

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

Guía 3

Barreras Rígidas



Barrera rígida instalada en la Ruta Nacional 14 “Autovía José Gervasio Artigas” en jurisdicción de la Prov. de Entre Ríos.

ASOCIACIÓN ARGENTINA DE CARRETERAS

Conocimientos Básicos sobre DCRV

Contenidos

Guía 3 Barreras Rígidas

PRIMEROS COMENTARIOS	3
TIPOLOGÍAS DE BARRERAS RIGIDAS	4
Barrera New Jersey	5
Barrera General Motors	7
Barrera Perfil “F”	8
Barrera con Pendiente Constante	9
Barrera tipo Quickchange	11
Barrera tipo Muro Vertical	13
Barrera para Transportes pesados	13
Barreras Ecológicas	14
PROCESOS CONSTRUCTIVOS	16
Utilización y montaje de Barreras Moduladas	19
Primera experiencia en nuestro país	22
ÁMBITOS DE EMPLAZAMIENTO	23
COMPONENTES DEL SISTEMA	26
Tratamiento de los extremos	26
Transiciones	29
Tratamiento en aberturas	29
Elementos complementarios	30
TAREAS DE MANTENIMIENTO	32
BIBLIOGRAFÍA	36
ANTECEDENTES	36

Eduardo José Lavecchia



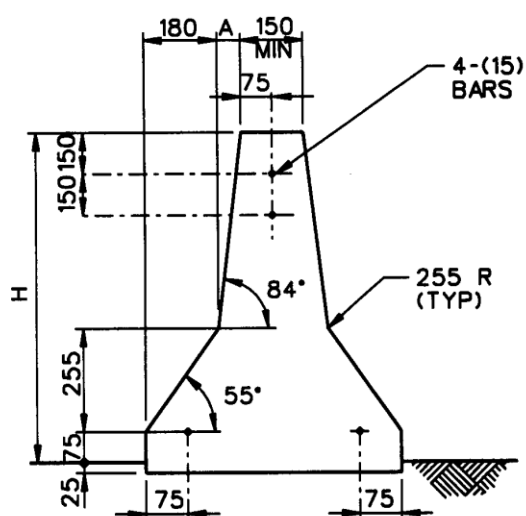
Comisión de Seguridad Vial
MARZO 2016

Primeros comentarios

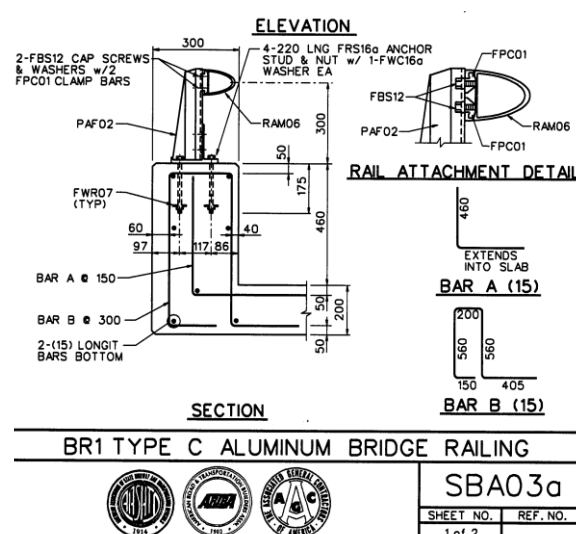
Las barreras laterales rígidas, se instalan cuando la deflexión de dichos dispositivos deba ser nula; tal es el caso de barreras que operen como separadores de vías de carriles bidireccionales, defensas de puentes o de bordes de caminos de montaña, situaciones donde no amerita la posibilidad de invasión del espacio aledaño.

Para ejecutar este tipo de barreras, los materiales más usuales dependen en general del ámbito de emplazamiento. Por ejemplo, para utilizarse en medianas de ancho reducido, las barreras se ejecutan tradicionalmente en hormigón, con las diversas secciones transversales ya probadas. Se trata de un material que posee gran rigidez y no opera a la tracción, porque su diseño está concebido para que encuadrado en un rango angular horizontal que no supere los 20° , los vehículos puedan dentro de una magnitud de impacto a las velocidades permitidas, tomar contacto lateral con la barrera y salir redireccionado manteniéndose en la calzada sin volcar.

Para bordes de puentes o viaductos, las barreras podrán ser rígidas de hormigón, si es que el tablero permite soportar su peso en los bordes y el mismo puede trabajar solidariamente con dicha barrera. Puede ser semirrígida metálica pero rigidizada con postes más próximos y convenientemente tomados a la superestructura, la cual deberá ser capaz de recibir y derivar los esfuerzos o podrá ser mixta, tal se aprecia en una de las siguientes imágenes.



Sección transversal de barrera tipo New Jersey
Destinada a implantar como separador de flujos.
Vehiculares.



Sección transversal de barrera hormigón/acero
destinada a defensa en puentes o viaductos.

En esta Guía, se estudiarán las Barreras rígidas laterales al camino, entre ellas las de medianas. Las defensas o barreras destinadas a las diversas obras de arte, tal como puentes y viaductos, se tratarán especialmente por su especificidad en la Guía 7 referida a Diseño e Instalación de Barreras para puentes.

Respecto de la conformación física de estos dispositivos de seguridad pasivos, cuyas funciones son evitar que los vehículos que transitan por su lado la crucen y que cuando se choquen contra ella se produzca un mínimo riesgo a la vida de los

pasajeros, tomando ventaja de la rigidez conferida por su material constituyente, el hormigón y de sus características físicas y geométricas expresadas en las diversas secciones prismáticas llevadas a cabo, siguiendo las pautas que le otorgaron sus originales diseñadores.

Las barreras rígidas basan su función de redirigir los vehículos desviados –hasta unos 15° y 2.000kg de peso- en la modificación de la trayectoria. Sus perfiles transversales posibilitan que tales vehículos las recorran cual si fueran curvas fuertemente peraltadas (solución cinemática). Su función no es absorber energía por deformación. La forma segura, es la constituida por dos caras inclinadas planas con pendiente transversal creciente.

Las ruedas delantera y trasera del lado de la baranda del vehículo que las choque sesgadamente trepan y bajan por la forma segura, el vehículo rota axialmente y vuelve hacia la calzada, permitiendo la redirección o reasunción del control del manejo por parte del conductor. (Roadside Design Guide, AASHTO 1989 Traducción al español autorizada: Guía para el Diseño de los Costados del Camino.)

Casi todas ellas, responden a las experimentadas en los EEUU de Norte América y difundidas en el resto del mundo habiendo mantenido el original nombre que les diesen sus creadores, las que tras ser calculadas, ejecutadas, ensayadas y aprobadas lograron las Licencias y Certificaciones correspondientes.

Tal lo expresado, la forma de una barrera de hormigón está diseñada para redirigir al vehículo que la impacte, a un carril paralelo a la barrera. Esto significa que pueden ser utilizadas para proteger el tránsito que se moviliza en sentido opuesto por detrás de la misma, y generalmente requieren muy poco mantenimiento. La energía del impacto se disipa a través de la redirección y la deformación del propio vehículo.

En los impactos a baja velocidad y reducido ángulo contra estas barreras, los vehículos pueden redirigirse sin dañar significativamente la carrocería. La desventaja es que hay una mayor probabilidad de vuelco cuando se trata de un vehículo pequeño que en el caso de una barrera flexible. Las fuerzas de impacto son resistidas por una combinación de la masa de la barrera y su rigidez (anclaje). La deflexión de la barrera es generalmente nula o insignificante.

Tipologías de Barreras Rígidas

Los primeros intentos para la implantación de medidas de seguridad pasivas, partieron de la instalación de barreras flexibles y semirrígidas, especialmente al borde de las carreteras de montaña, con el fin de evitar la caída de los vehículos por los precipicios.

Por su naturaleza, estas barreras absorbían la energía del impacto y, en consecuencia, se deformaban, pero en algunas ocasiones los vehículos saltaban sobre ellas e incluso dejaban algunos de sus componentes sobre la vía, lo que ponía en peligro a otros vehículos.

Debido a lo anterior fue necesario buscar soluciones que permitieran disminuir los costos de reparación después del impacto, tanto de los vehículos como de las barreras y que la energía producida por el impacto fuera transmitida, en lo posible, a las partes flexibles de los vehículos como son las llantas y la suspensión.

La barrera de hormigón es la barrera rígida de mediana más común en uso hoy día. Su popularidad se basa en su costo relativamente bajo en función a su extenso ciclo de vida, generalmente posee un comportamiento efectivo, y su característica más importante es su bajo o nulo mantenimiento. Los diseños de las barreras de hormigón varían según:

- Tipo de perfil,
- Tipo de construcción, y
- Tipo de refuerzo.

