

La sección transversal de las carreteras: un diseño orientado a la seguridad



Comité Técnico de Carreteras Interurbanas y Transporte Integrado Interurbano de la ATC. Ponentes: **Alfredo García García**, Universidad Politécnica de Valencia; **Sandro Rocci**, Universidad Politécnica de Madrid; **Jorge Mijangos**, OHL; y **Fernando Pedraza**, Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

Resumen

La sociedad española va adquiriendo una alta concienciación de que la seguridad vial y la reducción del número de accidentes en las carreteras son temas prioritarios. Ante esta presión, los técnicos responsables han aumentado las protecciones de los focos de impactos que agraven los accidentes.

Un análisis más profundo del problema ha llevado al Comité Técnico

de Carreteras Interurbanas y Transporte Integrado Interurbano, de la Asociación Técnica de Carreteras, a concluir que la solución más adecuada hay que abordarla de forma distinta de la que se hace habitualmente: en lugar de proteger bien los obstáculos, es más eficaz eliminarlos o alejarlos de la plataforma de circulación. Es claramente deseable que un vehículo descontrolado que se salga de la plataforma de circulación (por cualquiera de los dos lados) discurra por unas superficies que permitan su detención sin chocar ni volcar.

En el documento que figura a continuación se analizan estos problemas, y se proponen soluciones imaginativas y novedosas para avanzar en este camino. Se dedica especial atención a las medianas y a los márgenes de la plataforma de circulación.

El eventual incremento de coste

que medidas de este tipo pudieran provocar lo puede asumir la sociedad, de la misma manera que va asumiendo los que se producen para mitigar el impacto ambiental de las infraestructuras o la seguridad en la propia construcción.

Se pide una mayor coordinación y conjunción de la normativa técnica de las carreteras para incrementar de forma notable la seguridad viaria.

Palabras clave: Seguridad, márgenes, barreras, sección transversal.

1. Introducción

Cada día con más insistencia, la sociedad actual demanda de las infraestructuras viarias unos elevados niveles de movilidad, de seguridad y de integración ambiental. Hacer compatibles todos estos requisitos exige mayores recursos materiales y, por

otro lado, una nueva mentalidad para el diseño de nuestras carreteras.

Más específicamente, las infraestructuras interurbanas de alta capacidad, además de atenerse a sus propias necesidades funcionales y a los condicionantes ambientales, deben proporcionar al usuario un entorno seguro, capaz incluso de reducir las consecuencias de sus errores durante la conducción. Esto es importante porque se requiere un mayor aprovechamiento de las aptitudes físicas y mentales para circular por estas vías.

Un tratamiento adecuado del entorno de la plataforma contribuye de forma sustancial a reducir los efectos de un fallo en el proceso de conducción. Para conseguir este propósito se pueden seguir dos estrategias, hasta cierto punto contrapuestas:

- Implantar sistemáticamente dispositivos de contención de vehículos.
- Realizar un diseño más seguro del entorno de la vía, que reduzca, complemente o elimine la necesidad de dispositivos de contención.

La estrategia que prima hoy en la mayoría de las actuaciones es la primera: parece que se evitan problemas a la hora del proyecto y, si falta hiciere, también parece más sencilla de aplicar en fases posteriores (construcción y explotación).

El objetivo de este artículo es explorar la segunda estrategia. Es probable que el diseño de nuestras carreteras no alcance un nivel de seguridad análogo al que, en circunstancias ciertamente más extremas, se ha conseguido en los circuitos de velocidad; pero parece interesante buscar una conciliación racional entre las dos estrategias.

2. El diseño actual del entorno de la vía

En las vigentes *Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos*¹ se indica lo siguiente:

El choque contra un sistema de contención de vehículos constituye un accidente sustitutorio del que tendría lugar en caso de no existir aquél, y de consecuencias más predecibles

y menos graves; pero no está exento de riesgos para los ocupantes del vehículo.

Por tanto, sólo se recomienda instalar un sistema de contención de vehículos después de valorar los riesgos potenciales en uno y otro caso, y de descartar soluciones alternativas (a veces es posible desplazar o eliminar obstáculos, o explanar el terreno), teniendo en cuenta:

■ *El coste de instalación y mantenimiento del dispositivo.*

■ *El coste de soluciones alternativas.*

■ *La probabilidad de un choque con él, relacionada con la intensidad de la circulación.*

■ *La gravedad del accidente resultante de ese choque.*

■ *La gravedad del accidente que se ha evitado.*

Estas líneas reflejan de forma suficientemente clara los criterios que deberían conducir al establecimiento de sistemas de contención de vehículos en nuestras carreteras. Es necesario valorar el riesgo potencial que representa su propia instalación, y realizar una comparación con otras soluciones.

La práctica actualmente generalizada se basa en el diseño de los elementos de la sección transversal de la carretera atendiendo a unos estrictos criterios normativos que, en la mayoría de los casos, no incorporan la seguridad de una forma explícita. La frecuente combinación de dos o más valores límite de la normativa, cada uno de los cuales resulta admisible aisladamente considerado, puede conducir a un diseño conjunto cuyo nivel de seguridad ya no sea tan bueno. El nivel de seguridad final de la vía se alcanza por medio de los sistemas de contención de vehículos, que pretenden proteger a los usuarios de los elementos proyectados o existentes, en las márgenes o en la mediana, que representen una amenaza potencial. Este planteamiento conduce a que:

■ Se abandone la necesidad de un estudio comparativo.

■ No se afine suficientemente en la valoración de los riesgos inheren-

tes al diseño de cada elemento, en la confianza de poder paliarlos por medio de los sistemas de contención de vehículos.

■ Aumente la frecuencia de los accidentes: choques con los sistemas de contención de vehículos, y alcances por falta de espacio lateral.

Con esta filosofía de diseño también se puede alcanzar un nivel de seguridad final calificable de suficiente; pero se abusa de una solución que en sí es paliativa y no está exenta de riesgos propios.

Por ejemplo, la recuperación de un vehículo fuera de control mediante una barrera de seguridad puede:

■ Impedir que se esquivé un obstáculo.

■ Provocar que el vehículo vuelva a la plataforma propia, o se mantenga en ella, representando un obstáculo para el resto de los usuarios.

■ No evitar en último extremo que los vehículos (o su carga) accedan a la calzada opuesta.

No se puede olvidar que ciertos sistemas de contención de vehículos (por ejemplo, las barreras metálicas de seguridad) representan un peligro específico para los motociclistas.

En los apartados siguientes se analizan los elementos próximos a la plataforma que deberían estar sujetos a una evaluación específica de su nivel de seguridad. Entre ellos destacan la mediana y las márgenes de la vía, donde hay que analizar aspectos tales como:

■ Su forma y dimensiones: anchuras, despejes, inclinaciones, cunetas, plantaciones, etc.

■ El efecto de elementos puntuales como los apoyos de las obras de paso sobre la carretera, los soportes de la señalización vertical, los báculos del alumbrado, los postes SOS, los lucernarios, los elementos de riesgo situados en las narices de las divergencias o salidas, los pasos a través de la cuneta, los pasos a través de la mediana, los muros y maceteros, y las isletas en los enlaces.

(1) Aprobadas por Orden Circular 321/95TyP, de 12 de diciembre de 1995.

3. La anchura de la mediana y la instalación de barreras de seguridad

3.1. Criterios para fijar la anchura

El apartado 7.3.2 “Mediana” de la Norma 3.1-IC “Trazado”² establece que:

Las características de la mediana se fijarán a partir del preceptivo estudio técnico-económico, en el que se tendrán en cuenta el radio en planta, la visibilidad de parada (considerando los sistemas de contención de vehículos) y la necesidad de incrementar el número de carriles, en su caso, así como cualquier otra consideración que pueda intervenir en dicho estudio (apoyos de estructuras y de señalización, excavaciones y rellenos, drenaje, iluminación, coste de expropiaciones, etc.).

