

### **CAPÍTULO 3. DRENAJE DE LA PLATAFORMA Y MÁRGENES**

#### **3.1 Introducción**

El drenaje de la plataforma y márgenes de la carretera comprende la recogida, conducción y desagüe de los caudales de escorrentía procedentes de las cuencas secundarias definidas en el apartado 1.4, con el período de retorno indicado en el epígrafe 1.3.2, así como de los caudales captados por el drenaje subterráneo.

El drenaje de la plataforma y márgenes de la carretera se estructura constituyendo redes de drenaje, cada una de las cuales consiste en una sucesión de elementos y sistemas, convenientemente conectados entre sí, que termina en un punto de vertido.

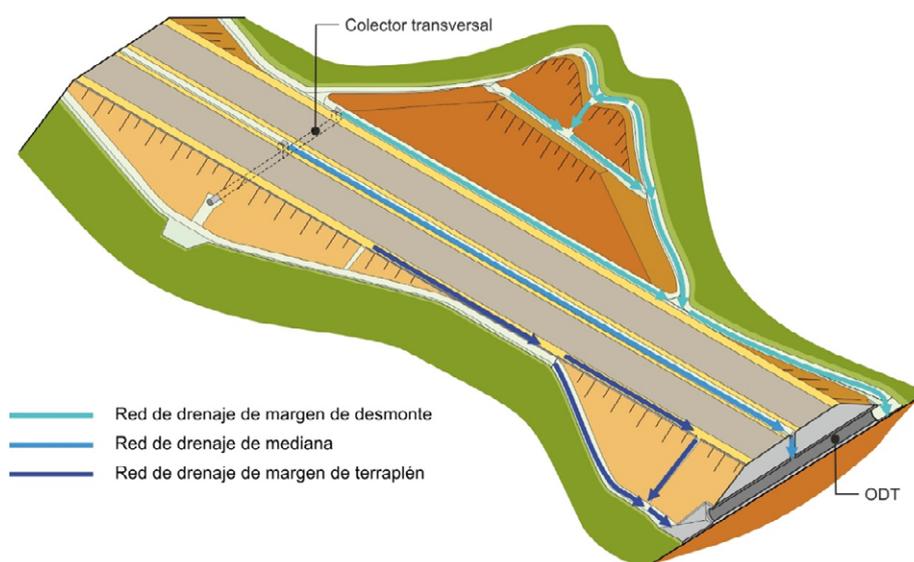


FIGURA 3.1.- EJEMPLO DE REDES DE DRENAJE DE PLATAFORMA Y MÁRGENES

#### **3.2 Criterios básicos de proyecto**

##### **3.2.1 CONSIDERACIONES GENERALES**

El proyecto de las redes de drenaje de plataforma y márgenes se debe abordar conforme a la sistemática que a continuación se refiere, que comprende el estudio

secuencial de las fases de recogida o captación, conducción y desagüe de caudales:

- Definición de las cuencas secundarias y las redes de drenaje, especificando sus nudos y tramos lineales.
- Cálculo de caudales y asignación a las redes de drenaje:
  - o Cálculo de caudales en las cuencas secundarias (capítulo 2).
  - o Adición de caudales procedentes de estructuras, túneles y otros (epígrafe 3.3.5).
  - o Adición de caudales provenientes del drenaje subterráneo.
  - o Asignación de caudales a la redes de drenaje: en cada nudo será la suma de los caudales entrantes y en cada tramo lineal la suma del caudal del nudo de cabeza más el incorporado en su longitud.
- Elección de tipologías y dimensionamiento hidráulico de elementos, manteniendo el resguardo de la calzada (epígrafe 3.2.2).
- Ubicación del punto de vertido y evaluación de la factibilidad de desagüe (epígrafe 3.2.4).
- Definición completa de los elementos de drenaje con especificación de detalles constructivos y comprobación de su compatibilidad con la normativa sobre trazado y seguridad vial.

### 3.2.2 RESGUARDO DE LA CALZADA

El resguardo de la calzada  $r_c$  en una determinada sección transversal se define como la diferencia de cotas entre el punto más bajo de la calzada y la lámina de agua para el caudal de proyecto.

El drenaje de plataforma y márgenes debe permitir la recogida, conducción y evacuación de las aguas, cumpliendo en cualquier perfil transversal (véase figura 3.2):

- Un resguardo de la calzada mayor o igual que cinco centímetros, si bien en el proyecto se puede justificar la adopción de un valor inferior

$$r_c \geq 5 \text{ cm}$$

- Que la lámina de agua no alcance el arcén

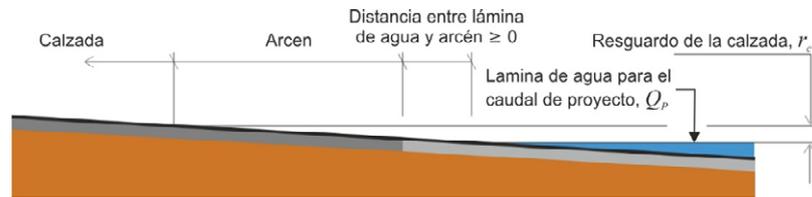


FIGURA 3.2.- RESGUARDO DE LA CALZADA

Los proyectos de rehabilitación de firmes deben mantener este valor mínimo del resguardo, o justificar uno inferior (véase apartado 5.3).

### 3.2.3 FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO

#### 3.2.3.1 Independencia de las redes de drenaje de plataforma y márgenes

Las redes de drenaje de plataforma y márgenes deben dar servicio únicamente a la carretera, sin mezclar caudales con los provenientes de otras obras o terrenos. Únicamente en circunstancias excepcionales, convenientemente justificadas en el proyecto, se pueden compartir elementos o insertar en la sección transversal de la carretera determinadas conducciones hidráulicas de otras infraestructuras o instalaciones.

En ningún caso se podrán utilizar elementos de drenaje de plataforma y márgenes de la carretera:

- Como conducciones hidráulicas ajenas a ella: abastecimiento de poblaciones, regadíos, o aguas residuales de cualquier procedencia.
- Para conducir caudales provenientes del drenaje transversal, excepto en lo relativo a planas de inundación (apartado 4.6).

#### 3.2.3.2 Continuidad

Debe existir continuidad geométrica e hidráulica entre los elementos que constituyen la red de drenaje, de forma que todo el caudal recogido sea conducido y evacuado en el punto de desagüe, sin que se produzcan pérdidas de caudal entre el punto o zona de captación o recogida y el lugar de desagüe.

### 3.2.3.3 Capacidad hidráulica

Las redes de drenaje deben presentar capacidad hidráulica suficiente para su caudal de proyecto con las condiciones y limitaciones de resguardos y previsiones de obstrucción que se establezcan.

Para evitar la conducción de grandes caudales, se debe proceder al desagüe de las redes de drenaje de plataforma y márgenes, tan frecuentemente como sea posible y resulte razonable.

### 3.2.4 PUNTO DE VERTIDO

#### 3.2.4.1 Ubicación

El punto de vertido o desagüe de una red de drenaje de plataforma y márgenes puede estar situado en:

- Cauces o cuencas naturales.
- Obras de drenaje transversal (ODT): En el proyecto se puede disponer que, se efectúe el vertido a la entrada, a la salida (véase figura 3.3), o directamente al interior de una ODT. Se debe proyectar la conexión entre la red de drenaje de plataforma y márgenes y la ODT de forma que no se produzcan erosiones ni infiltraciones.
- Sistemas de alcantarillado: En entornos urbanos, donde no pueda recurrirse a ninguna de las soluciones anteriores, el criterio general debe ser el de recurrir a sumideros y colectores que desagüen a un sistema de alcantarillado de nueva construcción, o preexistente, tras la obtención de las autorizaciones oportunas, que deben incluirse como documentos del proyecto.

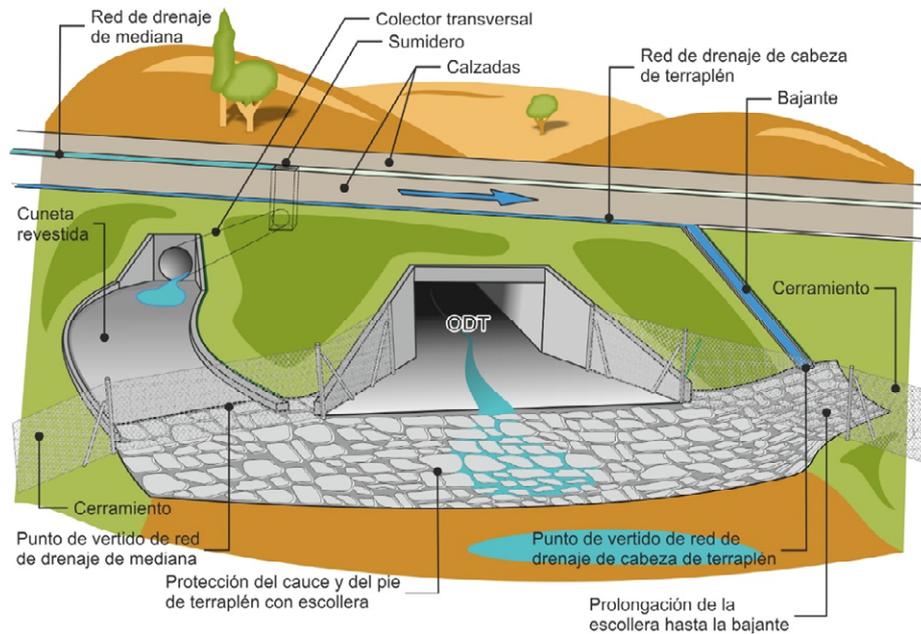


FIGURA 3.3.- EJEMPLO DE DESAGÜE A LA SALIDA DE UNA OBRA DE DRENAGE TRANSVERSAL

### 3.2.4.2 Criterios de proyecto

En el proyecto se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Hidráulicos: Se debe comprobar que la capacidad hidráulica del cauce o la obra a la que se realiza el vertido es suficiente para recibirlo. En caso contrario se puede considerar:
  - o El acondicionamiento de la zona aguas abajo del punto de desagüe.
  - o La disminución del caudal a desaguar mediante derivaciones a otros puntos.
  - o La disposición de elementos de laminación (epígrafe 3.4.10)
- Medioambientales: En aquellas zonas que no admitan el vertido directo por cuestiones medioambientales se debe estudiar la conducción de los caudales a zonas menos sensibles, o la implantación de dispositivos especiales de tratamiento que permitan la retención de las aguas de escorrentía o de vertidos accidentales y el tratamiento previo al vertido (véase epígrafes 3.4.9 y 3.4.11).