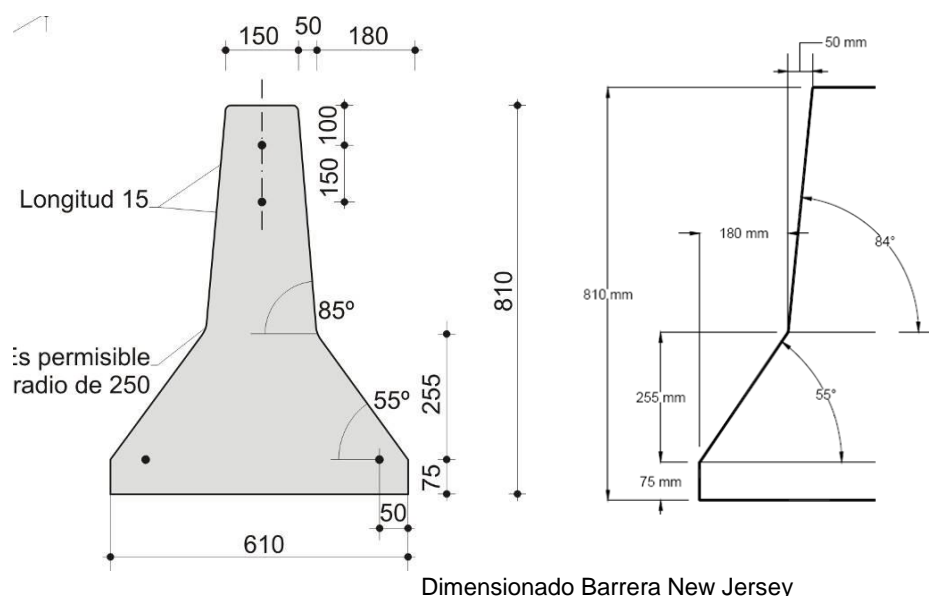
Las barreras que han tenido vigencia hasta el presente, se las reconoce en la siguiente relación, la cual responde exclusivamente a una situación cronológica de cómo han ido surgiendo y no a términos cualitativos, ya que en general todas responden eficientemente, debiéndose conocer las características del tránsito pasante, a efectos de seleccionar el producto más adecuado. Las más reconocidas son:

- **Barrera New Jersey**

Muchas de las barreras actuales de hormigón se basan en la barrera creada y probada en la New Jersey Turnpike y que le diese el nombre. Estas barreras incorporan una sección transversal con tres zonas bien diferenciadas. La zona inferior es una pequeña plataforma o zócalo que normalmente suele rematar en filos verticales; en la zona intermedia tiene una zona con reducida pendiente en relación a la horizontal y en la zona superior se tiene una zona con una pendiente más elevada. Las dimensiones de cada sector de la barrera vienen determinadas según el fabricante, la razón de su uso es la diferenciación entre los ángulos de impacto.

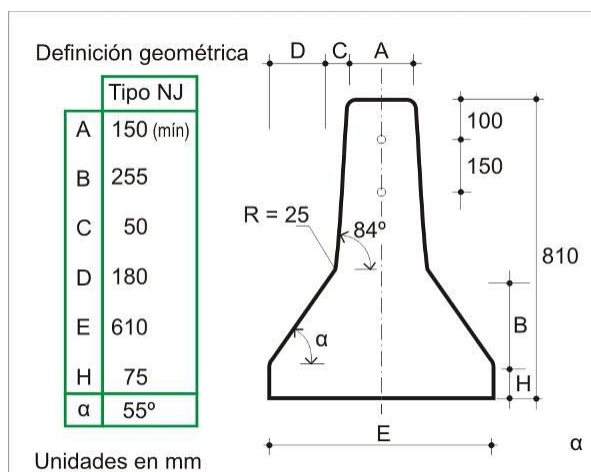


El primer prototipo de barrera rígida de concreto, empleado como separador central, se empezó a estudiar en 1955 en el Estado de New Jersey, con el fin de proporcionarle a las primitivas barreras de hormigón (ejecutadas en el Estado de Louisiana en 1942 y California en 1946) un perfil que cumpliera con la capacidad de absorber energía sin deformarse, y que el vehículo recuperara su trayectoria después del choque.

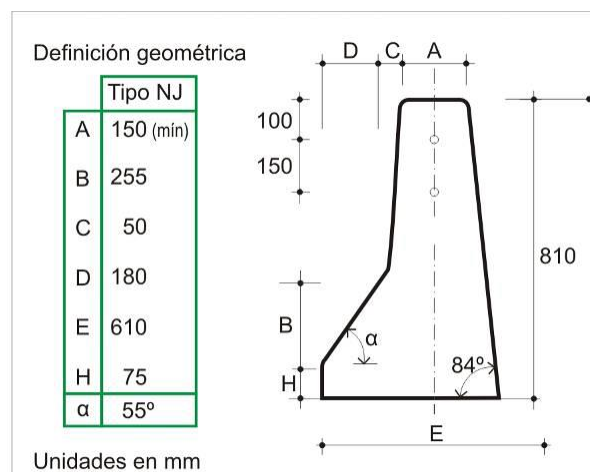


De los ensayos que en esos tiempos se hicieron, se concluyó que el perfil que hoy se conoce como New Jersey, era el que mejor cumplía con los requisitos de seguridad.

Con el fin de realizar análisis adicionales de este tipo de barreras, basados en accidentes reales, las autoridades del estado de New Jersey comisionaron al Instituto de Tecnología de Stevens para que investigara la correlación que existían entre las propiedades geométricas de las barreras rígidas y los parámetros de las trayectorias de los vehículos que chocan contra ellas. En mayo de 1967 el Estado de California inició una serie de pruebas dinámicas con el fin de determinar la efectividad de la barrera rígida como separador central, de manera especial en separadores de 2,00m. ó menos entre calzadas.



Sección barrera doble



Sección barrera simple

(Dimensionado s/ Normas y Recomendaciones de Diseño Geométrico y Seguridad Vial, C.7. Ing.. F. Sierra y otros, 2010)

Las conclusiones de estos ensayos fueron:

Las barreras de hormigón, con perfil tipo New Jersey, corrigen efectivamente, sin causar daños a los vehículos ni a la barrera, la dirección de circulación de los vehículos de peso mediano que chocan contra ella con ángulos de impacto agudos (menores de 10°), lo cual indica que este diseño es apto para separadores centrales.

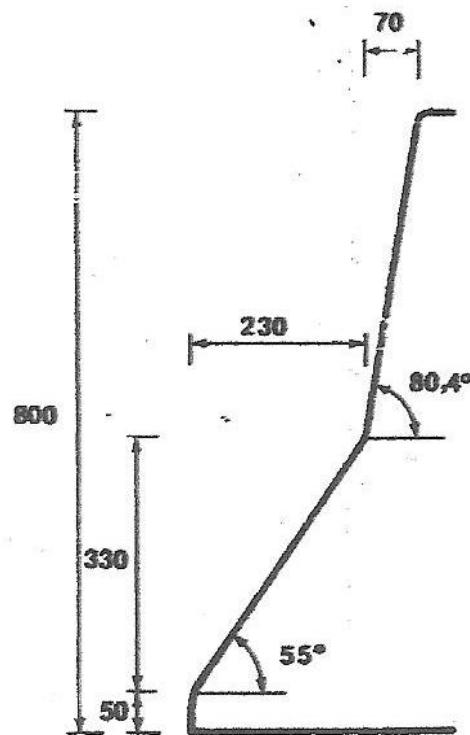
También corrigen la dirección de circulación de los vehículos de peso liviano cuando chocan a una velocidad de 100 km/h y un ángulo de impacto de 25° , causando daños menores o nulos en la barrera. Sin embargo, bajo estas condiciones de operación, se puede esperar que los daños en los vehículos y la velocidad de desaceleración de sus ocupantes resulten relativamente severos.

Aunque la barrera central rígida tiene ventajas definitivas sobre las metálicas, su utilización debe limitarse a separadores pavimentados, libres de zanjas y depresiones.

• Barrera General Motors

Sobre la idea básica del perfil New Jersey, se han realizado algunas modificaciones como la propuesta por la General Motors Company (Tipo GM), que mostró un comportamiento deficiente debido a que puede causar el vuelco del vehículo dentro de la vía por la que circula en casos de altas velocidades y grandes ángulos de impacto, por lo cual la Federal Highway Administration de los Estados Unidos no aconseja su utilización.

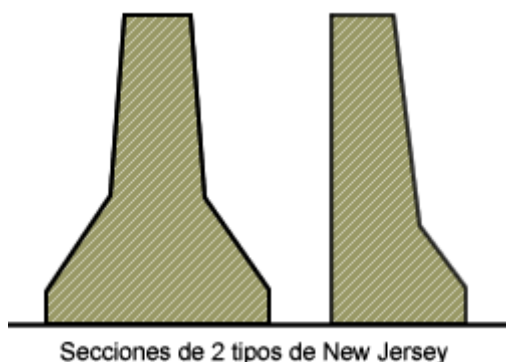
Las barreras GM fueron diseñadas para minimizar el daño en la carrocería de los vehículos que impactan con ángulos pequeños. En los choques con poco ángulo, las ruedas impactan sobre la zona de poca pendiente y se redireccionan hacia la carretera sin tener un apreciable daño en la carrocería. La zona superior sirve para redirigir los vehículos que impactan con ángulos más grandes. El zócalo inferior es útil para poder absorber una repavimentación, sin perder altura de la barrera de contención.



Dimensionado de Barrera tipo General Motors

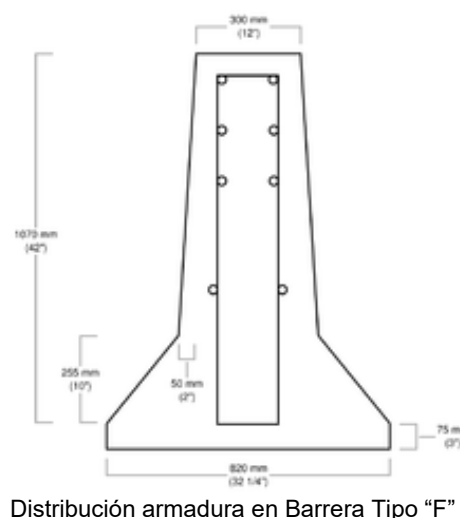
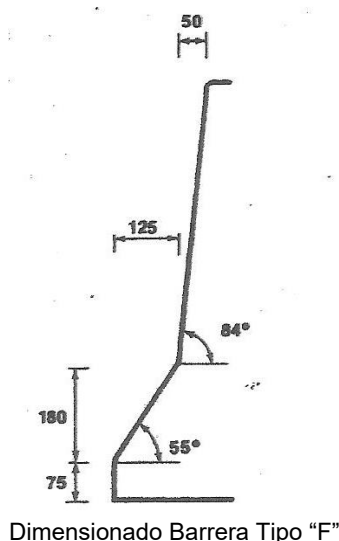
• Barrera Perfil “F”

A finales de la década de 1960 el Departamento de Transportes de New Jersey creó una geometría tras numerosos estudios llevados a cabo con ensayos a escala real (crash test). Esta nueva barrera, llamada New Jersey tiene un ángulo de 55° como la GM, pero reduce la zona de poca pendiente de 330mm a 254mm, manteniendo la altura total



Años más tarde, se creó la versión “tall” de la barrera New Jersey, que aumenta la altura total de 813mm a 1067mm para poder soportar los impactos de vehículos pesados, como autobuses y camiones. La forma en dos niveles con dos tipos de pendiente hace que la fuerza se aplique en más tiempo, lo que origina desaceleraciones más pequeñas y por lo tanto, menos daño a los ocupantes del vehículo.