En cualquier caso la anchura mínima de la mediana será:

■ *Cuando se prevea la ampliación del número de carriles a expensas de la mediana:*

- *Diez metros si la velocidad de proyecto es 100 ó 120 km/h.*

- *Nueve metros si la velocidad de proyecto es 80 km/h.*

■ *Cuando no se prevea la ampliación del número de carriles a expensas de la mediana: dos metros.*

■ *En casos excepcionales debidamente justificados (estructuras singulares): un metro.*

Las **previsiones de ampliación** del número de carriles a expensas de la mediana, fundamentadas en alcanzar determinados niveles de servicio en la hora de proyecto del año horizonte, en muchos casos no resultan determinantes para fijar su anchura:

■ La prognosis que proporcionan³ los estudios de tráfico se encuentra sujeta a multitud de incertidumbres difíciles (y aun imposibles) de valorar cuando se llevan a cabo dichos estudios. A menudo puede haber necesidad de ampliar la capacidad de una vía antes de que llegue el año horizonte.

■ Puede no ser conveniente rea-

OJO INCLUIR DE REVIS-
TA

No es razonable que las cunetas sean tan profundas, que necesiten de barreras de seguridad.

lizar la ampliación a expensas de la mediana, sobre todo si ello conduce a que ésta quede de anchura estricta.

Los demás criterios actuales para elegir la anchura de la mediana se pueden concretar en:

a) Criterio técnico: se atiende a disponer de visibilidad de parada⁴ en el carril interior de la calzada para un recorrido a la velocidad de proyecto (sin aumentar en 20 km/h), conforme al apartado 3.2 de la Norma 3.1-IC “Trazado”. En septiembre de 2001 se modificó el punto 3.2.2 de la Norma para añadir el siguiente párrafo, el cual permite dispensar de la visibilidad de parada mínima:

“La condición del párrafo anterior no será de aplicación para el caso en que se incurriera en costes económicos, medioambientales, sociales, afecciones al patrimonio arqueológico, artístico, histórico, etc., desproporcionados a los incrementos de seguridad obtenidos, dando en todo caso cumplimiento a los artículos 4 y 5 de esta norma.”

Los criterios para la determinación de la visibilidad que preconiza la Norma 3.1-IC son susceptibles de ciertas matizaciones:

■ El conductor está situado en el lado izquierdo del vehículo (a 36 cm del eje de éste⁵); de la aplicación de

la Norma no resultan las mismas visibilidades en las curvas a izquierdas que en las curvas a derechas.

■ La distancia de parada debiera definirse a partir de la velocidad real previsible de un vehículo tipo, aunque fuera superior a la de proyecto (al menos la velocidad específica).

■ No parece lógico que un obstáculo de 20 cm de altura defina la visibilidad disponible en relación con la maniobra de parada: es probable que pueda ser esquivado sin salirse del espacio transitable. Parece más razonable considerar como obstáculo la presencia de un vehículo detenido en el carril propio: a los efectos de la visibilidad, sus luces traseras

(2) Aprobada por una Orden Ministerial de 27 de diciembre de 1999 (BOE nº 28, de 2 de febrero de 2000) y modificada parcialmente por una Orden Ministerial del 13 de septiembre de 2001 (BOE del 26).

(3) Especialmente las relacionadas con el tráfico inducido y con los desarrollos urbanísticos.

(4) Teniendo presente, además, la presencia de obstáculos (como plantaciones densas o barreras) que pueden afectar a la visibilidad.

(5) Alfredo García y Valerio Ortega (2000). *Estudio de los factores relacionados con el vehículo que influyen en las visibilidades en redes viarias*. Congreso de Ingeniería de los Transportes. Valencia.

tienen una altura sobre el pavimento del orden de 60 cm⁶ y 7.

b) Criterio económico: se evalúa la repercusión económica de distintas anchuras, teniendo presente fundamentalmente el coste de los terrenos, del sistema de desagüe y de las explanaciones; el aumento de la longitud de las obras transversales de paso; y la necesidad de instalar barreras de seguridad.

c) Criterio ambiental: rara vez se encuentra objetivamente justificado y, en la mayoría de los casos, se traduce en una interpretación restrictiva del criterio técnico, en detrimento de la seguridad vial. A menudo se adopta directamente una anchura prescrita en la Declaración del impacto ambiental. La autoridad que formula ésta no se ve condicionada primordialmente por la seguridad vial (sobre todo si ésta no viene suficientemente estudiada en el planeamiento⁸), sino por la afección al medio ambiente; y siempre que no vulnere la normativa, no tiene por qué preocuparse por aspectos que son competencia de otros, por importantes que sean.

En la elección de la anchura de la mediana suelen predominar los criterios técnico y ambiental. Si el terreno es accidentado, el criterio económico puede ser decisivo. El desagüe, las explanaciones, y las obras de paso pueden ser rediseñados para reducir el incremento económico que representa una mayor anchura de la mediana.

Se supone que el criterio técnico tiene en cuenta implícitamente la seguridad vial, aunque su eficacia en este sentido puede resultar muy restringida. Analizar recorridos a velocidades superiores a la de proyecto constituiría un enfoque más realista. Se da la paradoja de que, al admitirse una tolerancia en el control de los límites de velocidad, se supera en la realidad la velocidad de proyecto considerada con arreglo a la normativa.

Por lo tanto, se puede afirmar que en la actualidad la elección de la anchura de la mediana no se realiza de

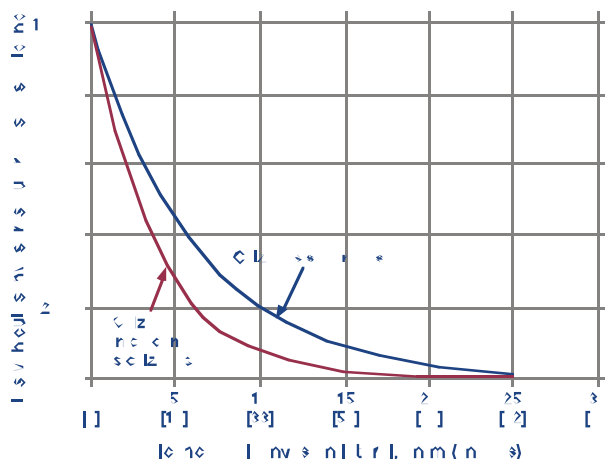


Figura 1. Invasión lateral de las márgenes.
FUENTE: Cooper, P. (1980) "Analysis of Roadside Encroachments—Single Vehicle Run-Off-Road Accident Data Analysis for Five Provinces," B. C. Research. Vancouver, British Columbia, Canada.

una forma acorde con una búsqueda explícita del mayor nivel de seguridad vial.

En el mejor de los casos, la máxima anchura adoptada es de 14 m⁹; son habituales medianas de 8 ó 10 m. La elección de los 14 m se fundamenta en la aplicación de la Tabla 2 de la Orden circular 321/95TyP "Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos" en las que, con esa anchura y unas condiciones ordinarias de diseño, no hay necesidad de disponer barreras de seguridad.

A la luz de los conocimientos sobre la invasión lateral de las márgenes por parte de los vehículos fuera de control, es de esperar que cuanto más ancha sea la mediana, menos serán los vehículos capaces de cruzarla. Para evitarlo, la estrategia seguida en nuestro país ha consistido en reducir su anchura y disponer barreras de seguridad! (Figura 1).

En condiciones ordinarias, aumentar la anchura de la mediana no supone un grave perjuicio económico ni ambiental; aunque en muchas ocasiones los estudios incluidos en los proyectos son insuficientes para probarlo de una manera palmaria.

3.2. Instalación de barreras de seguridad

El motivo principal de la instalación de una barrera de seguridad en la mediana es la práctica eliminación de los accidentes por cruce de ésta: un tipo de accidente que muy a me-

nudo tiene un gran impacto en la opinión pública. Sin embargo, la propia barrera constituye un obstáculo; los conductores de alguno de los vehículos que chocan con ella podrían haber recuperado el control si la barrera no se hubiera interpuesto en su trayectoria.