En algunos casos, convenientemente justificados en el proyecto, puede que sea preciso desaguar por infiltración a un terreno suficientemente permeable. En tales circunstancias se debe distribuir el caudal de forma relativamente uniforme sobre los mencionados terrenos, procurando que la velocidad del agua sea reducida para facilitar la infiltración y estudiar la conveniencia de disponer sistemas específicos (epígrafe 3.4.11).

### 3.3 Criterios particulares de proyecto

#### 3.3.1 PLATAFORMA

##### 3.3.1.1 Flujo por la plataforma

Las superficies pavimentadas de la plataforma no deben recibir otras aguas que las de la precipitación que incida directamente sobre ellas, transformándose en escorrentía superficial.

En tales circunstancias, el agua que cae sobre la plataforma escurre hacia los puntos bajos de la superficie del pavimento y sigue un recorrido según la línea de máxima pendiente en cada punto (véase figura 3.4) hasta salir de la plataforma a las márgenes o a un elemento de drenaje.

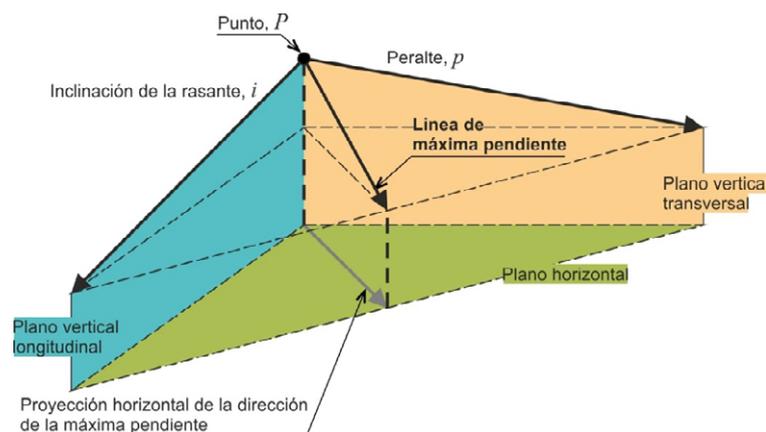


FIGURA 3.4.- MÁXIMA PENDIENTE DE LA PLATAFORMA

Cuando la inclinación de la rasante y el peralte son constantes, el recorrido de la escorrentía sigue líneas rectas en la dirección de la máxima pendiente. Cuando la inclinación de la rasante y el peralte varían, el recorrido de la escorrentía sigue líneas curvas (tangentes en cada punto a la línea de máxima pendiente en él) que

se pueden representar trazándolas ortogonales a las curvas de nivel de la plataforma.

Se deben estudiar estos flujos para comprobar que se cumplen los criterios de proyecto indicados en el apartado 3.2, evitando que se formen láminas de agua que alcancen la calzada y tratando de limitar los tiempos de recorrido. Para disminuir los tiempos de recorrido por la plataforma se pueden aumentar las pendientes (tanto transversal como longitudinalmente, siempre que el trazado lo permita) o disponer en su caso hendiduras transversales o esviadas en la superficie del pavimento.

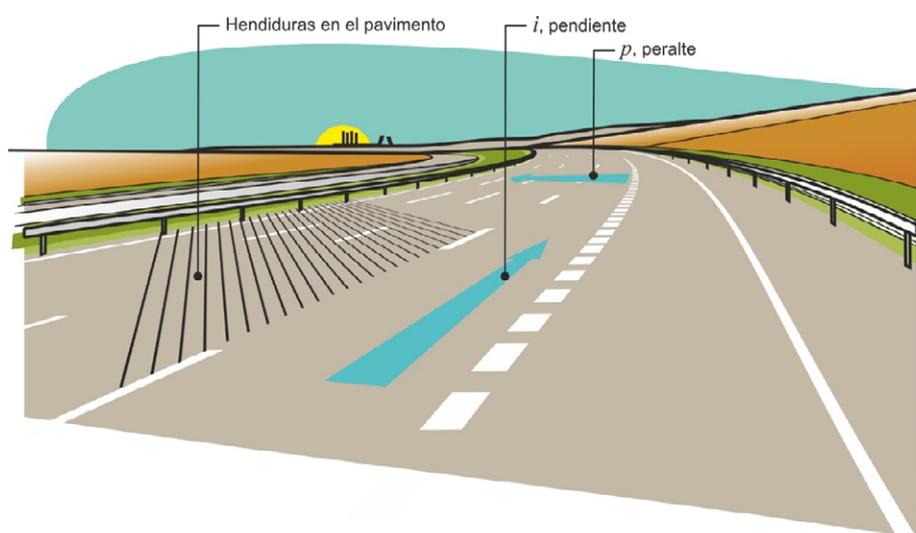


FIGURA 3.5 EJEMPLO DE HENDIDURAS EN EL PAVIMENTO DE UNA PLATAFORMA DE GRAN ANCHURA

Por otra parte el empleo de pavimentos con capa de rodadura drenante contribuye a la disminución de la altura de la lámina de agua, ya que por su alto contenido de huecos resultan permeables y permiten el flujo de agua en su propio plano. No obstante, para mantener dicha permeabilidad en el tiempo y garantizar su funcionalidad, resulta necesaria la realización de operaciones de mantenimiento y limpieza específicas.

Las consideraciones relativas a las características técnicas, configuración, disposición de capas y materiales relacionados con las superficies pavimentadas, se deben efectuar según lo indicado en la norma 6.1 - IC Secciones de firme y en los artículos correspondientes del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para obras de Carreteras y Puentes, PG - 3.

Las cuestiones relativas al diseño geométrico de superficies pavimentadas, así como la determinación de los peraltes, el valor mínimo de la inclinación de la rasante, la línea de máxima pendiente y cualesquiera otras de naturaleza geométrica, se deben fijar de acuerdo con lo establecido en la norma 3.1 – IC Trazado.

Se debe verificar el cumplimiento de las limitaciones relativas a la línea de máxima pendiente en zonas en las que coincidan acuerdos verticales con cambio de signo de la inclinación de la rasante y transiciones de peralte con cambio de signo de éste (véase figura 3.6). Asimismo se debe evitar que se produzcan secciones con pendiente transversal nula en acuerdos cóncavos.

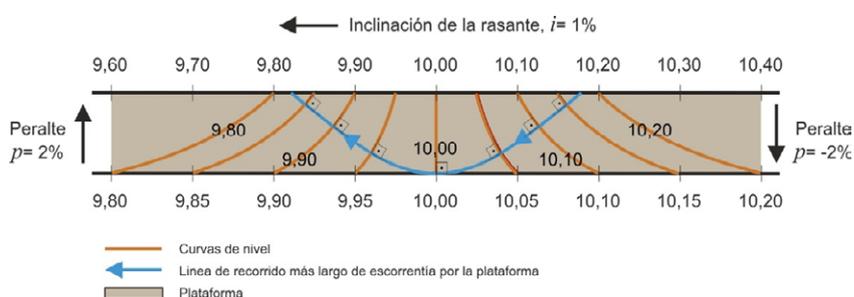


FIGURA 3.6.- RECORRIDO MÁS LARGO DE LA ESCORRENTÍA POR LA PLATAFORMA EN UNA TRANSICIÓN DE CAMBIO DE SIGNO DE PERALTE CON INCLINACIÓN DE LA RASANTE CONSTANTE

### 3.3.1.2 Intersecciones y enlaces

Las cuestiones relativas al diseño geométrico de estas superficies se deben abordar de conformidad con lo especificado en la norma 3.1 – IC Trazado y en la normativa sobre nudos viarios.

Se debe procurar que los ramales de enlace, vías de servicio y cualesquiera otras superficies, no viertan al tronco de la carretera, mediante una adecuada disposición de las pendientes, definición de sumideros o disponiendo otras medidas. Para ello se deben trazar planos con líneas de nivel a la equidistancia suficiente para permitir la correcta identificación de las superficies vertientes y cuando sea necesario, las líneas de flujo de la escorrentía (véase figura 3.6).

El drenaje de zonas pavimentadas de las intersecciones y enlaces, no destinadas a la circulación de los vehículos (cebreados, isletas, interior de glorietas) debe analizarse conjuntamente con el de las calzadas, conforme a lo especificado en el

epígrafe 3.3.1.1, pudiendo disponer sumideros en su caso (véanse ejemplos en la figura 3.7)