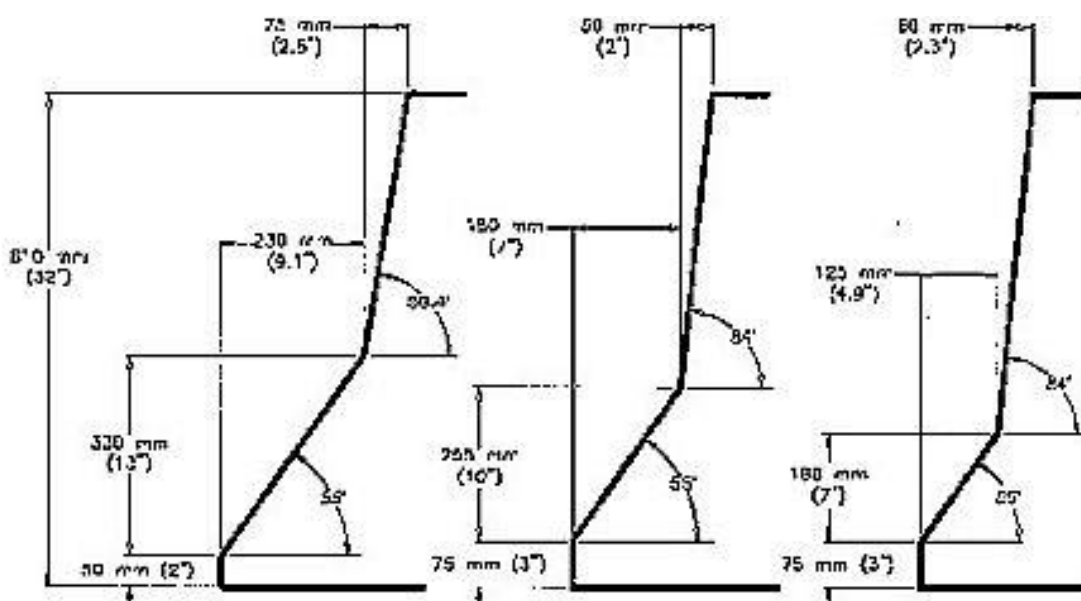
En 1976 el Southwest Research Institute de San Antonio (Texas, Estados Unidos) Realizó un amplio programa de investigación que incluyó modelos informáticos y ensayos a escala real. Inicialmente se estudiaron cinco tipos de perfiles designados con las letras A, B, C, D y F. De estos el perfil F fue el que presentó un mejor comportamiento, pues absorbió mayor energía de impacto aunque produjo mayores daños en los vehículos y genera mayores desaceleraciones.



Para solucionar la factibilidad de que los autobuses y camiones eventualmente superen las barreras, se crearon las barreras tipo-F, que se diseñan gracias a un estudio paramétrico de las barreras New Jersey e intentan disminuir la posibilidad de vuelco de los vehículos reduciendo la zona baja con poca pendiente. En estas barreras, se eleva la altura total a 1070mm, se mantienen los ángulos, pero se reduce la zona con pendiente baja a 180mm.

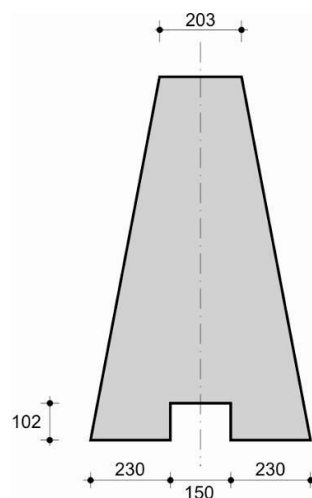
Este tipo de barrera impartirá un ángulo de balanceo inferior a un camión pesado, que aumenta la estabilidad del vehículo después de un impacto.

En la siguiente imagen, se aprecia las diferencias de dimensionado en el tronco, de los tres perfiles vistos hasta ahora.

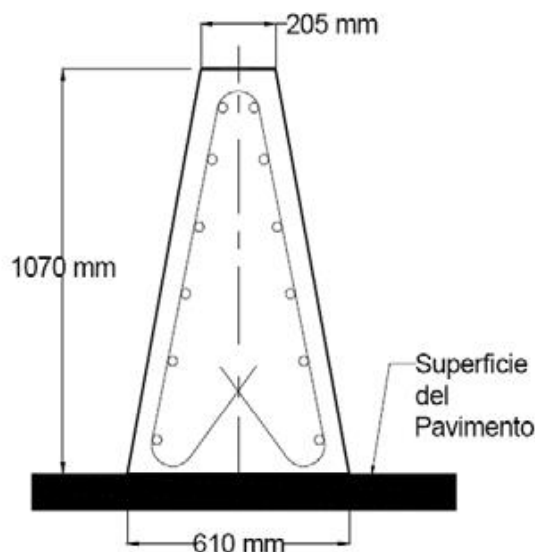


Dimensionado comparativo entre las barreras General Motors, New Jersey y Perfil F.
(Planteado por la Federal Highway Administration, Public Roads Mar/Apr 2000 vol. 63 N° 5
Basics of Concrete Barriers, Charles F. McDevitt)

• Barrera con pendiente constante



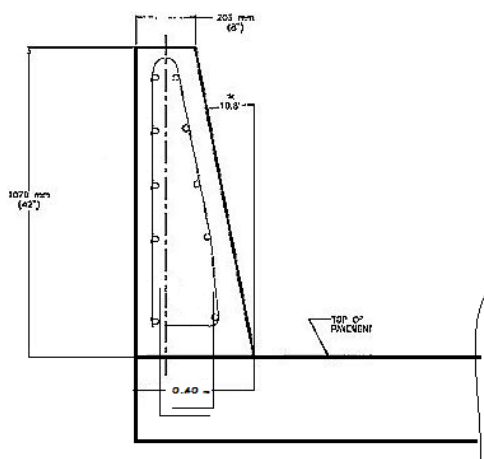
Dimensionado Barrera con pendiente constante de 9° a 11° de ángulo y 1070mm de altura



Armadura en Barrera con pendiente constante simétrica
(Federal Highway Administration, Public Roads Mar/Apr 2000 vol. 63 N° 5)

Si bien originalmente las barreras de contención poseían esta conformación, en los últimos años con la incorporación de nueva tecnología para diagnosticar comportamientos en los ensayos, se ha comprobado que mejoran notablemente la estabilidad de los vehículos que las embisten, al eliminar la parte baja de las barreras tipo New Jersey y las del tipo Perfil “F”. La estabilidad se mejora incluso con impactos con grandes ángulos (20-25°). Su materialización es mucho más sencilla.

Dicho perfil destinado a barreras con pendientes hacia ambos lados, puede utilizarse para medianas o separadores centrales, o bien con pendiente unilateral para ser empleada como barreras laterales, también puede emplearse en el caso de puentes o viaductos, en la medida que las mismas trabajen solidariamente con los tableros de las superestructuras, tal como se aprecia en la siguiente ilustración.



Barrera de Pendiente constante asimétrica en puente
(The Texas Constant-Slope Barrier)

Este esquema de barrera con pendiente asimétrica, puede duplicarse con espacio libre central, para casos de separadores que deban cubrir pilares de puentes, columnas de alumbrado, soportes de pórticos, etc., tal como se puede también utilizar las otras tipologías de secciones de barreras, pudiéndose incluso emplear dichos espacios para tratamientos verdes.

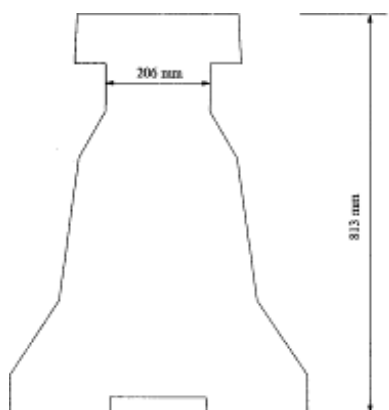
La ventaja primaria de esta forma de barrera es que el pavimento adyacente puede recaparse varias veces sin afectar el comportamiento de la barrera. La altura original de 1.07m puede así reducirse hasta 0,76m, y todavía comportarse como una barrera TL-4.

- **Barrera Tipo Quickchange**

Esta tipología de barrera, ya no es de carácter puramente fijo o rígido, sino que tiene la virtud de poder desplazarse de acuerdo a las necesidades funcionales de volumen de tránsito estacional. Para su movilidad, se emplea una máquina diseñada para el traslado de los módulos, desplazando la barrera lateralmente y ganando el espacio de un carril para ampliar la otra mano.



Dicha operación se desarrolla a una velocidad de 15km/h para una distancia de traslado lateral de 5,5m. Además de servir para maximizar el flujo de tránsito en horas punta, es utilizable también en áreas de construcción, delimitando las zonas de obra de las de circulación, incrementando la seguridad laboral y de quienes circulan por el lugar.



Sección Transversal de módulo sistema Quickchange
(Según New York State Dot – NCHRP 107 – FHWA –RAY)

A pesar de la falta de arriostramiento en la calzada, estas barreras, poseen gran estabilidad y absorben los impactos sin transferirlos al vehículo, además es de perfil estrecho, lo cual es ideal para vías angostas y con poco espacio.