Así que la decisión de instalar una barrera en la mediana es el fruto de un equilibrio entre:

- La necesidad de reducir la frecuencia de los accidentes por cruce de la mediana, que atraen la atención de los medios, crean una publicidad adversa a los gestores de la carretera, y hacen que el público reclame la instalación de una barrera.

- Un esperado aumento de la frecuencia de los choques con la propia barrera, que puede devolver algún vehículo a la plataforma propia. Si hay una barrera de seguridad al borde del arcén interior, los vehículos se apartarán de ella, reduciendo las distancias transversales entre ellos.

(6) Alfredo García y Valerio Ortega (2000). Estudio de los factores relacionados con el vehículo que influyen en las visibilidades en redes viarias. Congreso de Ingeniería de los Transportes. Valencia.

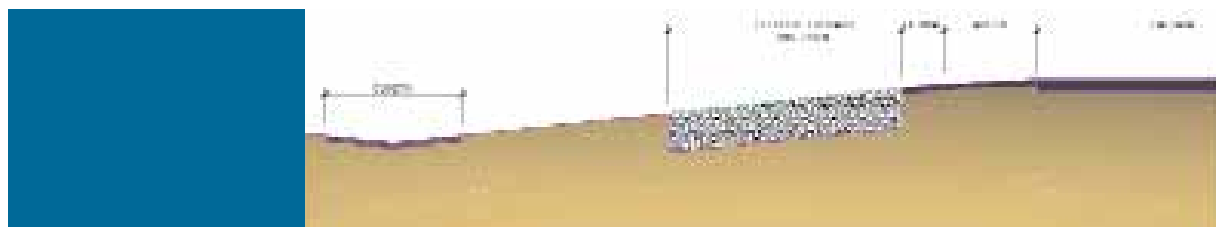
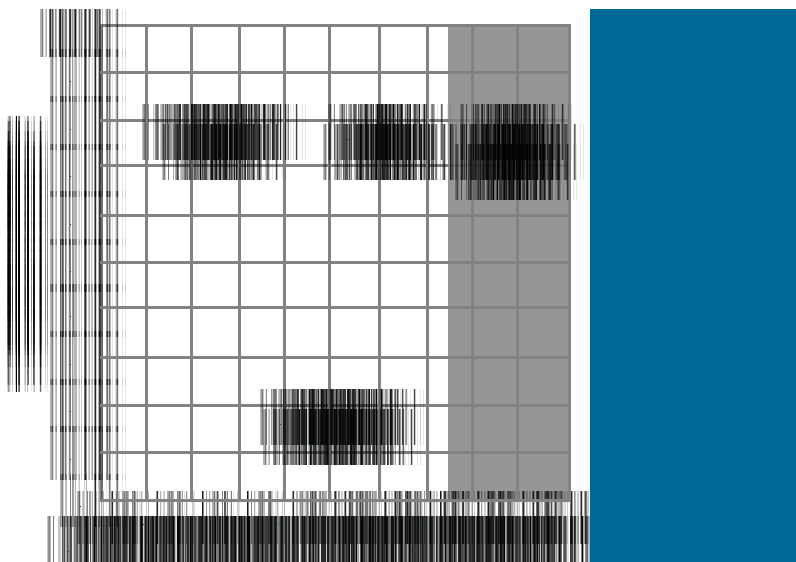
(7) AASHTO (2001). A Policy on Geometric Design of Highways and Streets.

(8) Por ejemplo, el incremento marginal del impacto ambiental derivado de que la anchura de la mediana aumente a unos metros.

(9) Medidos entre los bordes exteriores de los arcenes interiores (16 m entre los bordes de la calzada, con sendos arcenes interiores de 1 m).

También hay que considerar los costes de construir y mantener las barreras: el hecho de que reducen el deslumbramiento y, en general, son apreciadas por los conductores; y las necesidades de acceso de los equipos de conservación a las cunetas o taludes situados detrás de ellas.

Este equilibrio se puede ver perturbado por considerar que no todas las víctimas son de igual importancia. Así, puede resultar legítimo pensar que, en un choque por cruce de la mediana, alguna de las víctimas son totalmente inocentes; mientras que en un choque con la barrera el conductor puede no merecer tal consideración.



El resultado de este equilibrio es un criterio de instalación de barreras, como el representado en la *figura 2*. Resulta evidente que en ella se piensa que no hace falta barrera donde la mediana tenga una anchura mayor de 15 m; y que quizás no haga falta si la IMD es inferior a 20 000 veh. o la anchura de la mediana está comprendida entre 10 y 15 m.

El resultado neto de la colocación de una barrera en la mediana suele ser un aumento del número total de accidentes y del número de accidentes con víctimas; pero su influencia sobre el número total de víctimas mortales no parece clara. Tradicionalmente, los gestores de las carreteras se han fijado sobre todo en el número total de accidentes con víctimas; pero esta postura puede haber cambiado (por la presión de una publicidad adversa) hacia la consideración prioritaria del número de víctimas mortales¹⁰.

Desde el punto de vista de la seguridad vial, resulta más efectivo disponer una anchura mayor en la mediana que recurrir a paliar, mediante

una barrera de seguridad, el efecto de un aumento del riesgo de invasión de la calzada opuesta. Desde un punto de vista técnico se favorece el desarrollo de trazados independientes para cada calzada: un aspecto que incluso potencia la dificultad de franquear la mediana y redonda también en una mejora económica.

Otra posibilidad para evitar la invasión de la calzada contraria puede ser la instalación de un lecho de frenado¹¹ para reducir la velocidad de un vehículo que penetre en la mediana. Su eficacia ha quedado demostrada también en los circuitos de velocidad. Además, no presenta problemas desde el punto de vista de la visibilidad en las curvas a la izquierda; y resulta más económico que una barrera de seguridad (*figura 3*).

Desde un punto de vista económico, para comparar soluciones distintas habrá que cuantificar lo que suponen distintos niveles de seguridad vial. En el caso de que alcanzar un mayor nivel de seguridad supusiera un sobrecoste claro, hay que tener presente que actualmente nuestra So-

ciedad puede estar dispuesta a asumirlo. No es otro el sentido de las cifras económicas asociadas a la pérdida de vidas: no se trata del valor de una vida en sí, sino de la cantidad que la sociedad está dispuesta a gastar o a invertir para ahorrarse una víctima mortal.

3.3. El caso de las medianas estrictas

En el caso (por desgracia frecuente) de que la mediana sea estricta¹², de acuerdo con lo preconizado a lo largo de este artículo, se recomienda:

■ No es imprescindible que los bordes interiores de ambas calzadas¹³ estén a la misma cota, lo cual puede afectar en este caso a la visibili-

(10) Es ésta la postura adoptada en el Libro Blanco (2001) de la Comisión Europea.

(11) Análogo a los que preconiza la Orden circular 321/95TyP para los vehículos pesados en pendiente.

(12) Por ejemplo, una distancia de 4 m entre los bordes de las calzadas.

(13) O de sus arcenes interiores.

dad y al desagüe.

- Separar las calzadas con una única barrera de seguridad de hormigón, con dos caras, dispuesta excéntricamente en las curvas para lograr la máxima capacidad posible en la cuneta contigua a la calzada exterior, y mejorar la visibilidad.

- Prolongar la plataforma (con su inclinación transversal) de la calzada interior, disponiendo además una berma mínima de 0,50 m.

- Por el lado de la calzada exterior, disponer una berma-cuneta con una inclinación no superior a la máxima compatible con la seguridad de un vehículo (1V/5H), sin que sus dimensiones varíen con el peralte (figura 4).

- Por la dificultad de su mantenimiento, eliminar los colectores longitudinales, los caces con sumidero continuo, y las ranuras o pasos bajo la barrera de hormigón.

- Disponer unas arquetas en los puntos de máxima capacidad de la berma-cuneta, para desaguar a un colector transversal que salga al talud del relleno, o a una arqueta de la cuneta de desmonte protegida por una rejilla (figura 5).