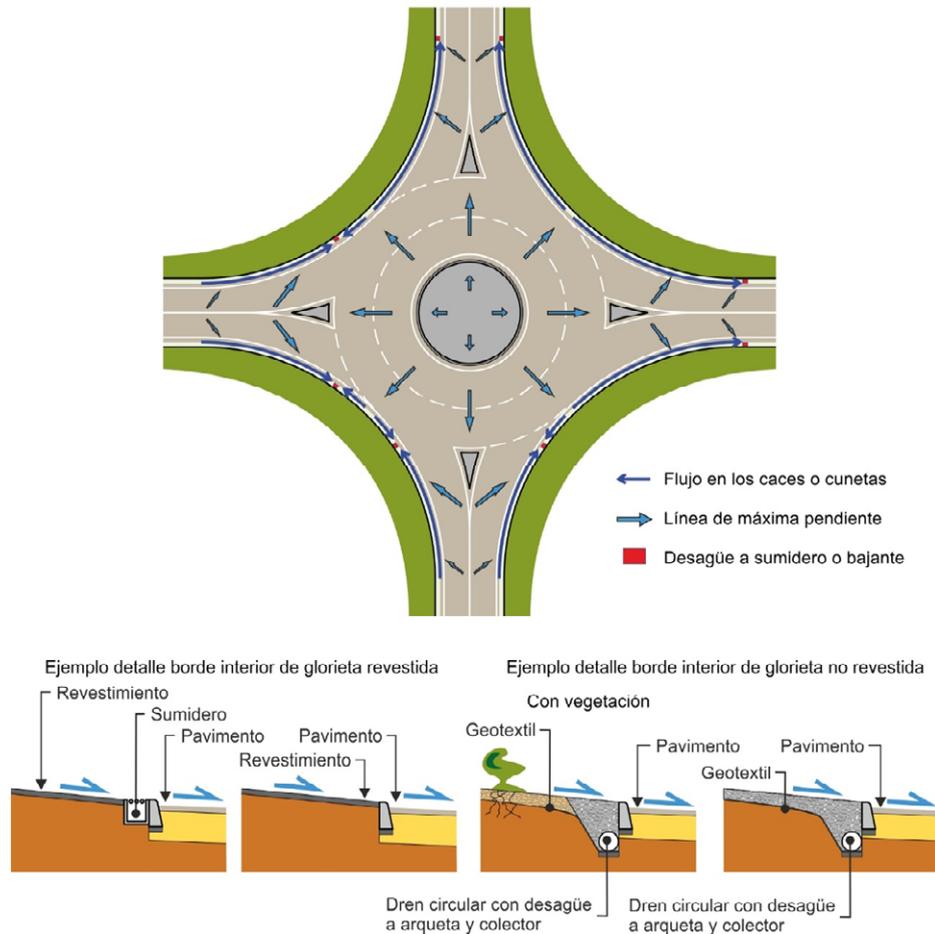


FIGURA 3.7.- EJEMPLO DE DISPOSICIÓN DE ELEMENTOS DE DRENAJE EN UNA GLORIETA

El drenaje de las zonas no pavimentadas del interior de las intersecciones y enlaces se debe proyectar teniendo en cuenta que:

- Se debe tratar de evitar la generación de flujos de agua desde las zonas no pavimentadas hacia los carriles o superficies pavimentadas que las limitan.
- El criterio general a seguir para la evacuación de las aguas en estas zonas es el de concentrarlas en uno o varios puntos bajos interiores, conduciéndolas al exterior mediante colectores que crucen el menor número posible de vías.
- El desagüe se debe producir preferiblemente por gravedad, recurriendo al bombeo únicamente en casos excepcionales. Se pueden efectuar remodelaciones

geométricas o incluso revestir total o parcialmente la superficie para facilitar la concentración de las aguas de escorrentía.

- Se puede definir la utilización de espacios interiores o entre ramales para fines accesorios relacionados con el drenaje superficial, tales como balsas de laminación de crecidas o de retención.

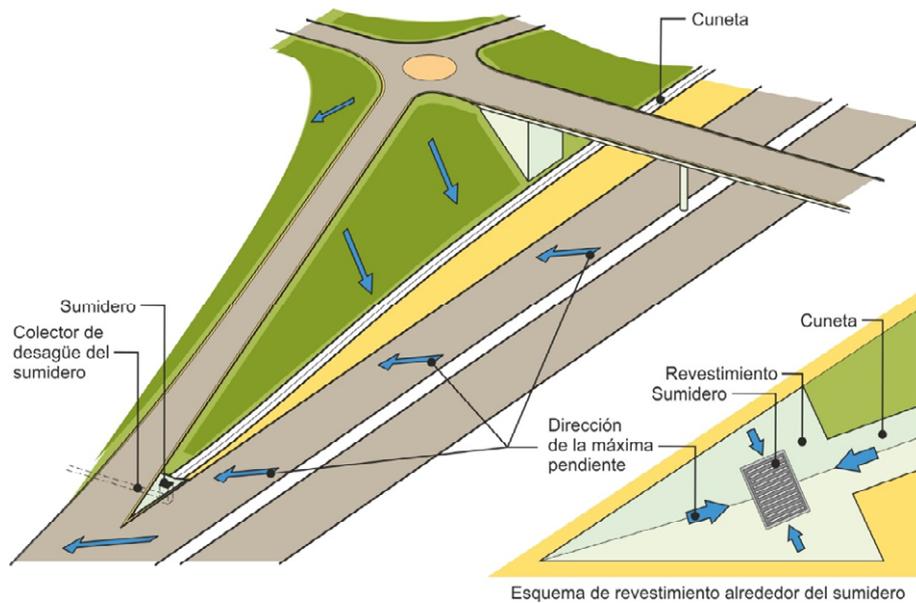


FIGURA 3.8.- EJEMPLO DE SITUACIÓN DE SUMIDERO EN LA CONFLUENCIA DE UN RAMAL CON LA CALZADA PRINCIPAL

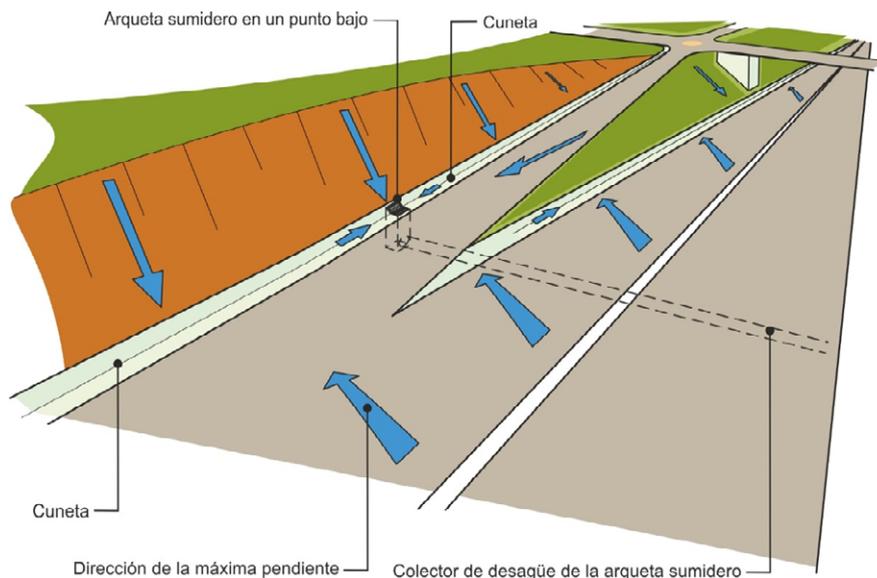


FIGURA 3.9.- EJEMPLO DE SITUACIÓN DE SUMIDERO EN UN PUNTO BAJO

### 3.3.2 MEDIANAS

#### 3.3.2.1 Consideraciones generales

En las medianas se deben disponer elementos de drenaje que permitan recoger y conducir su propia escorrentía y la de las plataformas adyacentes. Se debe evitar el vertido de la escorrentía recogida por la mediana a las plataformas.

La disposición de elementos y sistemas de drenaje en la mediana debe resultar acorde con lo especificado en la normativa sobre trazado, seguridad vial y sistemas de contención de vehículos.

El criterio general, cuando la anchura de la mediana lo permita, será disponer una cuneta revestida (calculada según se especifica en el apartado 3.4), de sección triangular, con taludes iguales o más tendidos que el 6 H: 1 V. Cuando alguna de las franjas que resulten desde los bordes de la cuneta hasta los límites de las zonas pavimentadas de la plataforma no alcance los dos metros (2 m) de anchura, se debe revestir, salvo justificación del proyecto.

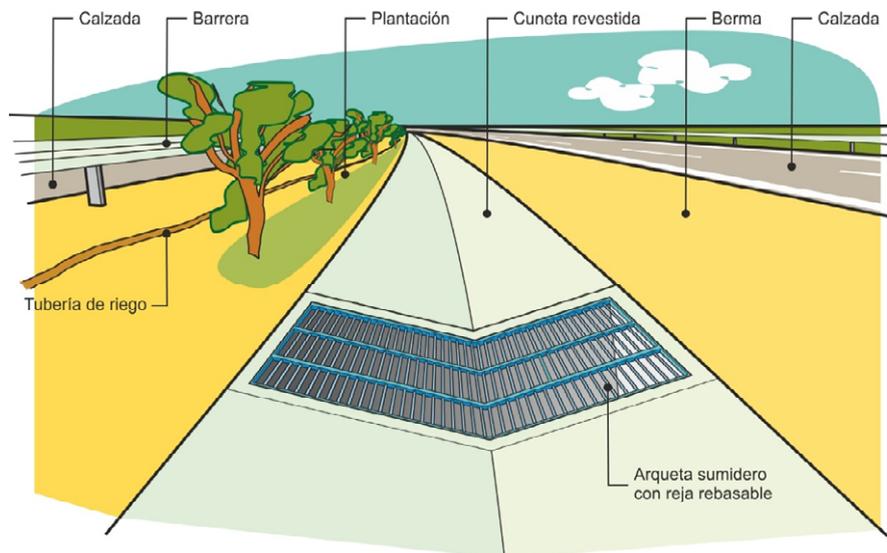


FIGURA 3.10 EJEMPLO DE CUNETA EN MEDIANA AMPLIA

Cuando los taludes en la mediana resulten más verticales que el 6 H: 1 V y la calzada vierta hacia ellos, se deben disponer elementos de drenaje que permitan recoger la escorrentía de la plataforma y conducirla evitando su circulación por los taludes sin revestir de la mediana. Para ello se puede:

- Disponer la cuneta adyacente a la plataforma.
- Revestir el talud en cuestión.
- Disponer un caz de coronación (epígrafe 3.3.4.2)

Cuando la mediana separe plataformas a distinto nivel, en el proyecto se debe efectuar un estudio específico sobre sus condiciones de drenaje.

Cuando en el proyecto se dispongan plantaciones en la mediana, su ubicación y demás características se deben efectuar en coordinación con la definición del drenaje.

El estudio de la infiltración, las características de los materiales a utilizar como relleno de mediana, las prescripciones relativas a drenes y demás cuestiones relacionadas con el drenaje subterráneo, se han de abordar conforme a lo especificado en la normativa sobre drenaje subterráneo. Cuando la sección transversal en que se inserte la mediana esté constituida por materiales marginales u otros que puedan considerarse evolutivos o sensibles a la acción del agua (bien se trate de rellenos o secciones en desmonte), independientemente de la disposición de láminas u otros elementos interiores de impermeabilización, las medianas se deben revestir por completo.