New York State Dot – NCHRP 107 – FHWA - RAY

Este sistema de barrera portátil comercial, se compone de una cadena de segmentos de barrera de hormigón de perfil F de 0,94m de longitud que fácilmente puede correrse lateralmente. Para ello, varas de acero corren a lo largo de cada segmento, y en cada extremo se agregan bisagras especialmente diseñadas, y se conectan con pasadores.

El tope de cada segmento es perfil T, para permitir levantarlo con un vehículo especial y trasladarlo lateralmente entre 1.20 a 5.50 m. La ranura T se conecta al sistema conductor del equipo y el módulo se eleva con relación a la carretera.

Las longitudes continuas de barrera se transportan sobre ruedas conductoras mediante una curva S elongada para formar un nuevo carril paralelo.

Se obtienen velocidades de transferencia de 8 a 16 km/h según la distancia lateral del movimiento. El diseño cumple los criterios de los tests de choque del *NCHRP Report 350*, TL-3 con una deflexión de 1.4 m.

También se probaron y aprobaron algunas variaciones del diseño de barrera móvil según el *NCHRP Report 350*, TL-3.

La *Narrow Quickchange® Moveable Barrier* comprende una caja de acero llena de hormigón de 30 cm de ancho, comparado con el ancho de 46 cm de la *Quickchange® Moveable Barrier*. Este sistema deflexiona 0.9 m. Otros dos sistemas, conocidos como el *Steel Reactive Tensión System (SRTS)* y el *Concrete Reactive Tensión System (CRTS)* son similares a las angostas y estándares *Quickchange® Moveable Barriers*, excepto que entre los módulos se usa una mejor conexión, la cual comprende bisagras tensadas con resortes que mantienen los segmentos individuales en tensión, y reducen la deflexión dinámica del sistema a 0.7 m.

Las *Quickchange® Moveable Barriers* pueden usarse en zonas de construcción en autopistas de alto volumen donde, debido a las operaciones de construcción y a un deseo de mantener la capacidad del tránsito, los carriles de tránsito se abren y cierran frecuentemente.

El sistema requiere energía, tiempo, y recursos para instalar inicialmente las barreras; sin embargo, permite crear rápidamente una zona de trabajo y protegerla durante períodos de bajo flujo de tránsito, y se puede volver hacia la utilización plena del carril. También puede usarse en caminos y puentes con tráficos direccionales desbalanceados, tales como rutas de viajeros diarios o recambio de turistas.

- **Barrera tipo Muro vertical**

La barrera óptima para la estabilidad del vehículo es la de cara vertical, las fuerzas actúan horizontalmente como en un muro de contención, no hay componentes verticales.

Precisamente cuando existen pendientes en el paramento aparecen las componentes verticales y la posibilidad de ascenso en las ruedas y vuelco.

Algunos autores plantean que las barreras verticales tienen como debilidad, la disminución del tiempo de impacto, provocando menores desaceleraciones, mayores daños al vehículo y por ende a sus ocupantes.

No obstante, un estudio de los vuelcos que resultaron de los choques con barreras de hormigón concluyó que el muro vertical ofrece la mayor reducción potencial de vuelcos. El daño resultante del vehículo tras el choque inicial con un muro vertical puede ser más extenso. Sin embargo, las mediciones del riesgo de los ocupantes en pruebas de choque en escala natural son comparables, y la preservación del ancho de banquina y las reducciones en el potencial de vuelco son importantes beneficios de seguridad.

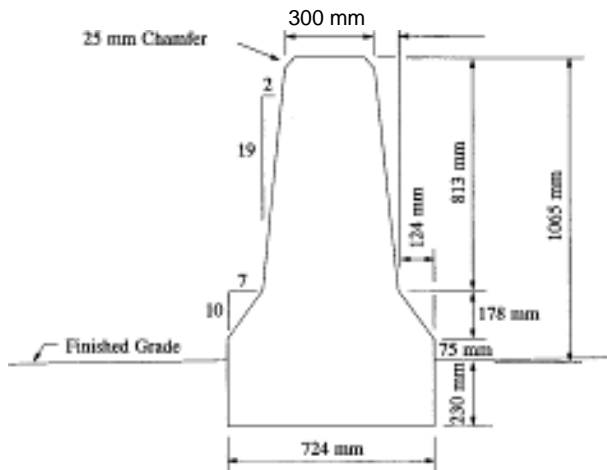


Primitivos muros verticales revestidos en piedra y modernos muros verticales empleados en autódromos, tal es el caso del existente en Australia, donde tras chocar violentamente el piloto de F1 Fernando Alonso salió indemne.

Pueden ser una opción efectiva a las barreras de Perfil seguro más anchas, y pueden preservar el ancho disponible de barrera de mediana en ubicaciones angostas, tales como al frente de pilas de puente.

- **Barrera para transportes pesados**

La Barrera extra alta destinada a camiones, puede usarse en caminos segregados para el tránsito de transportes pesados de 3.000 o más camiones al día o en lugares con una alta tasa de choques de vehículos pesados. Esta barrera de hormigón es una "configuración F" de 1,1 m de altura, con un remate de 30 cm. de ancho, pudiéndose a partir de dicha altura proseguir el muro en forma recta hasta los 2,00 / 2,30m. de altura.



Dimensionado Barrera extra alta para transportes pesados (New York State Dot – NCHRP 107 – FHWA – RAY)



Variante con remate estético sobreelevado de 2290mm redireccionando camión cisterna con 36.000kg de gasolina.

Esta barrera ha sido impactada con un vehículo cisterna de 36 000 kg en una prueba de choque. Los impactos de vehículos de pasajeros se encontraban en los límites de NCHRP Informe 230. La barrera de camiones demostró ventajas en aquellos sectores donde se justifique su instalación: Los 0,25m extras de altura de la barrera mejora la contención de camiones pesados y evita la penetración en la línea de barrera por rolido, sobre la parte superior de la misma; asimismo reduce problemas de deslumbramiento por los faros.

• Barreras ecológicas

Se están desarrollando Barreras destinadas a carreteras, que aumentan la seguridad de los conductores a la vez que reducen el impacto medioambiental. Se trata de la piedra angular del Proyecto Life New Jersey, que se ha presentado ante el Comité de las Regiones de la Comisión Europea en el marco de la conferencia 'Promoting Sustainable Infrastructure in EU Regions' –promoviendo infraestructuras sostenibles en las regiones de la Unión Europea-.

Esta nueva generación de barreras de contención de vehículos se construye a partir de neumáticos y plásticos reciclados, así como de hormigón. El caucho de las gomas mejora la capacidad de absorción de energía en caso de impacto, a la par que mejora la calidad del medioambiente al tratarse de desechos reutilizados. En definitiva, estos dispositivos mejorarán la seguridad de los conductores mientras ahorran en contaminación medioambiental.

De las diferentes conformaciones vistas, se observa que las que tienen sección transversal con varias pendientes son buenas para reducir las desaceleraciones pico, pero en cambio tienen problemas con la estabilidad del vehículo, especialmente la New Jersey. En el caso opuesto tenemos las de paramento vertical, que dan mucha estabilidad, es difícil que se produzca el vuelco aunque haya altos ángulos de impacto, pero provocan más daño a los pasajeros debido a las fuertes desaceleraciones que producen. En un caso intermedio tenemos las de pendiente constante.

Por otro lado están las barreras de tipo estético como los muros verticales de mampostería de piedra. Los cuales dan un aspecto rústico y pueden utilizarse en caminos recreativos y de reducida velocidad. El comportamiento al choque es función de su diseño estructural, dimensiones, rugosidad superficial de las caras operativas, etc.

En relación a las capacidades de resistencia que satisfacen los perfiles transversales de las barreras de hormigón, siguiendo los criterios del Reporte 350 NCHRP, son la New Jersey y los perfiles F, la barrera de pendiente única (dos variaciones de pendientes), y el muro vertical.

Adecuadamente diseñados y reforzados, estos perfiles pueden todos considerarse diseños TL-4 a la altura estándar de 0.80 m, y diseños TL-5 a la altura de 1.10 m o más altos.



Sin embargo, los ensayos demostraron que el nivel de prueba MASH 4 las condiciones son problemáticas para los 80cm de altura. Barreras altas con respecto a la contención del vehículo SUT. En los ensayos adicionales es necesario determinar la altura mínima necesaria de la barrera para satisfacer la prueba MASH 4-12.

Las barreras de perfil New Jersey y perfil-F son comúnmente referidas como de “perfiles seguros”. Las barreras de hormigón de perfil seguro se diseñaron para minimizar los daños a los vehículos como resultado de bajos ángulos de impacto y reducen las fuerzas de impacto sobre los ocupantes al compararlas con un muro vertical.

Para un mismo tipo de perfil se tienen barreras con alturas de 810 mm y 1070 mm. Las barreras de seguridad con una altura de 810 mm satisfacen las pruebas TL-1, TL-2, TL-3, y TL-4. Las barreras con una altura de 1070 mm cumplen con las pruebas TL-1, TL-2, TL-3, TL4, y TL-5. El incremento en altura es para contrarrestar el momento de volteo de camiones que tienen centros de gravedad más altos. Algunas barreras de seguridad se han construido con alturas mayores a 1070 mm cuando los vehículos que circulan por la vía requieren de diseños especiales.

Hay muchas variaciones entre los organismos viales respecto de detalles de la armadura y la base para las barreras de mediana de hormigón. La investigación del California Department of Transportation mostró que una base de hormigón no es necesaria; el hormigón puede vaciarse directamente sobre la carpeta de concreto

asfáltico, hormigón, o una base de agregado bien compactada, cuando la misma es corrida y no modulada. Esta investigación tampoco reveló ningún efecto adverso para el comportamiento de la barrera cuando se dejaron juntas de contracción sin controlar, en hormigón ligeramente armado. El refuerzo longitudinal en la parte superior del tallo de la barrera sirve para controlar el tamaño y esparcimiento de los fragmentos de hormigón que puede ocurrir como resultado de varios impactos graves de la barrera. Varios estados usan barreras de hormigón simple.