- Donde sea preciso disponer un drenaje del firme para recoger infiltraciones, debe ir al borde del arcén, con arquetas pisables de 0,40 m x 0,40 m para limpieza cada 50

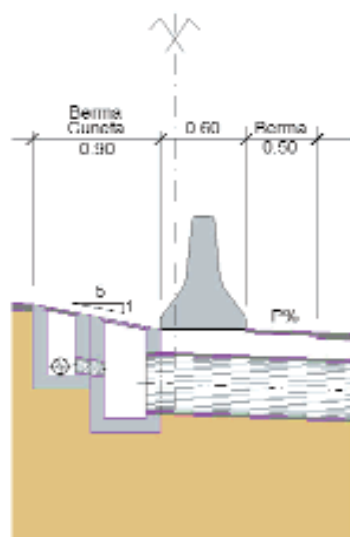


Figura 5. Desagüe transversal de la berma-cuneta en una mediana estricta.

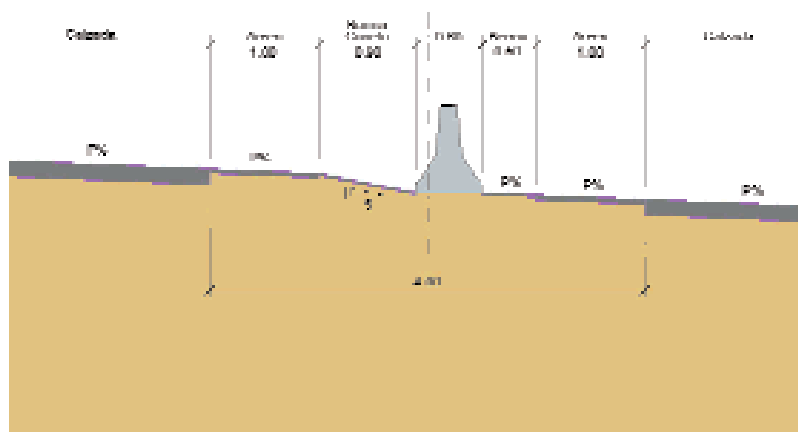


Figura 4. Berma-cuneta con barrera excéntrica de hormigón en una mediana estricta.

m. El dren desaguará transversalmente al mismo colector que la cuneta (figura 6).

4. El tratamiento de las márgenes de la carretera

4.1. La zona de seguridad

La somnolencia, las distracciones y el consumo de alcohol o de otras sustancias psicotrópicas por parte de sus conductores hacen que algunos vehículos se salgan de la plataforma de la carretera, que es la destinada a su circulación segura. Actualmente, se pretende reducir los daños que de ello se derivan instalando una barrera de seguridad, sin preocuparse mucho del diseño de las márgenes de la carretera.

Una alternativa a este planteamiento, poco desarrollada en nuestro país, sería la de lograr que el vehículo pu-

diera circular por una zona de seguridad¹⁴ cuyas características evitaran su vuelco o su choque con algún obstáculo peligroso, posibilitando además la recuperación de su control.

La zona de seguridad se mide a partir del borde de la calzada: por consiguiente, incluye el arcén. La anchura de la zona de seguridad se define¹⁵ en función de:

- La clase de carretera (calzada única o calzadas separadas).

- El trazado en planta.

- En las curvas, la situación de la margen respecto de la plataforma.

- La pendiente transversal de la margen.

- La gravedad del accidente que se pretende evitar.

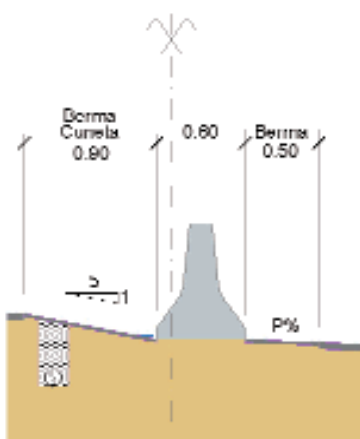


Figura 6. Drenaje del firme junto a una mediana estricta.

(14) Para tomar conciencia de la insuficiencia de las actuales zonas de seguridad, consideremos que una salida de la calzada con trayectoria recta en un ángulo de 50° respecto del borde de la calzada, circulando a 120 km/h durante una cabezada de 2 s, provoca un recorrido transversal del orden de 5,8 m. Si la salida es por la derecha, con un arcén de 2,5 m y una berma de 1 m, aún se invaden 1,3 m de la margen, es decir: se choca contra las barreras de seguridad y contra la señalización. Si en las mismas condiciones la salida es por la izquierda, con un arcén interior de 1 m, se necesita una mediana de anchura superior a 3,8 m para no invadir la calzada opuesta. Si el ángulo es de 3° y la velocidad de 140 km/h durante 4 s, el recorrido transversal es de 8,1 m, y la anchura necesaria de la mediana sería superior a 6,1 m.

(15) Tabla 2 de las Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos.

Sobre todo en las curvas, disponer una zona de seguridad permite alejar de la plataforma¹⁶ eventuales barreras, y así reducir la frecuencia de los choques con ellas. Para acotar en planta un límite de la zona de seguridad se puede establecer en cada punto de una curva un vector tangente a la trayectoria inicial, cuyo módulo esté representado por la distancia de detención a partir de la velocidad en dicho punto, movilizándolo un rozamiento con el terreno del orden de 0,5¹⁷.

Desde un punto de vista estrictamente ambiental, disponer una anchura apreciable de la mediana (y de las zonas laterales de seguridad) posibilita la implantación de vegetación de poco porte, reduciendo los impactos ambientales de la infraestructura.

4.2. Explicaciones

La capacidad de recuperación del control de un vehículo en el caso de su pérdida se ve muy afectada por las inclinaciones de las márgenes de la plataforma y por la presencia de discontinuidades en su diseño, ya sean geométricas o de capacidad de soporte.

Según la Orden circular 321/95TyP, para no tener que colocar una barrera de seguridad, las pendientes transversales de las márgenes de la plataforma deben estar limitadas a valores no superiores a 1V/5H hasta una cierta distancia del borde de la calzada, que representa el límite de la zona de seguridad (figura 7).

En las **medianas** y elementos afines, esto suele ser bastante fácil y muy deseable.

En los **desmontes** resulta difícil disponer de esa distancia, porque aumentan el volumen de las excavaciones y la anchura de la zona ocupada. Puede haber circunstancias que justifiquen esos aumentos, como:

- La creación de despejes para aumentar la visibilidad disponible.

- La creación de una zona para almacenar y recoger desprendimientos localizados del talud del desmonte. Esa zona suele consistir en un cunetón; pero, si el tamaño de los desprendimientos es reducido, también se puede disponer más peque-

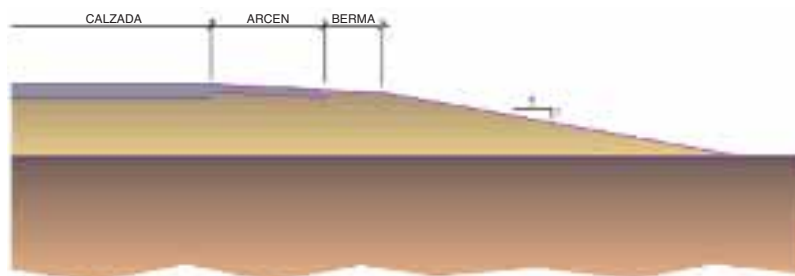


Figura 7. Zona de seguridad en una margen.