El desagüe de la cuneta de mediana se efectuará a través de sumideros de tipo horizontal, que mantengan la sección transversal de la cuneta, mediante rejas u otros elementos rebasables, que permitan la entrada del caudal de proyecto (véase figura 3.10).

El criterio general será desaguar los caudales atendiendo al siguiente orden de prelación:

1. Obras de drenaje transversal
2. Colectores transversales al trazado
3. Colectores longitudinales al trazado

Debe tenerse en cuenta que:

- El desagüe directo a una obra de drenaje transversal permite evitar colectores y sus obras de salida, pero puede dar lugar a alturas excesivas en las arquetas que dificulten su conservación y mantenimiento.

- El colector longitudinal al trazado puede resultar inevitable cuando no exista posibilidad de desaguar a las márgenes (particularmente en desmonte).

### 3.3.2.2 Secciones singulares

Cuando se dispongan elementos ajenos al drenaje dentro de la cuneta de mediana, tales como pilas de pasos superiores, postes de barreras de seguridad, báculos de alumbrado, apoyos de pórticos de señalización u otros, debe garantizarse el cumplimiento de lo especificado en los epígrafes 3.2.3.2 y 3.2.3.3 respecto a la continuidad y capacidad hidráulica de la cuneta, para lo que puede ser necesario adaptar la sección transversal (véase figura 3.11).

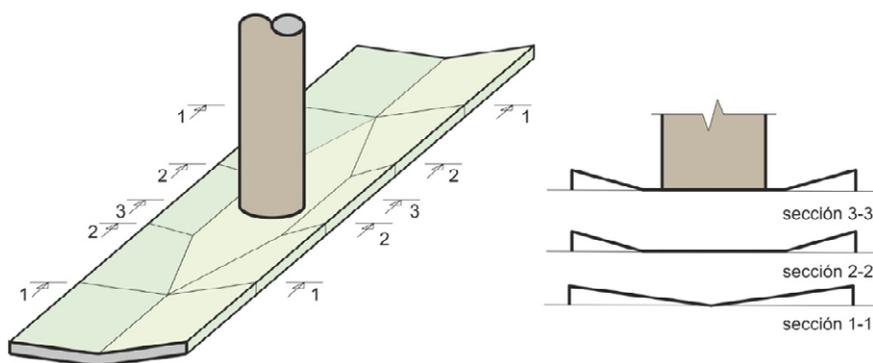


FIGURA 3.11 EJEMPLO DE VARIACIÓN DE SECCIÓN DE CUNETA DE MEDIANA CON PILA DE UN PASO SUPERIOR

En los pasos de mediana se puede proceder al desagüe de la cuneta antes de llegar al paso, o bien resolver la continuidad del drenaje mediante colectores longitudinales al trazado, bajo el paso. Para tratar de evitar infiltración y aterramientos, la mediana se revestirá completamente en las zonas de transición al paso (véase figura 3.12). Se debe estudiar el recorrido teórico de la escorrentía sobre el paso de mediana para proyectarlo de forma que se evite el vertido de agua de una calzada a la otra y, en la medida de lo posible, el de la escorrentía del propio paso, en las calzadas.



FIGURA 3.12 EJEMPLO DE RED DE DRENAJE EN MEDIANA AMPLIA

La cuneta se debe desaguar siempre aguas arriba de los estribos de las estructuras, a una distancia del estribo que permita situar el colector de desagüe fuera de la cuña de transición o macizo de suelo reforzado. La mediana se debe revestir completamente al menos desde el desagüe hasta el estribo, con pendientes dirigidas hacia el desagüe (véase figura 3.13).

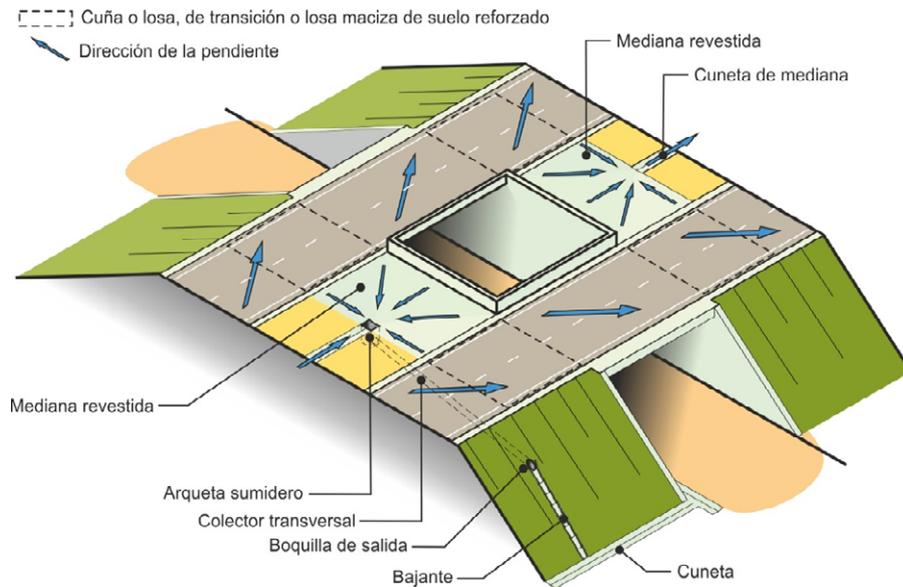


FIGURA 3.13 REVESTIMIENTO DE LA MEDIANA JUNTO AL ESTRIBO DE UNA ESTRUCTURA

### 3.3.2.3 Mediana estricta

Cuando la anchura de la mediana no permita la inserción de la cuneta re-vestida definida con carácter general, se debe proceder a su revestimiento (pavi-mentación u hormigonado), captando y conduciendo la escorrentía mediante caces ubicados fuera de las zonas destinadas a la rodadura (figura 3.14).

El desagüe se producirá a través de sumideros conectados a colectores transversales o longitudinales, de acuerdo con el criterio general expuesto en los epígrafes precedentes (figura 3.15).

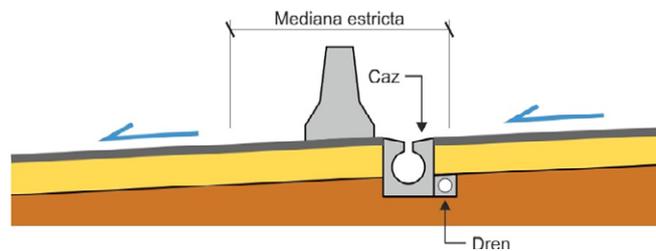


FIGURA 3.14 CAZ TIPO SUMIDERO CONTINUO EN MEDIANA ESTRICTA

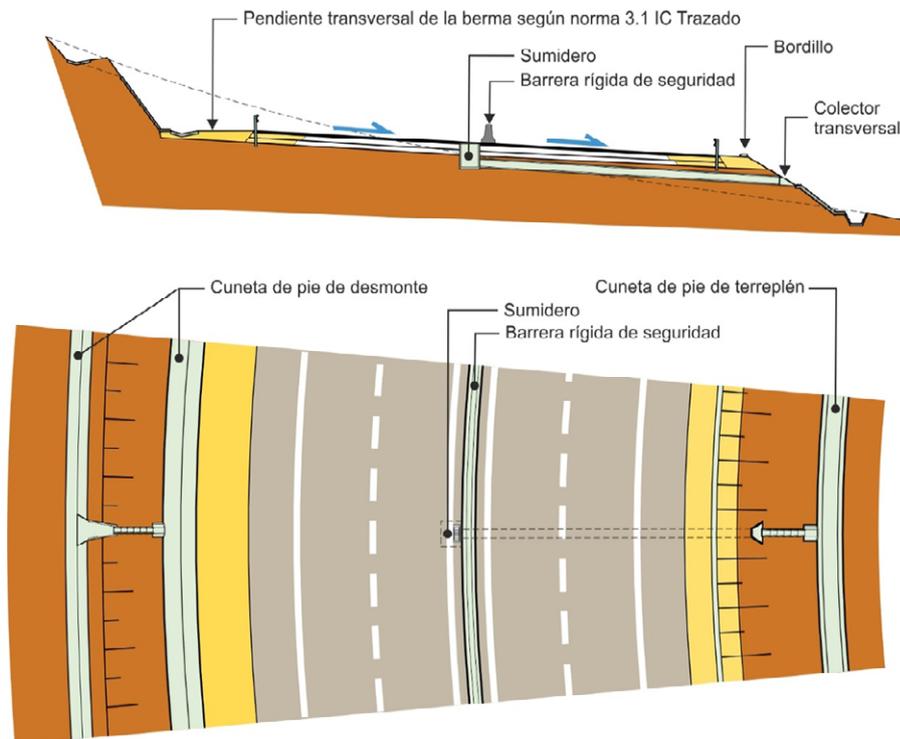


FIGURA 3.15 SUMIDERO CON DESAGÜE A COLECTOR TRANSVERSAL

### 3.3.3 DESMONTES

#### 3.3.3.1 Consideraciones generales

En las márgenes en desmonte se deben disponer elementos de drenaje que permitan recoger y conducir su propia escorrentía, la de la plataforma adyacente y los terrenos colindantes que viertan hacia ellas, así como las aguas recogidas por los elementos de drenaje subterráneo (figura 3.16).

La disposición de elementos y sistemas de drenaje al pie de los desmontes debe resultar acorde con lo especificado en la normativa sobre trazado, seguridad vial y sistemas de contención de vehículos.

El drenaje de los desmontes, que se debe analizar en consonancia con el estudio geotécnico del proyecto, comprende la disposición de:

- Cunetas de pie de desmonte
- Cunetas de coronación
- Cunetas en bermas intermedias
- Bajantes
- Otros elementos relacionados con el drenaje de estabilización

#### 3.3.3.2 Borde de la plataforma: pie de desmonte

El criterio general, cuando no existan otros condicionantes, será disponer una cuneta revestida (calculada según se especifica en el apartado 3.4) con taludes iguales o más tendidos que los que resultan de la aplicación del diagrama de la figura 3.17. Cuando la franja comprendida entre el borde interior de la cuneta y el exterior de la zona pavimentada no alcance un metro (1 m) de anchura, se debe revestir, salvo justificación del proyecto (véase figura 3.16).