Los procesos de justificación y selección de la barrera más adecuada para una determinada situación, se verifican en la Guía 2

Tras el análisis de las diversas opciones, vale expresar a modo de conclusión las ventajas y desventajas que tienen en general las barreras rígidas:

Fortalezas:

- Redireccionan cuando no hay espacio disponible para barrera de deflexión,
- Requieren muy poco mantenimiento u obras en caso de reparación, y
- Puede bloquear con eficacia el deslumbramiento de los faros.

Debilidades:

- Son inflexibles peligros que pueden producir graves desaceleraciones, en circunstancias de ser impactadas en ángulos mayores de 20º,
- Los impactos de bajo ángulo, puede restringir la distancia de visibilidad horizontal,
- Elevado Costo inicial,
- Pueden interferir con el drenaje y la limpieza de nieve,
- Son consideradas visualmente obstructivas.

Justificación Barreras de hormigón:

- Se justifican donde deba obtenerse la redirección positiva en una reducida disponibilidad de espacio de deflexión.

Procesos constructivos

Las barreras de contención y redirección vehicular rígidas, pueden ejecutarse de diferentes maneras:

- En forma dinámica y corrida, mediante equipos pesados y encofrados metálicos deslizables,
- En forma estacionaria, mediante encofrados metálicos armados “In situ”.
- En forma modular, mediante barreras premoldeadas.

Las barreras con encofrado deslizante son de efectivo costo-beneficio donde se construyan sin interrupciones largas longitudes.

Se dispone de equipamiento para barreras con encofrado deslizante hasta una altura variable donde fuere necesario para ajustar las secciones de cruces de mediana, y donde las cotas de las calzadas adyacentes no varían más de 0.90m. Es ideal para obras permanentes nuevas.

Se trata de equipos especiales pesados montados sobre orugas, los que permiten tras nivelar convenientemente el suelo adyacente, recepcionar el hormigón elaborado y derivarlo mediante un sistema sinfín y vibrador al sistema de encofrado desplazable, manteniendo una producción de barrera corrida monolítica, a la que se le podrá prever la aplicación de alimentadores e interconectores de energía, o ductos con comunicaciones tal como fibra óptica o similar a los efectos de incorporar los sistemas de video, estaciones meteorológicas, radares, detectores y columnas de iluminación.

En lugares con elevados diferenciales de temperatura diaria, deberán efectuarse juntas de dilatación con conectores, al igual que en zonas de movimientos sísmicos.

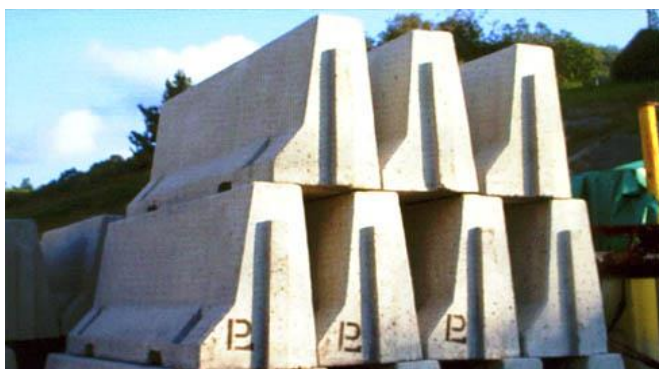


Para intervenciones en obras existentes o barreras de reducidas longitudes, se podrá ejecutar mediante el empleo de encofrados deslizables o armados in situ. Uno de los inconvenientes que debe tenerse en cuenta, es que si debe trabajar con el tránsito habilitado, ello significará una mayor precaución y prevención para con los usuarios y el personal y equipos que operen.

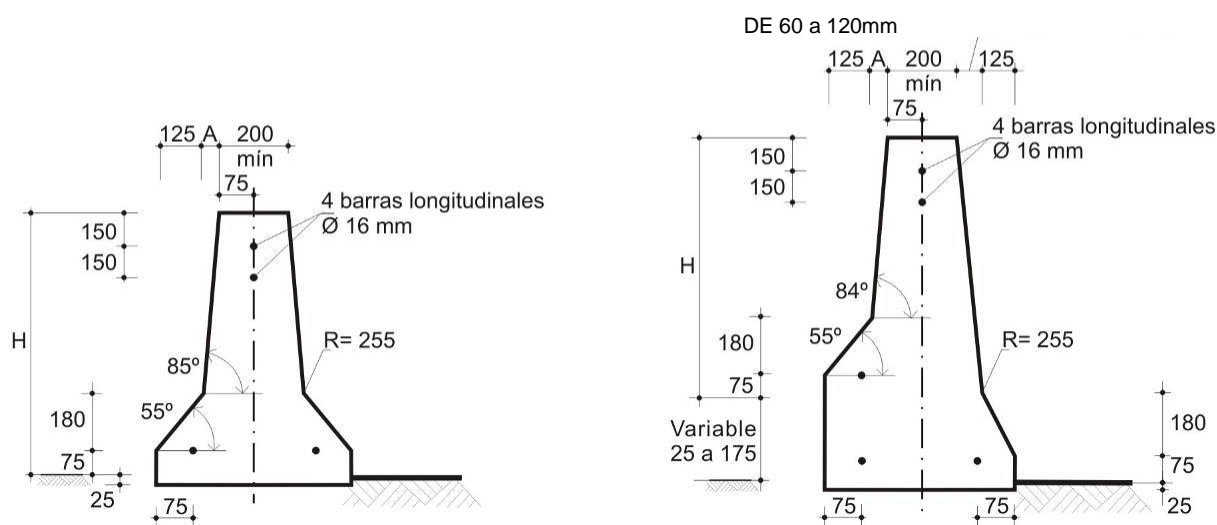
Por último están los Sistemas modulados prefabricados, los cuales son provistos por diferentes empresas y distribuidores comerciales, ejecutándose mediante el empleo de encofrados metálicos y el llenado con hormigón vibrado convenientemente dosificado por peso de los materiales que lo componen.



El empleo de estos sistemas, es válido para Barreras rígidas permanentes, cuando dichos módulos son convenientemente arriostrados entre ellos y al suelo o mediante la rigidización lograda a través de la pavimentación de las calzadas laterales, caso contrario, sólo podrán ser empleados para zonas de obras, debiéndolos articular en forma adecuada, previendo la correcta continuidad de los módulos

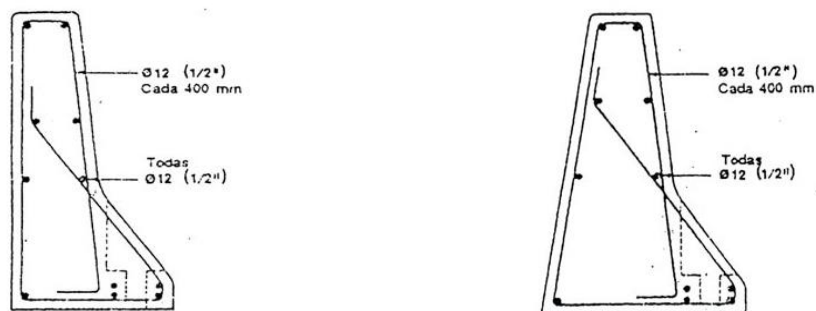


En el caso de una barrera de hormigón fabricado en situ, no hay que hacer el ensayo de transición y conexión. Pero, en el caso de usar segmentos prefabricados con una posible deflexión dinámica ante impacto, debe demostrarse que puedan ser conectadas a una barrera más rígida, por ejemplo, en los casos de entrada a un túnel o a un puente.



Perfiles clásicos de Barreras Moduladas

En relación a las armaduras de refuerzo que se incorporan en base a las necesidades funcionales o de izado, se muestran a título de ejemplificación dos casos típicos, los cuales se deberán ejecutar según cálculo pertinente,:



Ejemplos de refuerzos utilizados en la República de Colombia

Utilización y montaje de Barreras moduladas

Muchas veces se emplean Barreras moduladas prefabricadas como una opción a la barrera con encofrado deslizante y frecuentemente se las usa donde se necesita cortar las barreras de mediana para resguardar al tránsito de elementos tales como pilas de puente o soportes de señales montadas sobre columnas con pescantes o pórticos, y para direccionar tránsito en áreas destinadas a obradores y zonas en construcción de vías habilitadas.