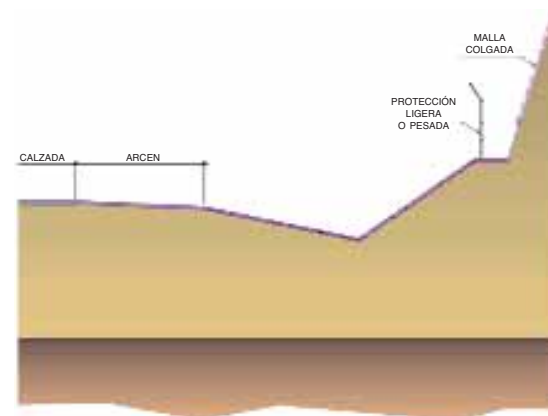


Figura 8. Zona de almacenamiento de desprendimientos, junto al pie del talud.

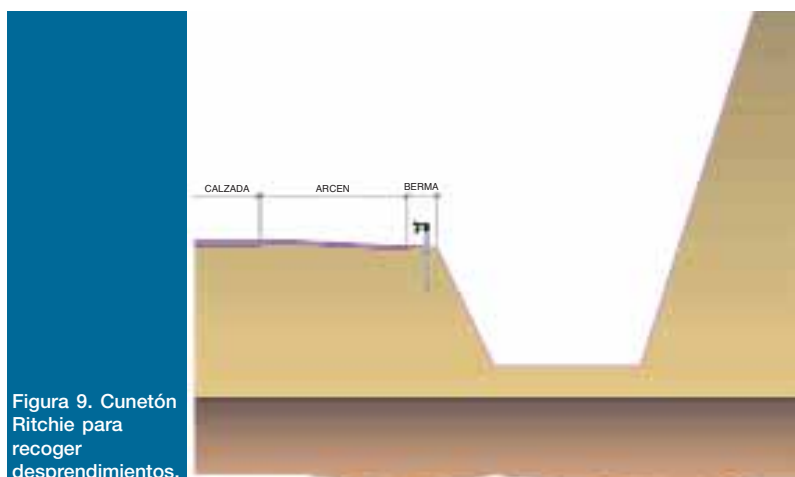


Figura 9. Cunetón Ritchie para recoger desprendimientos.

ña y arrimada al pie del talud (figura 8).

- La utilización del material adicional excavado como préstamos.

La berma se puede integrar en el talud de la cuneta.

Donde hay riesgo de caída de bloques procedentes del desmonte, es muy frecuente disponer unos cunetones (del tipo *Ritchie*¹⁸) de gran anchura y profundidad, para recogerlos antes de que lleguen a la plataforma. Como su profundidad representa un peligro grave para los ocupantes de un vehículo que caiga a ellos, entre

ellos y la berma hay que interponer una barrera de seguridad (figura 9).

Una buena práctica compatible con la solución de la figura 5 (y aun

(16) Siempre que el ángulo de choque con la barrera no resulte excesivo.

(17) Correspondiente al caso de ruedas bloqueadas. Es del mismo orden de magnitud que el empleado en los lechos de frenado.

(18) Así los denominamos en memoria de Arthur M. Ritchie, geólogo del Departamento de Carreteras del Estado de Washington (EE.UU) quien en 1963 publicó uno de los primeros estudios sobre la caída de rocas.

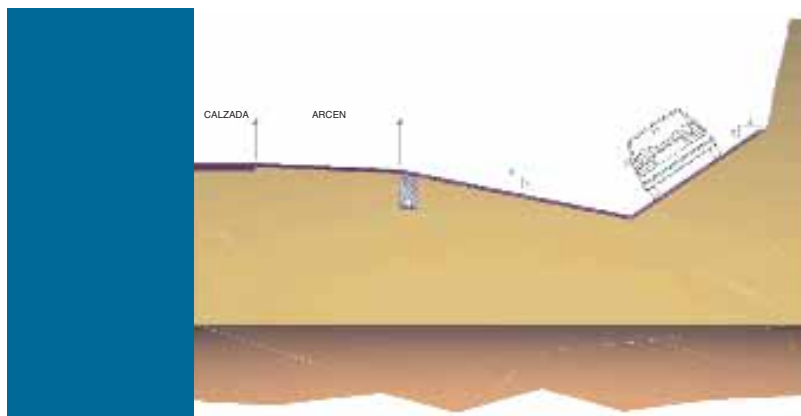
con la de la *figura 6*) es el empleo de unas pantallas dispuestas al pie del talud, cuyas características (especialmente las resistentes) se deben adecuar a la naturaleza de los desprendimientos.

En los **rellenos** suele resultar más fácil adosarles unos espaldones para alojar los materiales sobrantes, evitando la creación de vertederos alejados de la traza. Especialmente en las carreteras existentes, se puede aprovechar para ello una parte de la zona de dominio público (*figura 10*).

4.3. Desagüe y drenaje

La configuración que imprimen los dispositivos de desagüe longitudinal a la margen de una carretera en desmonte tiene repercusiones en la siniestralidad de los vehículos que abandonen la plataforma. Es preciso investigar cuáles son las configuraciones óptimas.

A pesar de la expresa prohibición que figura en la Instrucción 5.2-IC "Drenaje superficial", es muy fre-



cuenta diseñar unas cunetas tan profundas y de cajeros tan inclinados, que necesitan dotarlas de barrera de seguridad. Para evitarlo, según la Orden Circular 321/95TyP hay que limitar la inclinación de los cajeros a 1V/5H, y en la propia Instrucción se preconiza el empleo de cunetas de seguridad de forma parabólica.

La recuperación del control de un vehículo que franqueara la cuneta se facilitaría aún más si, por el lado del talud del desmonte, se dispusiera una zona revestida¹⁹ de inclinación no su-

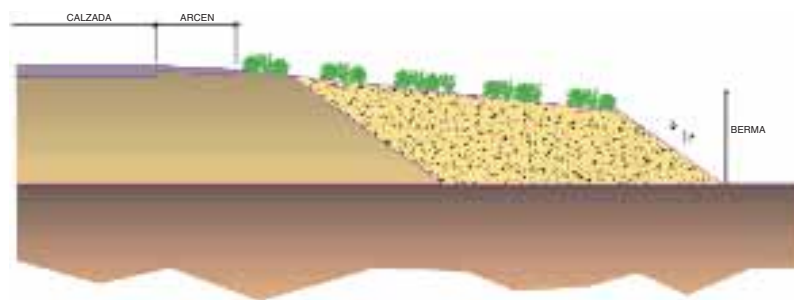


Figura 10. Espaldón como zona de seguridad.

perior a 2V/3H y de anchura no inferior a la de un coche (2 m) (*figura 11*).

La capacidad de unas cunetas bien conservadas suele ser suficiente para evacuar el agua que recogen sin rebasar los niveles admitidos por la citada Instrucción. El recurso a un colector al cual desagüe la cuneta debería ser excepcional. No sólo resulta caro de construir y aún más de conservar; y sus pozos, arquetas, rejillas, etc. representan un riesgo para los vehículos que se salgan de la plataforma.

Donde se dispone un drenaje del

5. Elementos longitudinales continuos en la mediana o en las márgenes

Tanto las barreras situadas en la mediana como las plantaciones que se disponen como adorno o para paliar el deslumbramiento se deben diseñar (tipo y posición) y mantener de manera que se eviten reducciones de la visibilidad que incidan en la seguridad. Así, en una curva conviene disponerlas por el lado interior de la mediana.

A partir de una determinada anchura, se puede prescindir de los dispositivos para paliar el deslumbramiento. Lo mismo ocurre si la intensidad de la circulación nocturna es tan elevada que no hay ocasión de circular con el alumbrado de carretera: es el caso típico de los accesos urbanos.

En el proyecto, se deben tener en cuenta explícitamente los desniveles que se puedan producir en el caso de una ampliación del número de carriles, de manera que se evite la necesidad de disponer muros.

Los muros paralelos a la carretera y situados en sus márgenes o en la mediana deben estar retranqueados, de manera que se eviten reducciones de la visibilidad que incidan en la seguridad. Asimismo, si pudieran ser alcanzados por un vehículo fuera de control, su parte inferior debe estar protegida por una

(19) De paso, este revestimiento del talud estabiliza el pie del desmonte, que es la zona más solicitada.