Cuando se dispongan drenes californianos u otros elementos de drenaje de estabilización, talud arriba, estos deben desaguar a la cuneta de pie.

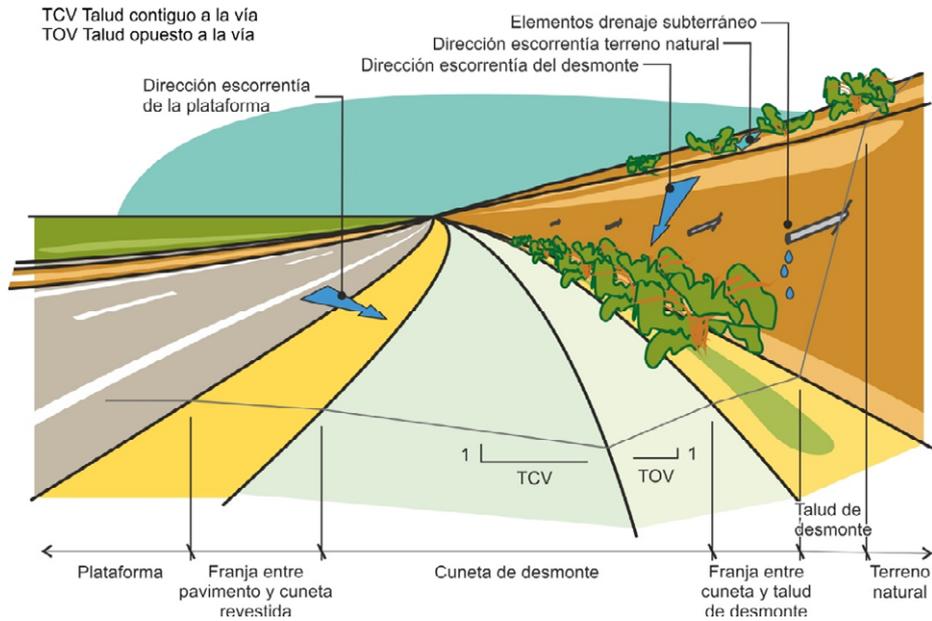


FIGURA 3.16 EJEMPLO DE CUNETAS EN MARGEN DE DESMORTE

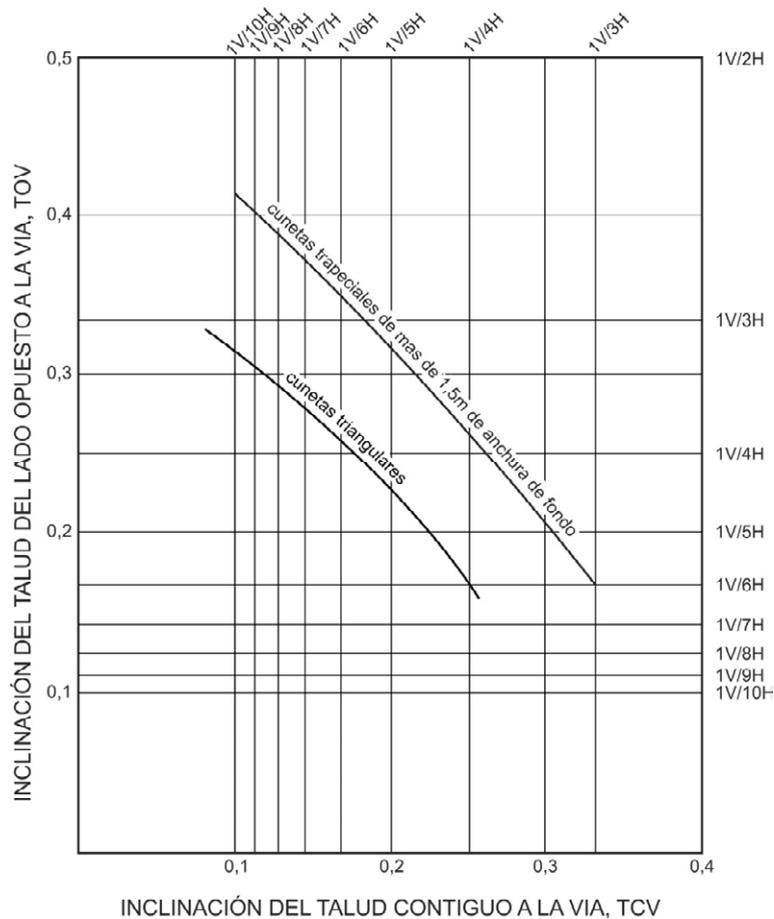


FIGURA 3.17 TALUDES DE CUNETAS EN MARGEN DE DESMORTE

En determinadas circunstancias, debidamente justificadas en el proyecto, las cunetas de pie definidas con carácter general pueden sustituirse por cunetas de sección diferente, caces u otros elementos con función análoga (apartado 3.4).

Cuando se empleen cuntones como protección de la calzada contra caída de rocas estos actuarán simultáneamente como cunetas de pie, debiendo definirse su geometría atendiendo a criterios geotécnicos e hidráulicos. En particular su revestimiento con hormigón se debe decidir en función de las características litológicas del fondo de desmonte. Para que su funcionamiento como elemento de drenaje sea el adecuado, resulta imprescindible proceder a su limpieza frecuente y, en todo caso, cuando se produzca algún desprendimiento.

Cuando se proyecten mallas de guiado, sostenimiento u otros elementos de protección de la carretera contra desprendimientos, se debe disponer el espacio suficiente para permitir su limpieza, mantenimiento y conservación, normalmente entre la cuneta de pie y la arista de pie de talud.

El desagüe de la cuneta de pie de desmonte se producirá a:

- Cuneta de pie de terraplén (véase ejemplo en la figura 3.1).
- Obra de drenaje transversal (véase ejemplo en la figura 3.1).
- Colectores longitudinales al trazado.
- Colectores transversales al trazado (véanse ejemplos en las figuras 3.1 y 3.9).

Las arquetas que se proyecten para conectar con colectores deben mantener la sección transversal de la cuneta, mediante rejillas u otros elementos rebasables que permitan la entrada del caudal de proyecto.

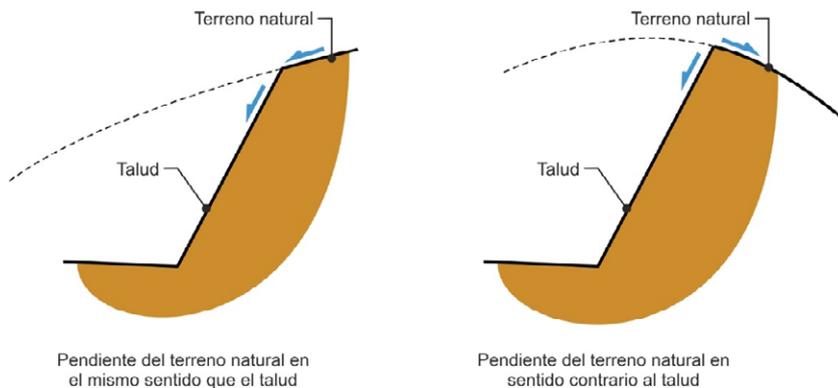


FIGURA 3.18 PENDIENTE DEL TERRENO NATURAL Y DEL TALUD

### 3.3.3.3 Cuneta de coronación

El criterio general será disponer en la coronación del desmorte una cuneta revestida (también llamada de guarda) que recoja la escorrentía que pueda recibir de los terrenos aledaños vertientes hacia el talud. La cuneta debe comprender todo el perímetro del desmorte.

Se puede justificar no disponer esta cuneta cuando se produzca alguno de los siguientes casos:

- Pendiente del terreno natural en sentido contrario al talud (figura 3.18).
- Tamaño muy reducido de la cuenca vertiente o escasa generación de escorrentía.
- Dimensiones reducidas del desmorte y características litológicas favorables.

La definición de la cuneta de coronación debe efectuarse atendiendo a criterios hidráulicos y geotécnicos, debiendo considerarse su incidencia en la estabilidad de la coronación del desmorte.

Siempre que sea posible, el borde de la cuneta de guarda más próximo a la carretera, distará entre uno y dos metros (1 - 2 m) del contorno del talud. Cuando se dispongan mallas de guiado u otros elementos de contención de desprendimientos, las barras de anclaje y demás elementos necesarios para su implantación, deben disponerse entre la cuneta de guarda y la arista que define el contorno del talud (figura 3.19).

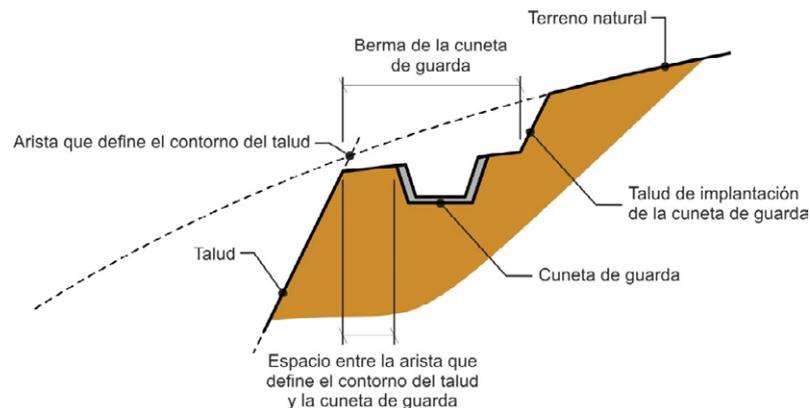


FIGURA 3.19 CUNETA DE GUARDA

Con carácter general la cuneta de guarda se debe ejecutar antes que la excavación del desmorte. Asimismo, se debe proceder a su nivelación para evitar la presencia de puntos bajos intermedios; en caso de que se produzcan, se deben construir bajantes, o efectuar pequeñas correcciones geométricas de la cuneta, o incluso de la superficie del terreno en sus proximidades (figura 3.20).