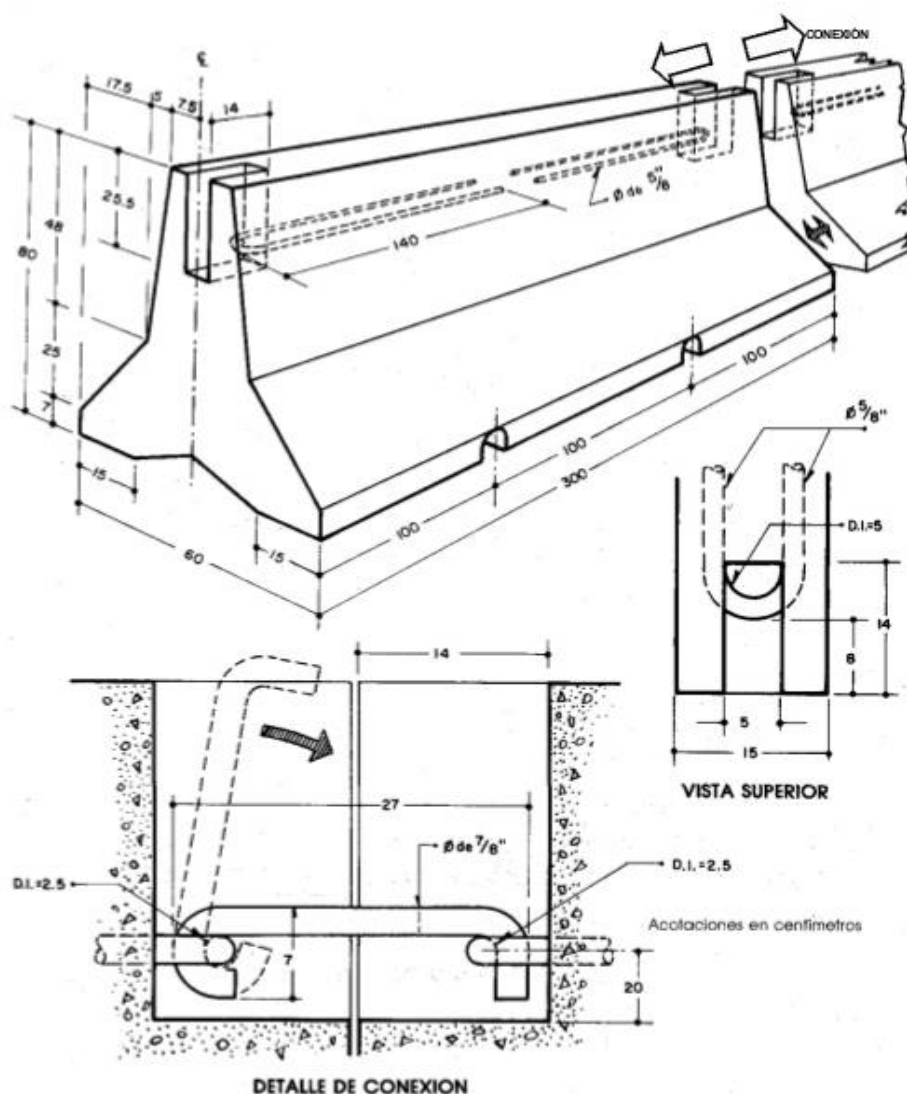


Las secciones de barreras prefabricadas deben empotrarse o anclarse en el pavimento para formar una barrera rígida. Sin embargo, para instalaciones permanentes, en varios países se usan barreras sin anclar. La experiencia demuestra la factibilidad de que vuelquen, incluso cuando están tomadas por el pavimento a ambos lados. La barrera no anclada se desplaza al ser embestida, reduciendo la fuerza de impacto cuando se la compara con una barrera rígida continua.

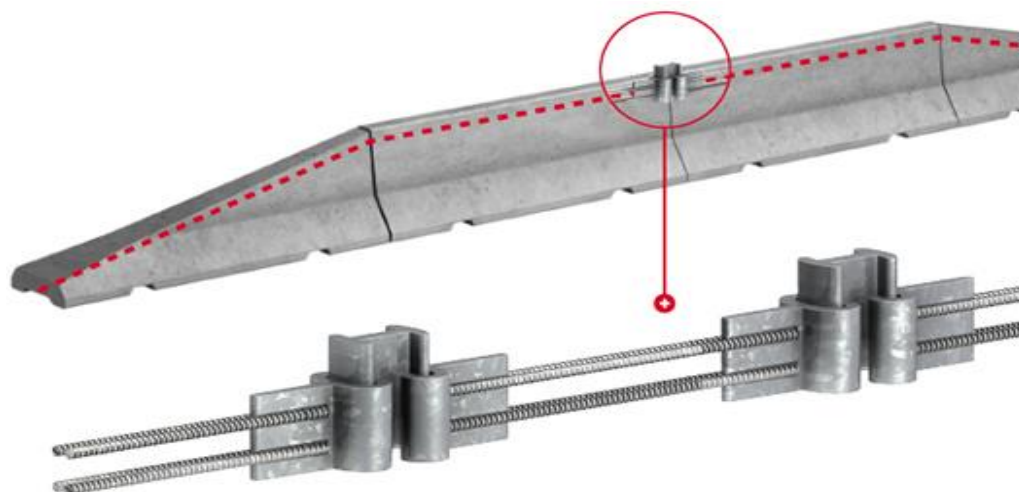
Una preocupación específica con barreras de hormigón prefabricadas con sus articulaciones más frecuentes, es la posibilidad de que un vehículo que impacta podría causar el desplazamiento lateral de un segmento. Varias medidas pueden usarse para ayudar a evitar este problema y asegurar que todos los segmentos actúen como una barrera continua.



El arriostre superior entre módulos deberá ejecutarse mediante acoples metálicos abulonados, interconectados internamente mediante una armadura longitudinal superior, incorporada en cada módulo, o bien a través de un sistema de enganches cementados, tal como lo desarrollan en Chile.



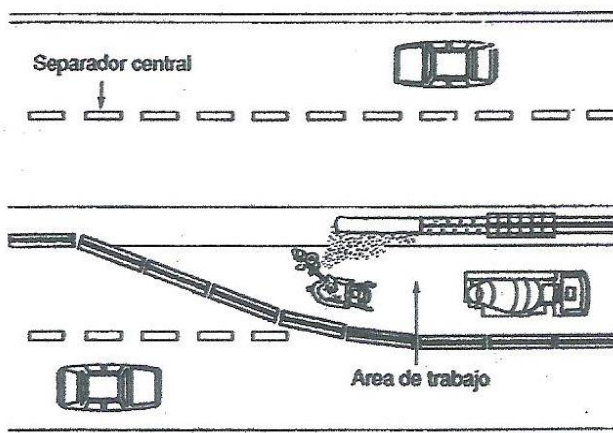
Sistema de arriostre superior, empleado en la República de Chile (Manual de mobiliario urbano SEDESOL)



Sistema de uniones mediante cadenas de dispositivos metálicos

Asimismo, existe la factibilidad de que puedan acoplarse con tres bucle en línea con una varilla de conexión con un conjunto de pasador de guarda opcional que consiste en un tornillo de fijación con tuerca y arandela, para conectar las secciones.

Por el carácter de provisionalidad y economicidad que domina las instalaciones destinadas a obradores o Sistemas de Señalamiento Transitorios de Obra (SSTO), muchas veces la disposición de las barreras de contención transitorias separadas, no es coherente con las especificaciones técnicas que recomiendan la continuidad estructural y funcional, a los fines de que puedan trabajar en forma adecuada.



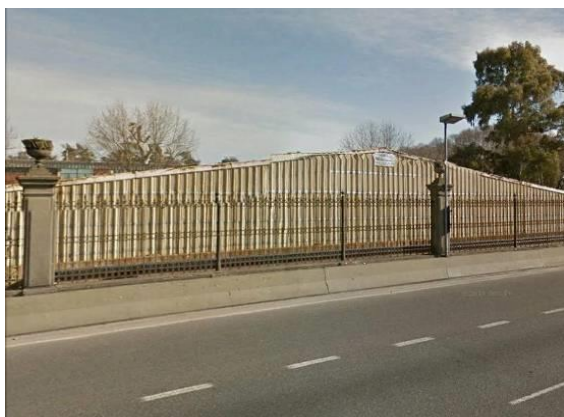
Emplazamiento irregular de módulos de barreras, a modo de delineador destinado a los usuarios del camino y esquema adecuado como protector del personal y equipos que operan en la obra vial

La implantación de módulos separados en zonas de obra u obradores, sin la continuidad recomendada o instalados entre barreras débiles (módulos plásticos), puede ocasionar serios daños en el caso de un eventual impacto.

Siempre se deberá verificar el alineamiento de los módulos a los fines de evitar la embestida de extremos expuestos.



Primera experiencia en nuestro país

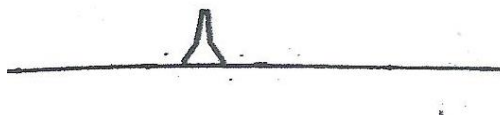


Barrera Rígida, aplicada por el Ing. Osvaldo Storani en Av. Leopoldo Lugones (CABA)

La primera vez que se instaló una defensa rígida en nuestro país, fue a los fines de implantarla en un borde de la autovía Leopoldo Lugones de Acceso a la Ciudad de Buenos Aires. Se trató de una sección de borde lateral asimétrica diseñada por parte del Ing. Osvaldo Storani en la década del 70 a los efectos de proteger a los usuarios pasantes de potenciales embestidas al muro perimetral del edificio de Obras Sanitarias de la Nación ubicado en Palermo, considerado de carácter histórico nacional.

Ámbitos de emplazamiento

Tal como puede apreciarse en las gráficas e imágenes siguientes, los lugares de implantación, tienen que ver con los ámbitos y funciones que cumplan, por ejemplo destinadas a separación de vías bidireccionales a igual o a distinto nivel de rasante.



Estas pueden ser unitarias y simétricas es decir conformadas por una sola sección transversal que trabaje hacia ambos lados, o bien constituidas por dos medias secciones asimétricas con un espacio o recinto interior.

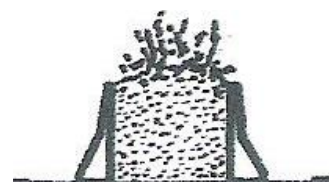
Cuando deba instalarse columnas de alumbrado o destinadas a señalamiento aéreo, tal como es el caso de piés de pórticos o columnas con pescante, es conflictivo ubicarlas sobre el hombro o borde superior, pues ante la invasión por parte de un vehículo o carga, es factible que impacte y generaría amén de la potencial rotura de los dispositivos, la rotación del móvil o caída de la carga sobre la calzada.

Ese es el motivo, por el cual ante dichas circunstancias, sea técnicamente preferible la ejecución de dos medias secciones, las que se exteriorizan como las barreras de borde central de un viaducto de dos tableros separados.