(20) Estas arquetas, por su pequeño tamaño, se integran en la berma sin resaltes.

barrera de seguridad o por un lecho de frenado, o mejor tener la forma de una barrera de seguridad rígida.

6. Obstáculos aislados en la mediana o en las márgenes

6.1. Generalidades

Los obstáculos aislados tienen una elevada rigidez y poca capacidad de absorción de energía frente a un choque con un vehículo. Un dispositivo para la contención de vehículos (barrera de seguridad, amortiguador de impacto, lecho de frenado) intercala un elemento de menor rigidez y con capacidad para absorber una parte de la energía del choque. Pero estos dispositivos pueden contribuir a reducir la visibilidad y a aumentar la anchura del obstáculo (y por tanto la exposición al riesgo); y siguen representando un peligro en caso de accidente.

Se pueden diseñar directamente estos elementos aislados de manera que, sin merma de sus funciones, por sus características o por su posición no constituyan un peligro o, en todo caso, éste sea menor.

6.2. Apoyos de obras de paso sobre la carretera

Es habitual situar estos apoyos lo más cerca posible de la plataforma, para disminuir la luz del tablero, y proteger a los usuarios mediante barreras de seguridad (preferentemente de hormigón) (figura 12).

Si se desea mantener la zona de seguridad en las inmediaciones de los apoyos de una obra de paso, aumentar la luz del tablero²¹ y evitar la presencia de pilas en la mediana (o de estribos junto a la plataforma) no representa más que un problema económico, en el que se deben valorar explícitamente los costes debidos a la siniestralidad.

Las barreras de seguridad de hormigón que protegen a los usuarios del choque con una pila se pueden acercar más a ésta y disponer paralelas al eje de la carretera, cobi-

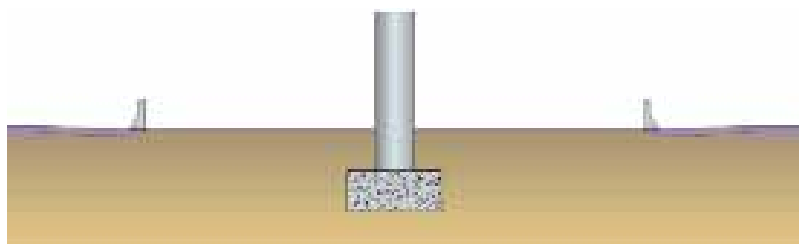


Figura 12. Protección convencional de una pila.

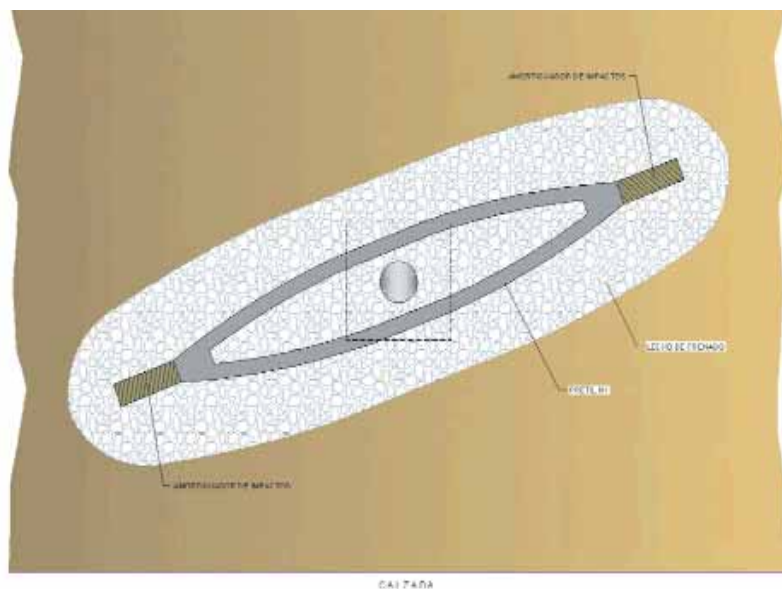


Figura 13a. Protección alternativa de una pila. Planta.

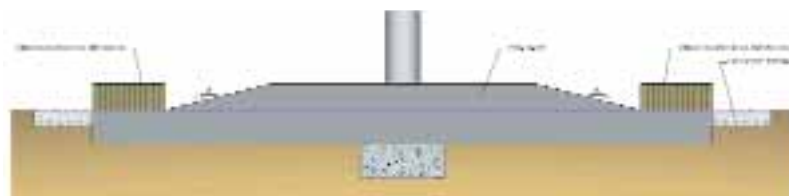


Figura 13b. Protección alternativa de una pila. Alzado.

jando sus extremos con unos amortiguadores de impacto y añadiendo unos lechos de frenado perimetrales²²; todo ello para complementar el sistema de contención de vehículos.

En una mediana muy amplia, una pila puede ser considerada como un obstáculo menor que en el caso de una mediana estricta.

En una curva, una pila en el centro de la mediana puede perjudicar la visibilidad de los conductores que circulen por la calzada exterior, por lo que una alternativa sería descentrarla hacia la parte interior de la mediana (figuras 13a, 13b y 13c).

Los estribos contiguos a la plataforma²³ no sólo perjudican la visibilidad disponible en una curva a la derecha, sino que también reducen (y aun anulan) la zona de seguridad. Los muros de acompañamiento representan un peligro especial, pues

(21) Disponer de una zona de seguridad de unos 5-6 m debería de bastar para justificar unos sistemas de contención más puntuales que continuos.

(22) En este caso, el tacón de la barrera de hormigón debe estar algo más bajo, pues los vehículos se hunden algo en el lecho de frenado.

(23) Sobre todo si revisten la forma de un muro vertical paralelo a la carretera.

un vehículo que abandone la plataforma chocará frontalmente con ellos. Resultan mejores los estribos abiertos²⁴: la visibilidad es mayor, y el talud puede no representar un obstáculo peligroso si no es muy inclinado.

Es habitual proteger a los usuarios del choque con un estribo mediante una barrera de seguridad. Igual que en las pilas, se pueden complementar con unos lechos de frenado cuya anchura se puede reducir hasta 1,50 m (figura 14).

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

6.3. Soportes de la señalización vertical

Los elementos que sustentan la señalización deberían estar suficientemente alejados de la plataforma, de manera que se mantuviera la zona de seguridad. Sin embargo, las señales y los carteles sustentados no pueden estar muy alejados transversalmente sin comprometer su visibilidad ni su legibilidad.

Los perfiles de los soportes de las señales y de los carteles laterales situados dentro de la zona de seguridad pueden reducir su masa a costa de aumentar su número. Además, deberían disponer de fusibles estructurales que se rompieran en el caso de un choque (figuras 15 y 16).

6.4. Báculos y postes SOS

Los báculos de iluminación se suelen diseñar contiguos a la berma para mejorar el alcance de la luminaria. Esto obliga a disponer una barrera de seguridad delante de ellos.

Alejarlos de la plataforma aumenta la seguridad vial; pero supone colocar una luminaria de mayor alcance, o diseñarlos con un vuelo mayor, lo que es más costoso. Eliminar la barrera, en cambio, reduce el coste (figura 17).

Los postes SOS también se disponen contiguos al arcén, lo cual repre-

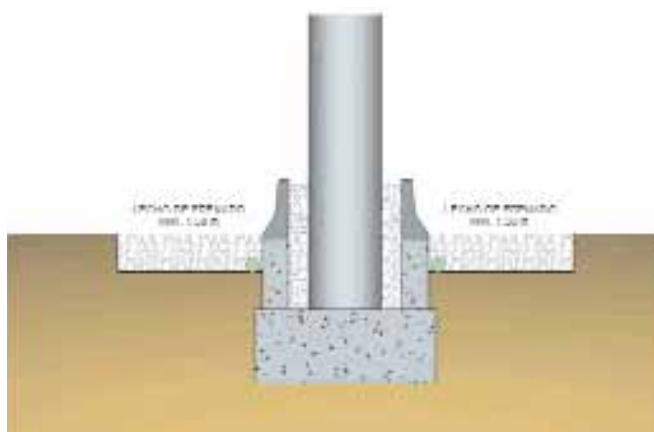


Figura 13c. Protección alternativa de una pila. Sección.