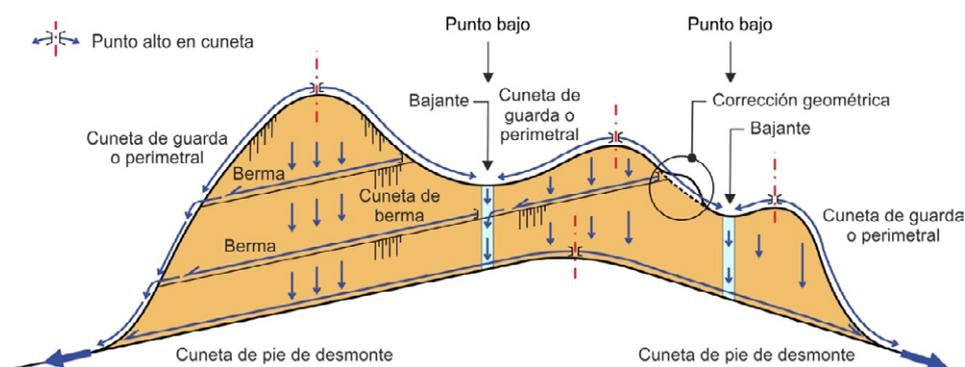


FIGURA.3.20 DRENAJE SUPERFICIAL EN BERMAS Y CORONACIÓN DE TALUDES EN ACUERDOS CONVEXOS

Las cunetas de guarda pueden presentar pendientes fuertes, lo que da lugar a velocidades altas. Por ello se debe estudiar la necesidad de disponer medios de disipación de energía, bien con irregularidades o cantos en el fondo, interposición de saltos u otros procedimientos. En el punto de desagüe puede ser necesaria la disposición de algún elemento de disipación de energía.

El desagüe de la cuneta de coronación se puede proyectar a:

- La cuneta de pie de desmorte (véase ejemplo en la figura 3.1).
- La cuneta de pie de un relleno contiguo (véase ejemplo en la figura 3.1).
- Cauce o terreno natural.
- Una obra de drenaje transversal.
- Una bajante, cuando el desmorte se interseca con una vaguada (véase ejemplo en la figura 3.20).

### 3.3.3.4 Bermas intermedias en los taludes de desmorte

Cuando se dispongan bermas intermedias en los taludes de desmorte deben proyectarse de modo que se permita el acceso y su limpieza por los equipos de

conservación. Además dichas bermas deben tener una pendiente longitudinal que permita la evacuación de las aguas.

Con carácter general, las bermas intermedias deben presentar pendiente vertical -según secciones normales al eje de la carretera- hacia su interior, igual o superior al cuatro por ciento ( $i_{TB} \geq 4\%$ ) y disponer una cuneta revestida en las proximidades de la arista de intersección de los planos definidos por la propia berma y el talud. Dicha cuneta debe ejecutarse sin apertura de zanjas (véase figura 3.21).

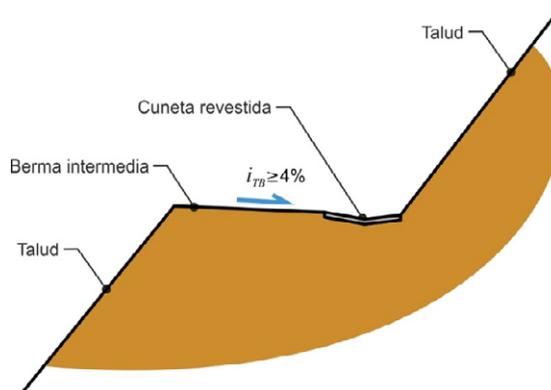
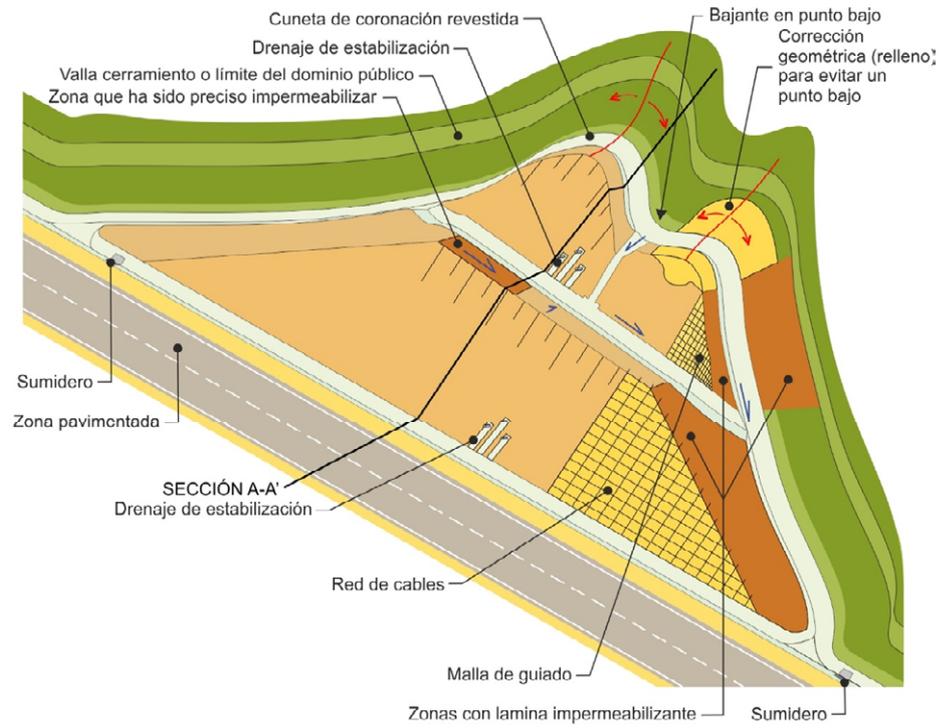


FIGURA 3.21 CUNETA DE BERMA INTERMEDIA EN TALUD DE DESMONTE

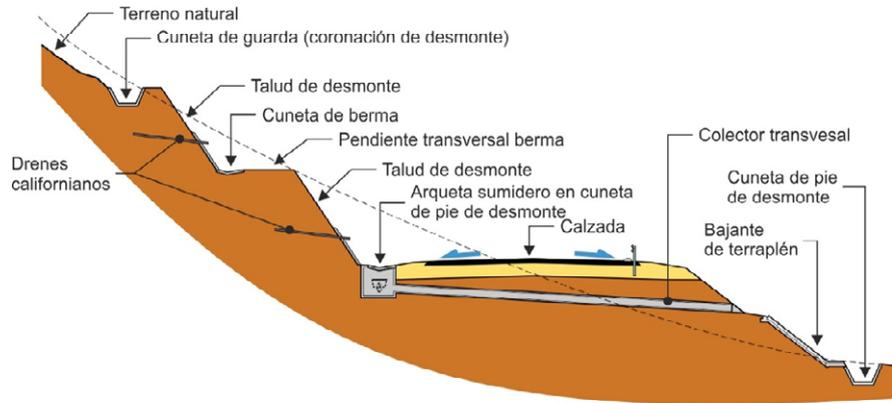
En general las cunetas de berma desaguan a la cuneta de coronación (perimetral del desmonte), para lo que se deben proyectar transiciones adecuadas desde el punto de vista hidráulico. En ningún caso se debe producir el caso inverso, es decir, que la cuneta de coronación desagüe a la de una berma intermedia.

Se deben tratar de evitar los puntos bajos intermedios en las bermas. Cuando se produzca alguno ha de proyectarse una bajante.

Cuando se dispongan elementos de drenaje de estabilización de taludes en desmonte (como drenes californianos o contrafuertes drenantes), talud arriba de la berma, éstos deben desaguar a la cuneta de berma.



**DESMONTE CON CORRECCIONES DE PATOLOGÍAS**



**SECCIÓN TRANSVERSAL A-A'**

**FIGURA 3.22. EJEMPLO DE DISPOSICIÓN DE DRENAJE SUPERFICIAL EN BERMAS Y CORONACIÓN DE TALUDES**

### 3.3.4 RELLENOS

#### 3.3.4.1 Consideraciones generales

En las márgenes en relleno se deben disponer elementos de drenaje que permitan recoger la escorrentía de la plataforma y conducirla evitando su circulación por los espaldones (véase figura 3.23).

La disposición de elementos de drenaje en el borde de la plataforma debe resultar acorde con lo especificado en la normativa sobre trazado, seguridad vial y sistemas de contención de vehículos.

El drenaje de las márgenes en relleno, comprende la disposición de:

- Caz de coronación
- Bajantes
- Cuneta de pie de relleno

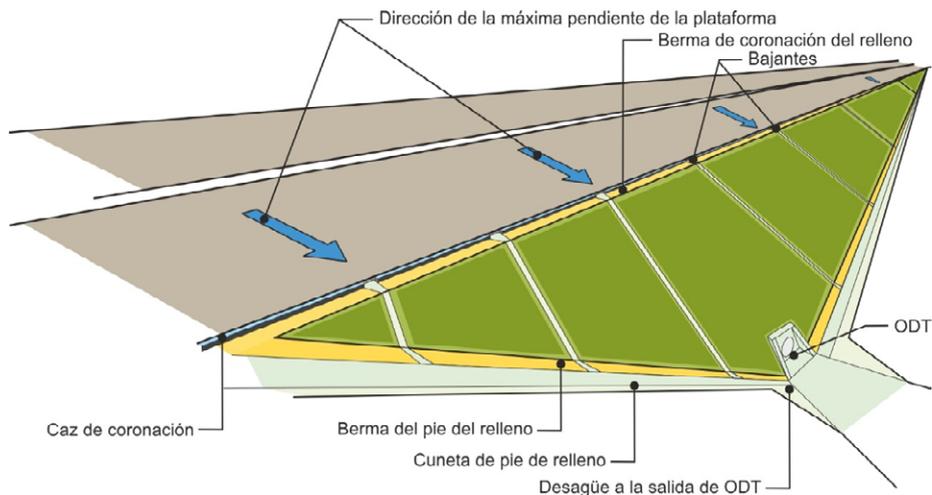


FIGURA. 3.23.- DRENAJE DE RELLENOS

La ejecución de elementos de drenaje que discurran por materiales sensibles al agua, o bien en rellenos en los que se prevea la existencia de asentamientos postconstructivos importantes, requiere la adopción de medidas especiales en el proyecto, tales como refuerzo o encamisado de colectores y disposición de láminas impermeabilizantes bajo la solera de las bajantes.