Barrera Rígida unitaria central, la cual denota las dificultades de instalación de columnas de iluminación o de sistemas de señalización.



Esquema de medias Barreras rígidas de borde con espacio suficiente

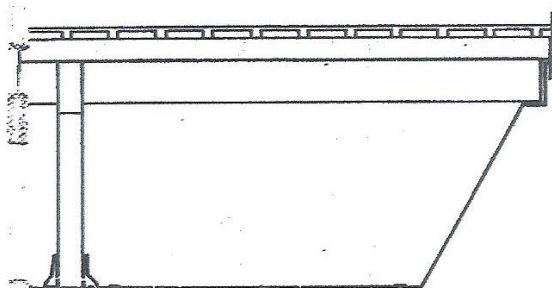


Los recintos entre barreras, rellenos con suelo vegetal, pueden ser tratados cual si fuesen jardineras con plantación de diversas especies vegetales de crecimiento controlado. Si bien estéticamente para los usuarios de la vía es placentero disfrutar de dicho tratamiento verde, es de hacer notar las dificultades y peligro que las tareas de mantenimiento conllevan, sobretodo, tratándose de vías de elevadas velocidades operacionales.

Si bien las barreras o defensas destinadas a los puentes y viaductos se detallan en una Guía aparte, vale comentar que por la amenaza que se plantea cuando los elementos verticales, como pilares o estribos de puentes, están muy cerca detrás de barreras de hormigón, se deben tomar medidas adicionales para reducir la probabilidad de que los vehículos que suben, se monten o que se inclinen por encima de las defensas, potencialmente embistan a dichos elementos estructurales verticales.



Debido a la disposición de Protección de los pilares o muros de vuelta, es esencialmente un sistema rígido, su uso debe limitarse a los casos en que se justifique específicamente.



Esta protección podrá generarse mediante la incorporación de una viga cajón que se debe montar en la cara superior de la barrera para limitar la subida de vehículos. Aunque no se realizaron ensayos para confirmar la premisa, se prevé que dicha viga cajón ayudaría a limitar ángulos de balanceo e "inclinación" de vehículos altos.



Otra alternativa, es la de achafflanar los extremos o ángulos de las estructuras expuestas al impacto de los móviles por encima de las barreras, o de agregar una pantalla adicional de superficie plana chanfleada o curva, que permita el deslizamiento de todo elemento que sobresalga más allá del filo exterior de la barrera rígida allí instalada, para evitar el franco choque contra la estructura existente, pudiéndose derivar nuevamente hacia la calzada.





Por las particulares características que poseen las defensas o barreras destinadas a puentes y viaductos se tratan específicamente en Guía 7.

Componentes del sistema

Tratamientos de los Extremos

Por la conformación de su sección transversal, con planos angulosos y agresivos susceptibles de ser impactados, no puede dejarse plenamente expuestos los extremos de las barreras rígidas al tránsito habilitado, sin la incorporación de algún recurso que atenúe un potencial choque, convirtiendo en deletable a dichos extremos.



Ejemplos de medianas y barreras laterales sumamente peligrosos, los cuales deben ser tratados.

Los extremos de barreras rígidas deberán ser intervenidos con sistemas de terminales que permitan atenuar o amortiguar los impactos. Además, generalmente deben redirigir con seguridad a los vehículos que choquen desde atrás al terminal, o amortiguador de impacto donde los golpes de sentido contrario sean probables.



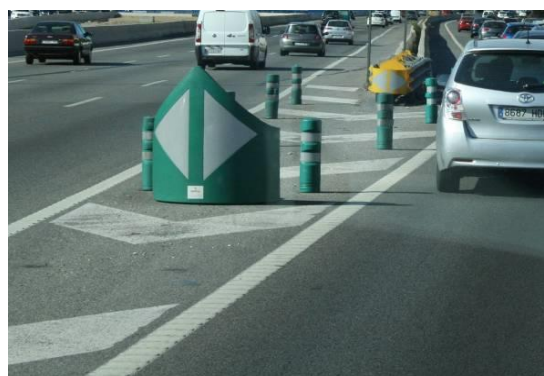
Para vías urbanas con reducida velocidad máxima ($<70\text{km/h}$) podrá emplearse para una mejor visualización lateral en encrucijadas, sistemas rampantes, en lo posible con estrias que permitan generar dificultades en el deslizamiento de aquellos vehículos que por algún motivo se monten a dichas rampas, o armados por módulos que disipen la energía cinética durante el impacto, comprimiendo o aplastando módulos contruidos con hormigones alivianados con esferas de poliestireno expandido, de resistencias estructurales diferenciadas, a efectos de lograr en caso de ser chocados, la destrucción de los módulos blandos y consecuente una desaceleración controlada.





En función a las características del riesgo que signifique dejar expuesto al extremo de las barreras, y tal se trata en la Guía 8 sobre Diseño e Instalación de Amortiguadores de Impacto con y sin capacidad de redireccionamiento, podrá instalarse uno de dichos dispositivos de contención.

Se posee un extenso catálogo de los mencionados recursos que operan como atenuadores de Impacto. Estos dispositivos podrán ser ejecutados de diversos materiales a veces combinados (metálicos, sintéticos, etc.), los cuales tienden a ser totalmente recuperables o rápidamente reemplazables y de rápida puesta en servicio tras ser embestidos, debiendo asimismo ser anticipados con balizas divergentes y delineadores, recursos que acompañarán la demarcación horizontal de borde o indicadora de bifurcación.

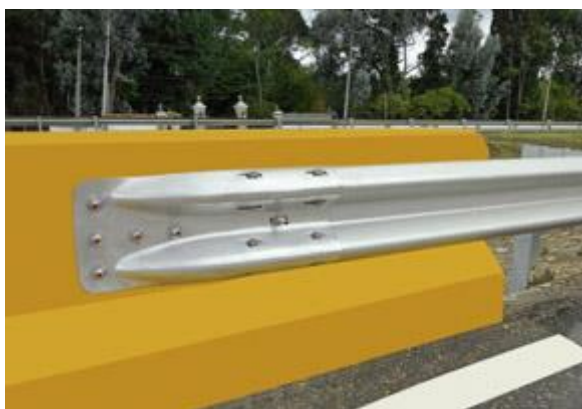




Donde se requieren aberturas permanentes, sus extremos deben protegerse según lo descrito o, si la mediana es suficientemente ancha, abocinarse o retranquearse tal que la barrera corriente arriba proteja efectivamente el extremo de la sección corriente abajo de la barrera. La última condición puede satisfacerse si el ángulo mínimo (medido paralelo al camino) desde el extremo corriente arriba al extremo retranqueado corriente abajo es de 25 grados.

Transiciones

Si bien en la Guía 6 se tratan los dispositivos destinados a Transiciones, vale expresar a modo de adelanto, que se trata de aquellos artificios necesarios para dotar de continuidad estructural y funcional a los distintos sistemas o tipos de barreras que tomen contacto en los extremos con las barreras rígidas.



Extremos de Barreras metálicas semirrígidas, tomadas a Barreras Rígidas

La adaptabilidad de las barreras semirrígidas con respecto de las rígidas, obligará a rigidizar mas a los tramos finales de las primeras, situación que se logra mediante la reducción de la distancia de los postes, la mayor longitud y profundidad de los mismos, así como la eliminación de los bloques separadores en dichos tramos de aproximación.

Tratamientos en aberturas

Debido a que normalmente los choques más graves resultan de impactos contra los extremos expuestos, las aberturas de las barreras en la mediana deben ser mínimas,

salvo que sean tratadas convenientemente con algún sistema de cierre temporario, que paralelamente, cuando esté cerrado cubra las funciones de la barrera.

De requerirse una abertura de emergencia; por ejemplo, para desviar el tránsito alrededor de un choque que requiera el cierre temporario del camino, hay dispositivos comerciales desarrollados y probados, dispositivos comerciales según el NCHRP Report 350, TL-3, que puede usarse para una abertura temporaria.

La *BarrierGate®* fabricada por *Energy Absorption Systems, Inc.* y el sistema *Safe-Guard® Gate*, fabricado por *Barrier Systems, Inc.* se usan junto con una barrera de mediana de perfil-seguro de hormigón para proveer una abertura temporaria a través de la barrera cuando sea necesaria por vehículos de emergencia, o para desviar temporariamente el tránsito.

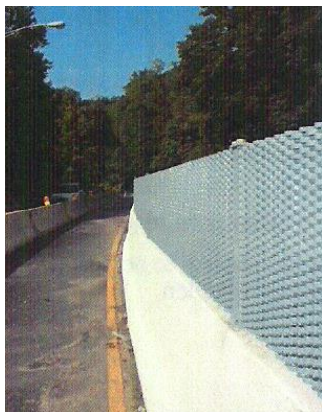


El sistema *BarrierGate®*, comprende dos medias puertas hechas de elementos de baranda de viga-Tres que se deslizan a lo largo de un sistema de vías de acero. La *BarrierGate®* se abre y cierra con un mecanismo de control electrónico que puede sustituirse manualmente en el caso de un corte de energía.

El sistema *Safe-Guard®* es una barra de acero reforzada que puede desconectarse desde la barrera de hormigón. El sistema puede moverse sobre ruedas que se suben y bajan manualmente o con aire comprimido.

Elementos complementarios

A efectos de evitar el encandilamiento o destello, es común sobre todo en las curvas, la aplicación de mallas moduladas ejecutadas con alambre artístico, o pantallas livianas, tomadas de la parte superior de las barreras, ya sea plásticas o de aluminio.





Otro de los elementos que se incorporan en los laterales superiores de las barreras, son los sistemas de señalamiento vertical estableciendo las Progresivas Kilométricas, hitos de arista, paneles preventivos, franjas de laminado aplicados lateralmente, balizas y los captafaros ejecutados con material retrorreflectante, que permiten delinear y otorgar mayor consistencia a las carreteras así tratadas.