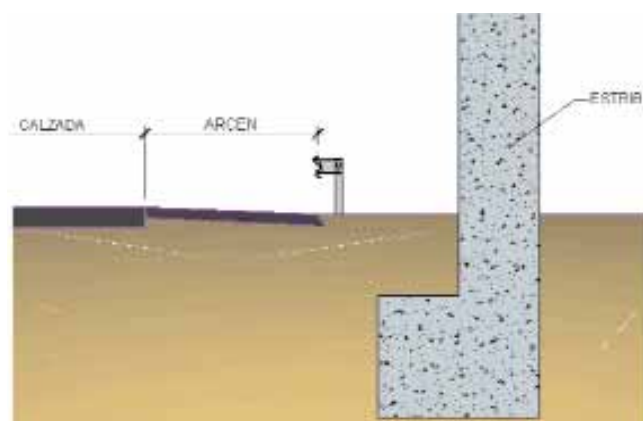


Figura 14. Protección convencional y alternativa de un estribo. Sección.



senta un peligro tanto para quienes los utilizan como para los vehículos que puedan chocar con éstos. Su utilización no se ve perjudicada si se disponen alejados del arcén (figura 18, véase página 31).

6.5. Lucernarios

No hay actualmente estudios que indiquen a partir de qué longitudes y anchuras se puede evitar la presencia de lucernarios en la mediana, en

correspondencia con obras de paso o de desagüe.

El problema de seguridad está relacionado con que un vehículo fuera de control llegue a caer al lucernario o choque con el muro que lo limita, incluso esquivando una barrera de seguridad. Una configuración inadecuada de esta última²⁵

(24) Los que tienen un talud entre la plataforma y el apoyo del tablero.

puede representar un peligro adicional, sobre todo en el caso de un choque frontal con ella. Sería más apropiado disponer una barrera longitudinal, y además unos lechos de frenado justamente delante de los huecos.

Se puede restituir la continuidad de la mediana a través del lucernario, disponiendo unas rejillas enrasadas que deben estar diseñadas²⁶ para soportar el peso de los vehículos pesados: esto reduce esta solución a los casos en los que las dimensiones del lucernario son pequeñas.

6.6. Narices en divergencias

Una clase especial de margen la constituyen las *narices* en una divergencia o salida: precisamente un sitio donde se suelen producir maniobras de última hora.

En ellas la inclinación transversal debe ser la menor posible, pues constituyen una parte importante de la zona de seguridad. También conviene:

- Que la superficie pavimentada de la *nariz* sea la mayor posible.

- Crear una amplia zona de seguridad tras la *nariz*, explanando el terreno.

- Disponer un lecho de frenado.

En una *nariz* se debe evitar la presencia de:

- Cunetas y otros elementos del desagüe superficial que no sean franqueables por un vehículo; especialmente los que sobresalgan del terreno (como las impostas), y los que representen una discontinuidad en su superficie (como las arquetas y pozos no cubiertos).

- Cualquier tipo de obstáculo aislado (pila, báculo, cartel lateral²⁷, árbol, etc.).

- El comienzo de las barreras de seguridad situadas junto a los arceles: la del tronco (que se prolonga en la defensa del apoyo de un paso superior, o en el pretil de un paso inferior), y la del ramal (que se prolonga en la defensa del desnivel entre ambas vías). La *nariz* se debería situar suficientemente alejada tanto de

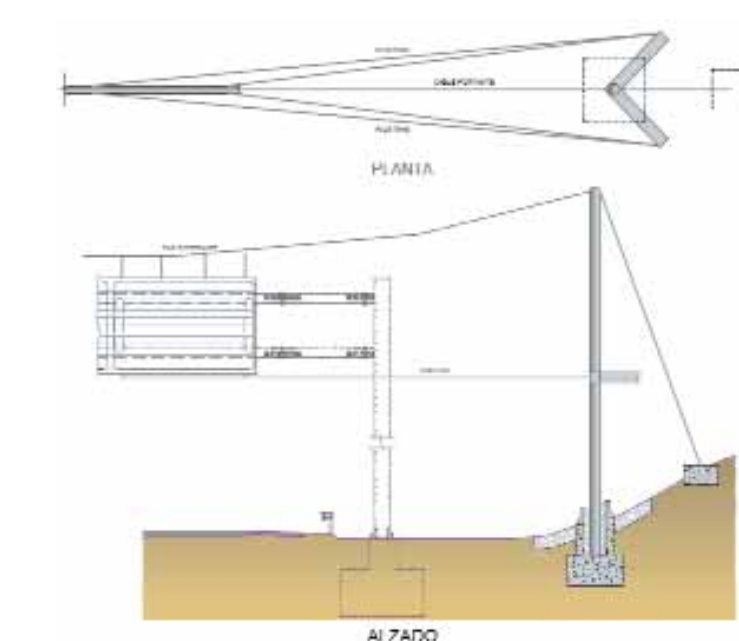


Figura 16. Carteles colgados de cables entre postes apartados.

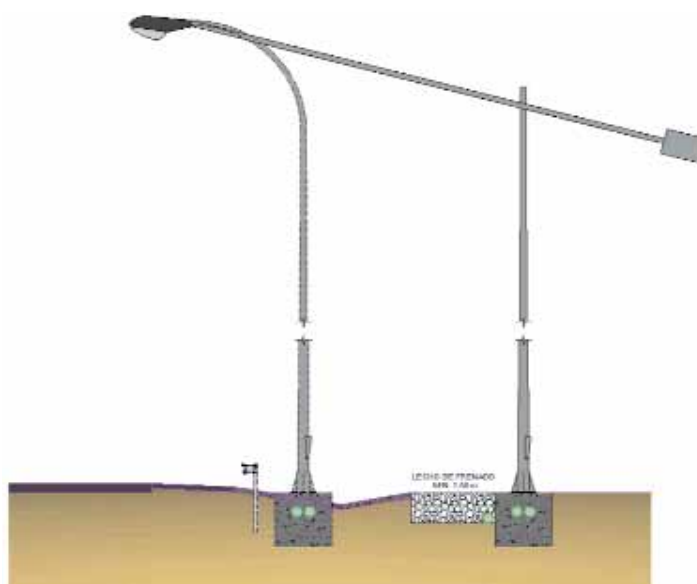


Figura 17. Soluciones para báculos de alumbrado.

la obra de paso como del desnivel que necesita la implantación de las barreras.

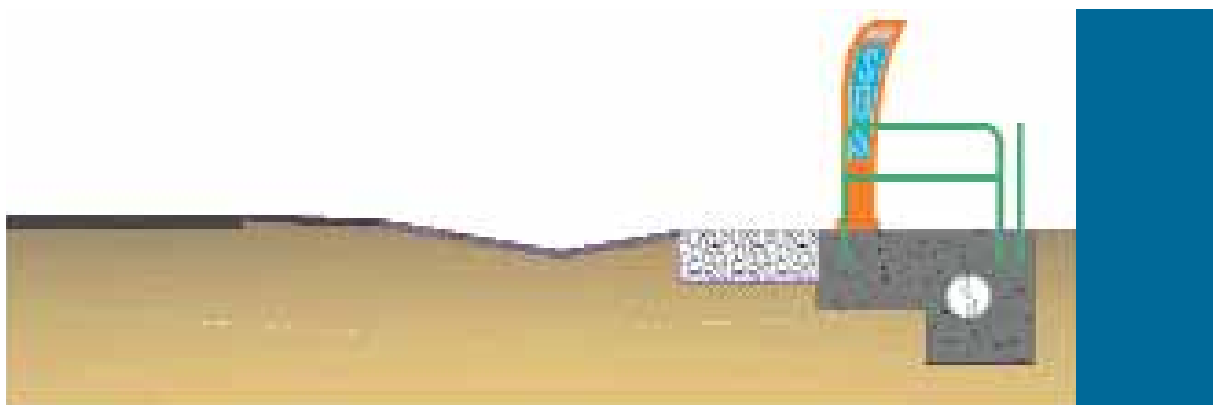
Donde resulte inevitable la presencia de alguno de estos elementos de riesgo, los usuarios deben estar protegidos por un amortiguador de impactos²⁸; pero no se debe olvidar que un choque con él representa también un accidente, si bien sustitutorio.