### 3.3.4.2 Borde de la plataforma: coronación del relleno

El criterio general será disponer un caz de coronación limitado por un bordillo, definido según se especifica en el epígrafe 3.4.1. El bordillo debe colocarse lo más alejado que resulte posible del borde de la capa de rodadura, teniendo en cuenta que el fondo del caz debe estar revestido o pavimentado (véase figura 3.24).

En determinadas circunstancias, debidamente justificadas en el proyecto, los caces de coronación definidos con carácter general pueden sustituirse por otros tipos de cunetas o caces con función análoga.

En las transiciones de peralte, el caz de coronación debe prolongarse por la zona en que teóricamente deja de ser necesario por anularse o haber cambiado de signo, un mínimo de veinte metros (20 m).

El desagüe de la coronación se producirá a:

- Bajantes ubicadas sobre los espaldones, dispuestas:
  - En los puntos bajos.
  - En las zonas de cambio de peralte, peralte nulo (sin bombeo), u otros en que se pueda suponer una acumulación de agua en superficie.
  - A intervalos, generalmente regulares, a definir en el proyecto. La separación debe calcularse teniendo en cuenta el caz, la embocadura y el cuerpo de la bajante; la separación vendrá dada por el elemento que antes se agote.
- En algunos casos, a sumideros conectados a colectores.

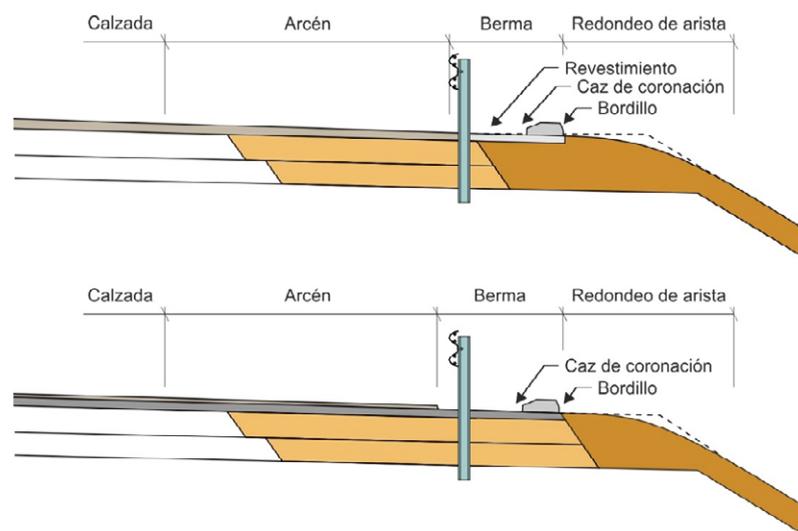


FIGURA. 3.24.- EJEMPLOS DE CAZ DE CORONACIÓN

### 3.3.4.3 Pie del relleno

El criterio general será disponer al pie del relleno una cuneta revestida que recoja la escorrentía proveniente de:

- Las bajantes que desaguan el caz de coronación
- Colectores transversales
- El espaldón del relleno
- Los terrenos aladaños vertientes hacia ella
- La de otras cunetas a las que dé continuidad

Se puede justificar no disponer esta cuneta cuando se presente alguno de los siguientes casos:

- Tamaño muy reducido de la cuenca vertiente o escasa generación de escorrentía.
- Dimensiones reducidas del relleno y características litológicas del terreno natural favorables.

En ningún caso puede suprimirse la cuneta de pie cuando se hayan empleado materiales marginales para la ejecución del relleno, o este tipo de materiales se encuentren en el terreno natural.

### 3.3.4.4 Rellenos apoyados en laderas

Los rellenos apoyados en laderas presentan una serie de características que, aparte de la preparación de la superficie del apoyo del relleno mediante escalonamiento y los tratamientos geotécnicos que sean necesarios, y de la captación de surgencias en esta superficie de acuerdo con la normativa sobre drenaje subterráneo, hacen que la definición del drenaje superficial resulte especialmente relevante, fundamentalmente en lo relacionado con la margen de aguas arriba.

La cuneta de pie de relleno en dicha margen recibe caudales tanto del espaldón del relleno como de la ladera. La escorrentía del lado de la ladera puede proceder tanto de taludes excavados como de superficies naturales, que pueden incluir algún fondo de vaguada. Esta cuneta debe:

- Tener una pendiente longitudinal mínima del dos por ciento (2%).
- Estar revestida.

- Dimensionarse para que el caudal no alcance el espaldón del relleno, tanto en tramos rectos como en cambios de dirección y confluencias.
- Desaguar lo antes que sea posible y resulte razonable a la margen situada aguas abajo mediante un colector o a una ODT.

Cuando en la ladera exista una vaguada de tal entidad que permita la identificación de un cauce natural, en general se debe proyectar una ODT según los criterios del capítulo 4.

El equilibrio global de los rellenos apoyados sobre laderas (véase epígrafe 4.5) depende en gran medida de la eficacia de los sistemas de drenaje proyectados y de su adecuada conservación (véase la figura 3.25).

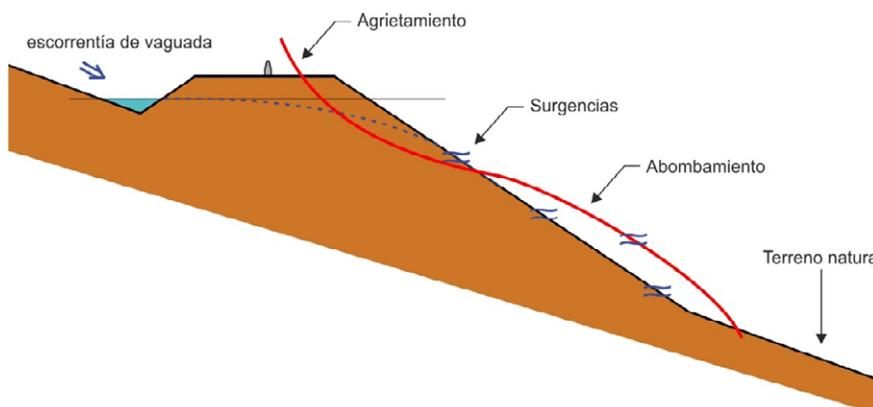


FIGURA. 3.25.- EJEMPLO DE RELLENO APOYADO EN UNA LADERA CON PATOLOGÍA, ASOCIADA A FORMACIÓN DE UNA LÍNEA DE SATURACIÓN DEBIDA A DEFICIENCIAS DE DRENAJE

### 3.3.5 ESTRUCTURAS Y TÚNELES

#### 3.3.5.1 Consideraciones generales

El proyecto de las estructuras y de los túneles debe incluir los elementos de impermeabilización, drenaje y protección frente a la acción del agua que contribuyan a su durabilidad, su funcionalidad y al cumplimiento de las hipótesis de cálculo durante su vida útil. En particular, se deben disponer elementos de:

- Impermeabilización, que eviten la entrada de agua a elementos estructurales a través de superficies que vayan a permanecer prolongadamente en contacto con agua, como caras superiores de tableros o paramentos de trasdoses de muros.

- Drenaje, que permitan:
  - Evitar que lleguen a las estructuras y túneles, caudales de platabanda y márgenes externos a ellas mismas, siempre que sea posible.
  - Recoger, conducir y desaguar los caudales provenientes de escorrentía, vertidos accidentales y de filtraciones.
  - Proteger la propia estructura de la acción del agua, de forma que se evite la formación de humedades y otras acumulaciones de agua.
  
- Protección, como encachados en los taludes de estribos de pasos superiores o escolleras en cimentaciones en cauces.

Todos los elementos estructurales formados por secciones cerradas o con huecos en su interior deben disponer de orificios bota – aguas, purgas u otros dispositivos que permitan la salida del agua en la posición que presenten durante su vida útil.

### 3.3.5.2 Pasos superiores, puentes y viaductos

#### a) *Tablero*

La escorrentía del tablero se debe dirigir fuera de la calzada mediante una adecuada disposición de las pendientes de la superficie pavimentada, recogiéndola mediante caces con vertido a sumideros o imbornales dispuestos de forma que se cumplan las condiciones de resguardo de la calzada (epígrafe 3.2.2).

Los sumideros o imbornales constan de un elemento de captación y un tubo. Los sumideros vierten a un colector o canaleta, mientras que los imbornales vierten al exterior de la estructura. El elemento de captación consta de una cazoleta y una rejilla; tanto la cazoleta como el tubo, se deben sellar para evitar la entrada de agua al elemento estructural.

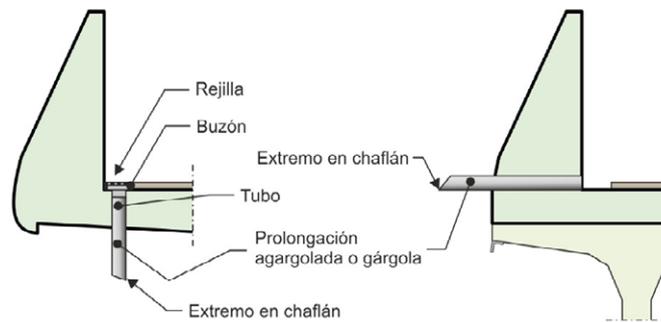
El tubo de los imbornales es recto y se debe prolongar una distancia suficiente fuera de la estructura (gárgola) para evitar que el viento lleve el agua hasta los paramentos de la estructura. La terminación del tubo debe ser en chaflán para dirigir los goteos hacia el exterior de la estructura.