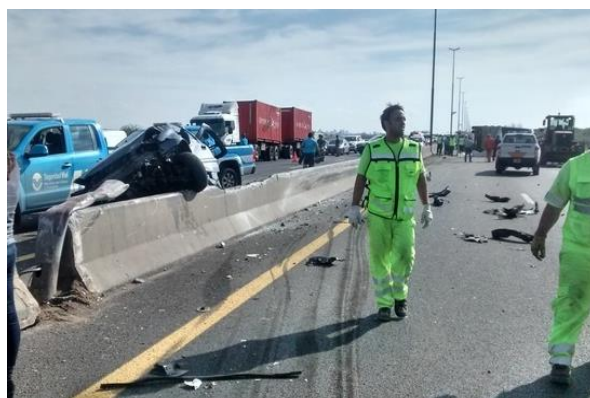
Otra posibilidad que otorga este tipo de recurso, es la de montar cercos de alambre artístico o chapas perforadas, cuando el proyectista intenta impedir que los peatones crucen aleatoriamente una vía con separador, en lugar de canalizar sus movimientos por pasarelas peatonales instaladas en dicha zona.

Las defensas rígidas laterales, pueden servir para portar los sistemas de pantallas antideslumbramiento o barreras sonoras, permitiendo que ante potenciales incendios de pastizales, las llamas no tomen contacto con dichas pantallas. Más aún, las propias barreras ejecutadas con alturas más elevadas, cumplen la función adicional de pantallas acústicas.



Tareas de Mantenimiento

La reparación de tramos chocados con rotura de partes de hormigón, se deben reconstruir en función al nivel de destrucción. Pequeños sectores desprendidos, se reconstruirán mediante el retiro previo de las partes sueltas y arenado o hidrolavado; instalación de encofrado metálico y vertido de hormigón, este último con aplicación en la mezcla, de aditivos que contengan adhesivos y reforzador de tipo vinílico o similar, para un correcto “agarre” a las partes sanas.



Cuando se trate de Barreras ejecutadas con módulos prefabricados, a efectos de hacer una tarea más prolija y de rápida puesta en servicio, se reemplazarán los

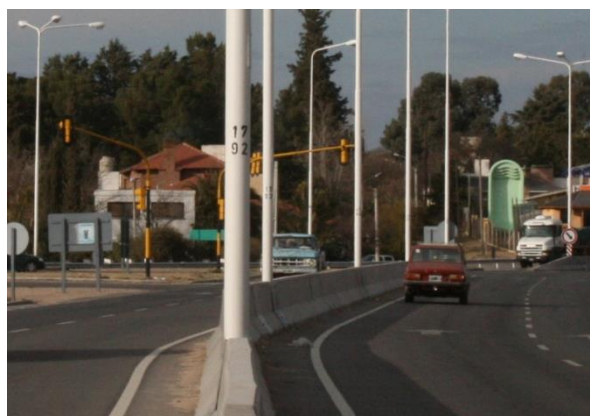
módulos completos por nuevos, empalmándose los conductos y arriostrándose convenientemente con los linderos y el pavimento.



Al constituirse también las barreras, en limitadores del viento, es probable que dichos artificios de seguridad se conviertan en acumuladores de tierra, arena, granos, desperdicios de los transportes pasantes, etc, que si no se procede a la periódica limpieza con barredoras, terminen creciendo especies vegetales o simplemente acumulación de residuos con el consecuente inconveniente estético y de seguridad para los usuarios del camino.

Es común en algunos tramos continuos y largos ubicados en mediana de autovías urbanas, la presencia de pequeñas escaleras o recursos similares dispuestos en forma aleatoria y espontánea por los vecinos frentistas para el pasaje peatonal de las barreras de contención. Situación que deberá sanearse inmediatamente a efectos de evitar el cruce descontrolado y concentración de peatones.

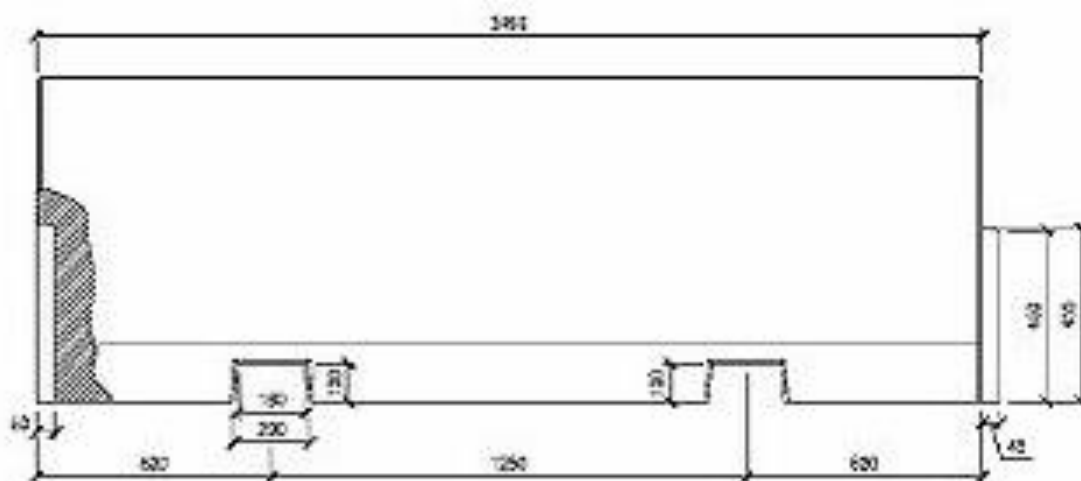
Ante la extracción de tapas metálicas reforzadas que cubren los vanos de las columnas o cámaras de inspección, es imprescindible reponer inmediatamente las mismas a efectos de evitar la discontinuidad y posible embestida a los ángulos expuestos de la barrera.



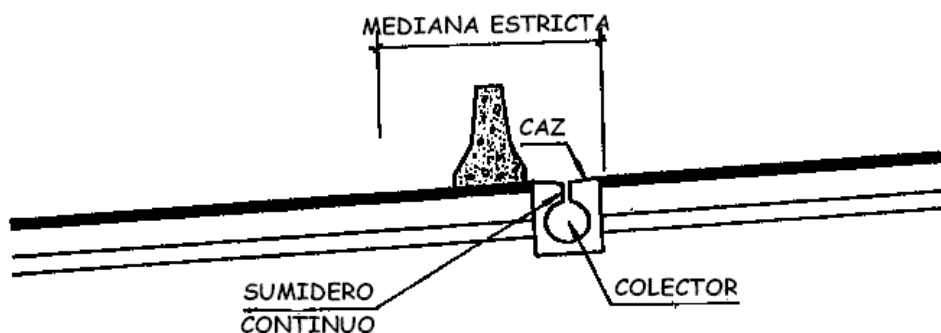
Cuando el peralte de las calzadas, tiene su encuentro inferior con barreras rígidas, se deberá proceder a la instalación de sistemas de desagües corridos a efectos de evitar la acumulación del líquido elemento.

Donde fuere posible, el drenaje debería recogerse a lo largo del pie de la barrera porque una depresión o canaleta frente a la forma segura de hormigón puede causar la inestabilidad del vehículo y hacerlo volcar.

Asimismo, cuando los módulos de barreras prefabricadas posean los orificios o barbacanas inferiores destinadas al transporte, estas deberán estar convenientemente desobstruidas y limpias para que oficien de eventuales desagües.



Borde tipo cuneta, para canalizar hacia las bocas de desagüe, el agua proveniente de las lluvias





Sistemas de rejillas moduladas, destinadas al desagüe pluvial

La factibilidad de acumular en uno de los laterales, elementos caídos por los transportes pasantes o trasladados por medio de los vientos predominantes, hace que esta tipología de barrera, amerite un plan periódico de limpieza de los sectores en contacto con la calzada, sobre todo cuando posean sistemas de drenaje o desagüe central, con el objeto de no alterar sus funcionamientos..

Esta circunstancia motiva que este tipo de barrera, no sea apta para las zonas con presencia de densas neviscas, pues complica notablemente la extracción de la nieve acumulada en zona de camino, salvo que existan sistemas térmicos o de calzadas radiantes que la licue.



Bibliografía

DNV – Argentina, Manual de Diseño Vial Seguro, 2007.

DNV – Argentina, Manual de Prácticas Inadecuadas de Seguridad Vial – Propuesta de Mejoras 2007

DISEÑO DE LOS COSTADOS DEL CAMINO, AASHTO, Capítulo 6 actualizado 3ra. Edición 2006

ANI – Argentina Peligros en la Calzada y Costados del Camino. 2001.

NORMAS Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO GEOMÉTRICO Y SEGURIDAD VIAL, para la Dirección Nacional de Vialidad, Mag. Ing. Marcelo Maldonado, 2010

Wikipedia – Barreras de Tránsito, 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

BARRERAS DE SEGURIDAD EN CONCRETO, ICPC, Ing. Blanca Helena Zapata, Ing. Germán Guillermo Madrid, Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.

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 ZONE GUIDANCE SPECIAL TOPICS REFERENCES APPENDIX A – SPOT EVALUATION OF DESIRABLE CLEAR 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

DISEÑO DE LOS COSTADOS DE LOS CAMINOS – AASHTO

Material Didáctico no comercial – Cursos Universitarios Postgrado Orientación Vial

Traducción: Ing. Francisco J. Sierra, 2009

TRATAMIENTOS DE ÚLTIMA GENERACIÓN, DISPOSITIVOS RELACIONADOS, Aceptados para usar en caminos estatales de Queensland, 2014

Antecedentes

COORDINADOR DE LA PRESENTE GUÍA

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. Víctor Arturo Garcete Martinez
Ing. Jorge Santos
Ing. Guillermo Balzi

A partir de la edición de la presente Guía 3 (01/Marzo/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.