(25) Por ejemplo, si su arranque se cierra hacia el centro de la mediana.

(26) Hay normativa al respecto: UNE 41-300.

(27) Se pueden exceptuar los que indican el número de la salida, y los carteles flecha situados en isletas encauzadoras; todos ellos son de poca entidad.

(28) No por una barrera de seguridad, pues el impacto contra su extremo sería frontal.



6.7. Pasos a través de la cuneta

Los taludes de los pasos a través de la cuneta están situados transversalmente a la dirección de la circulación, y resultan peligrosos para los vehículos fuera de control, pues el choque con ellos es frontal.

Sería deseable que esos taludes tuvieran una inclinación máxima de 1V/10H²⁹; pero las limitaciones del espacio y los problemas del drenaje superficial³⁰ a menudo hacen que ese límite aumente a 1V/6H.

Las boquillas de la obra de desagüe deben ir provistas de una rejilla transitable, abatible para facilitar su limpieza (figura 19).

6.8. Pasos a través de la mediana

Los pasos a través de la mediana no deben representar una discontinuidad en las barreras de seguridad que se hayan dispuesto antes y después del paso para evitar el cruce de la mediana. Además, el inicio de una barrera de seguridad tras una discontinuidad exige la protección de los usuarios frente a los impactos frontales contra su extremo.

En correspondencia con el paso, las barreras de seguridad suelen ser desmontables, para facilitar la puesta en servicio de aquél. A menudo se acercan al eje de la mediana, de manera que haya sitio fuera de la plataforma para los equipos que las montan y desmontan. La variación de su alineación en planta se debe

hacer con suavidad, de manera que no se exceda el retranqueo máximo de 1 m por cada 20 m de recorrido que exige la Orden Circular 321/95 TyP.

En los extremos de un paso a través de la mediana, la restitución de la continuidad longitudinal de la cuneta no debe dar lugar a la presencia de elementos que puedan constituir un peligro en el caso de un choque frontal con ellos. Se pueden aplicar soluciones análogas a las de los pasos a través de la cuneta.

6.9. Maceteros

Los maceteros situados a lo largo de la mediana o de las márgenes, además de dejar una zona de seguridad de suficiente anchura, deben disponer de un muro frontal corrido, sin salientes ni aristas.

6.10. Isletas en enlaces

Las isletas de gran tamaño que quedan en el interior de los ramales del tipo *lazo*, entre ramales situados en el mismo cuadrante, o entre éstos y el tronco, suelen estar a un nivel distinto de la rasante de esas vías, requiriendo la implantación de barreras de seguridad³¹ (si están más bajas), o reduciendo la visibilidad (si están más altas).

Además de mejorar el aspecto del enlace, su seguridad vial aumenta si se explanan estas isletas, conformando unas superficies regladas cuyas generatrices se apoyen en las vías perimetrales de la isleta. Desaparece la necesidad de disponer ba-

rreras de seguridad, y aumenta la visibilidad.

7. Conclusiones

De manera análoga a cómo ha asumido los sobrecostos debidos al respeto al medio ambiente, la sociedad puede y debe asumir el aumento de costes que se produzcan como consecuencia de mejorar la seguridad viaria.

Si la sociedad quiere reducir las víctimas de los accidentes de circulación, es necesario desarrollar una nueva mentalidad para el diseño de nuestras carreteras (sobre todo las de altas prestaciones), y desarrollar y aplicar unos criterios y unas herramientas que faciliten esta tarea.

En el proceso de diseño de una carretera se adoptan unas decisiones que deben tener presente de una forma explícita el objetivo de mejorar el nivel de seguridad.

A menudo se argumenta que basta cumplir la normativa para que la vía incorpore de forma implícita una seguridad suficiente. Esto dista mucho de ser cierto, tanto para cada elemento aislado como para su combinación; y, aunque lo fuera, no exi-

(29) Sobre todo donde la velocidad sea elevada.

(30) Con frecuencia hay una obra de desagüe paralela a la dirección del tráfico, con cuyas boquillas pueden chocar frontalmente los vehículos.

(31) Debido a la fuerte curvatura de los ramales, el ángulo de choque con la barrera suele ser superior al admisible.



Figura 19. Ejemplos de pasos de seguridad a través de la cuneta. FUENTE: Ministerio de Fomento. Dirección General de Carreteras. Unidad de Conservación y Explotación de Teruel.

miría de realizar una evaluación explícita y coordinada de los elementos del diseño.

■ La anchura de la mediana es un elemento muy importante para la seguridad viaria, y su elección no se puede basar sólo en criterios exclusivamente ambientales, como a veces ha ocurrido.

■ Lograr que las zonas adyacentes a la plataforma por la que se circula sean lo más seguras posible parece un camino adecuado para reducir el número de accidentes y de víctimas.

A falta de que se implanten definitivamente en los estudios y en las obras de carretera unas auditorías de seguridad viaria³², se ha abogado por incluir en los proyectos de carretera un Anejo de seguridad vial.

Parte del problema con el que tropieza la implantación de estos métodos se encuentra relacionada con la falta de un contenido definido. No obstante, muchos profesionales coinciden en la necesidad de realizar una evaluación integral de la seguridad que proporcionan los elementos de la carretera, explicitando los criterios de su diseño, comparando distintas soluciones específicas, y eligiendo las que definan un mejor perfil de seguridad para la vía. El Anejo de seguridad vial puede constituir el soporte

material de unos criterios específicos de diseño relacionados con la seguridad de los elementos proyectados, que permita al menos contrastarlos de forma explícita con otros criterios, como los ambientales.

A semejanza de la evaluación del impacto ambiental en las etapas previas de planificación y planeamiento, se va a establecer en la Unión Europea la obligación de llevar a cabo una evaluación del impacto en la seguridad viaria. El ámbito del análisis es de orden territorial, y tiene en cuenta todas las vías del territorio estudiado, sin consideraciones de titularidad ni de orden competencial, buscando la optimización de la seguridad en el conjunto de la red. Así se puede llegar a determinar unas medidas complementarias al proyecto, que minimicen los efectos negativos sobre los tramos existentes y que no sean objeto de actuación.

De esta forma, a la hora de analizar y decidir las soluciones más adecuadas, el objetivo de la seguridad viaria estará en igualdad de condiciones con el de la integración ambiental.

8. Actuaciones futuras

Las propuestas contenidas en es-

te artículo abren la puerta a estudios de investigación que ayudarían al objetivo final de mejorar la seguridad viaria.

El diseño propuesto para las márgenes de la carretera se ha inspirado en normas o prácticas vigentes; pero un estudio más completo del comportamiento de un vehículo fuera de control al interaccionar con ellas mejoraría la propuesta. Por ejemplo:

■ Las normas de desagüe y drenaje debieran potenciar el uso de elementos que tuvieran en cuenta la seguridad viaria.

■ El desarrollo de señales verticales de orientación colgadas de cables abriría la puerta para alejar del borde de la plataforma unos soportes muy rígidos.

■ El estudio de los lechos de frenado (forma, dimensiones y materiales: áridos, goma o polímeros) optimizaría su uso.

■ El estudio de criterios de seguridad viaria para las plantaciones y ornamentaciones de las carreteras. ■

(32) El 5 de octubre de 2006 se ha publicado una propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la gestión de la seguridad en las infraestructuras viarias, que hará obligatorias las auditorías al menos en las carreteras de la Red transeuropea.