENCES APPENDIX A – SPOT EVALUATION OF DESIRABLE CREAT ZONE
WIDTHS 3 BARRERAS DE CABLE EN LOS EUA p88 Experiencia con Barreras-de-Mediana
de Cable en los EUA: Normas, Políticas y Desempeño.

REVISIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTENCIÓN VEHICULAR Y PROPUESTA DE
REMEDIACIÓN, Arq. Eduardo Lavecchia, XXX Concurso de Temas Viales de la DVBA,
(2015)

Antecedentes y Enlaces

COORDINADORES DE LA PRESENTE GUÍA

Víctor Arturo Garcete Martínez

Ingeniero Civil UNLP
Proyectista Vial
Director CONSULBAIRES Ingenieros Consultores SA
Ex Docente de grado Facultad de Ingeniería UNLP
Docente Escuela de Graduado de Ingeniería de Caminos, Facultad Ingeniería UBA
Docente Magister Vial Universidad Nacional Rosario
Docente Magister Vial Universidad Nacional Cuyo
Integrante de la Comisión de S.V. de la AAC.

Eduardo José Lavecchia

Arquitecto, UNLP
Consultor y Auditor Seguridad Vial .ivia.utn.aac
Traffic Safety Management. VTI
Master en Protección Ambiental. IAS
Ex Docente Titular de la UNLP, UTN, UM.
Integrante de la Comisión de S.V. de la AAC.
Asesor Honorario del COSETRAN

COLABORARON EN CARÁCTER DE ASESORES TÉCNICOS:

Ing. Mario Jorge Leiderman

Ing. Jorge Lafage

Ing. Adriana Garrido

Ing. Jorge Santos

Ing. Guillermo Balzi

A partir de la edición de la presente Guía 2 (01/Abril/2016) y por el término de un año, se requiere de la comunidad a modo de discusión pública y aporte desinteresado, la colaboración de todos aquellos técnicos o profesionales que deseen hacer llegar al seno de la Comisión de Seguridad Vial de la Asociación Argentina de Carreteras, inquietudes, correcciones y/o contenidos actualizados e innovadores sobre la temática tratada, con el objeto de optimizar esta publicación.