En el caso de que se prevea el desagüe de los imbornales a la zona de dominio público hidráulico o la zona de policía de cauces, en el proyecto se debe estudiar

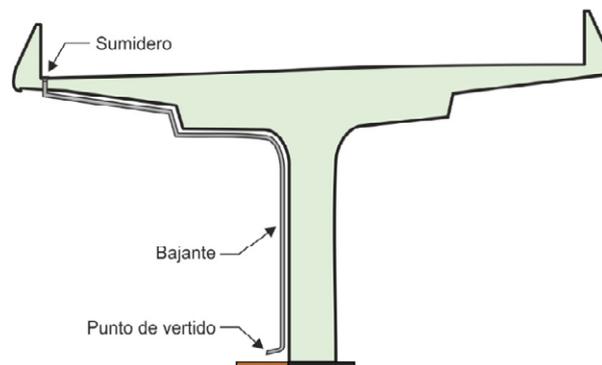
la posibilidad de ejecutar pequeños rebajes del terreno, irregulares y poco profundos para recibir la caída de aguas de los imbornales.

El desagüe de los sumideros se proyectará mediante (véase figura 3.26):

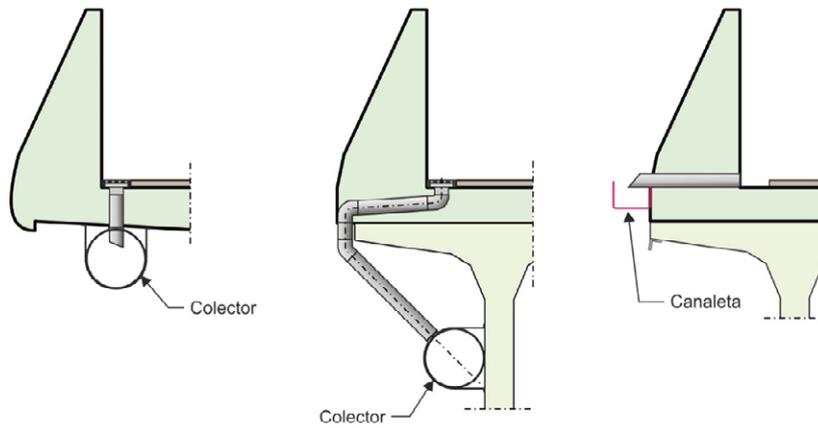
- Bajante de tubería adosada a una pila o estribo. En el desagüe de la bajante se debe estudiar la evacuación del vertido para evitar encharcamientos, infiltraciones y erosiones.
- Conexión a un colector longitudinal adosado al tablero con desagüe a la red de drenaje de plataforma y márgenes en uno de los estribos. Si el colector se ubica en el interior de una viga cajón, debe ser visitable y disponer de bota - aguas para permitir el desagüe en caso de rotura accidental o fugas de agua en el colector (véase figura 3.27). La conexión entre el colector del tablero y el elemento que le da continuidad en el estribo, debe proyectarse de forma que sea capaz de absorber sin daños los movimientos relativos entre tablero y estribo (véanse ejemplos en figura 3.28).



Ejemplos de imbornales para desagüe por vertido libre



Ejemplo de desagüe con bajante



Ejemplo de desagüe a colector o canaleta

FIGURA 3.26 EJEMPLOS DE IMBORNALES Y SUMIDEROS

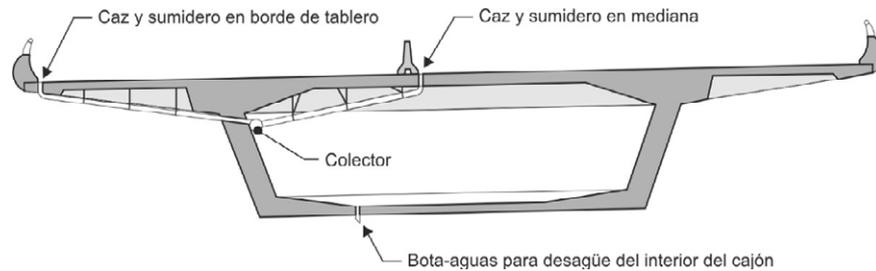


FIGURA 3.27 EJEMPLO DE COLECTOR EN EL INTERIOR DE UNA VIGA CAJÓN

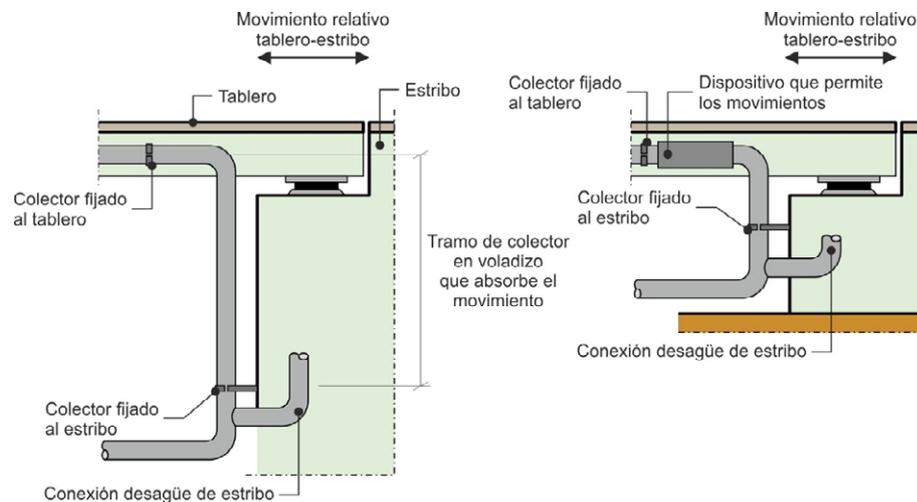


FIGURA 3.28 EJEMPLO DE CONEXIÓN DE COLECTORES EN ESTRIBOS

Cuando existan juntas de dilatación se deben disponer sumideros o imbornales para recoger el agua conducida por los caces, antes de que alcance cada una de las juntas. Si las juntas no son estancas se deben disponer canalones para recoger el flujo difuso de la plataforma (véanse ejemplos en figura 3.29).

En las zonas de goteo y flujo difuso de agua es conveniente la impermeabilización de los paramentos y la disposición de vierteaguas. En los bordes del tablero se deben disponer vierteaguas o goterones para evitar la formación de humedades (véanse ejemplos en figura 3.30).

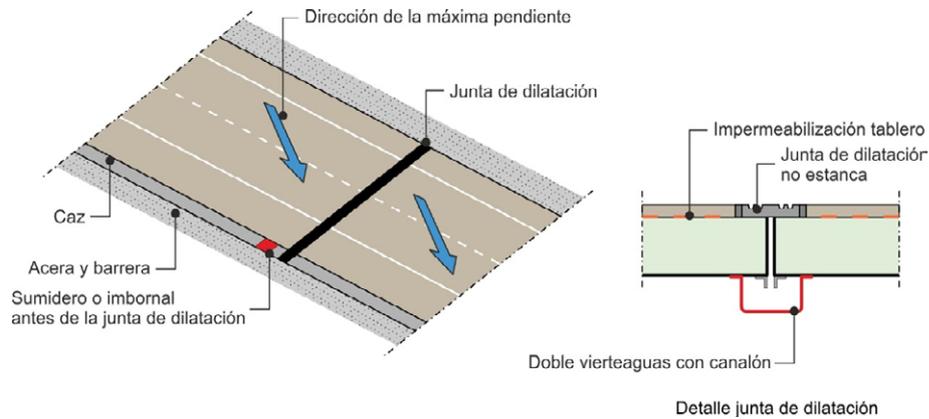


FIGURA 3.29 EJEMPLO DE DRENAJE DE UNA JUNTA DE DILATACIÓN

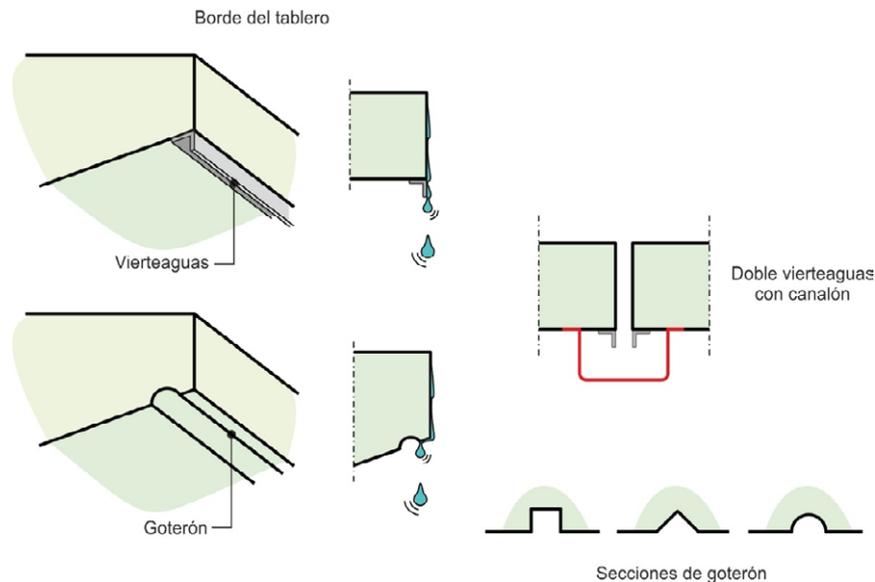


FIGURA 3.30 EJEMPLOS DE VIERTEGUAS Y GOTERONES

### b) Estribos

En el caso de que la pendiente longitudinal de la plataforma sea descendente hacia la estructura se debe tratar de evacuar los caudales de las cunetas y caces antes de que alcancen la estructura.

En los estribos se deben proyectar bajantes para conducir a su pie los caudales que lleguen a ellos. Siempre que sea posible las cunetas y caces de la plataforma se conectarán directamente a las bajantes de los estribos. En el caso de calzadas separadas, puede ser preciso disponer arquetas y colectores.

Cuando sea necesario tratar vertidos accidentales se deben reunir todas las canalizaciones y conducciones en un único colector que desagüe al elemento de retención o tratamiento.

Cualquier talud o superficie de rellenos o terreno que haya en la zona del estribo, comprendida entre sus bajantes, la cuneta de pie y la estructura que lo constituye, debe revestirse con encachado, hormigón o elementos prefabricados (véase figura 3.31).

Cuando el estribo incluya muros, estos deben estar provistos de un drenaje específico, según lo indicado en el epígrafe 3.3.5.4.

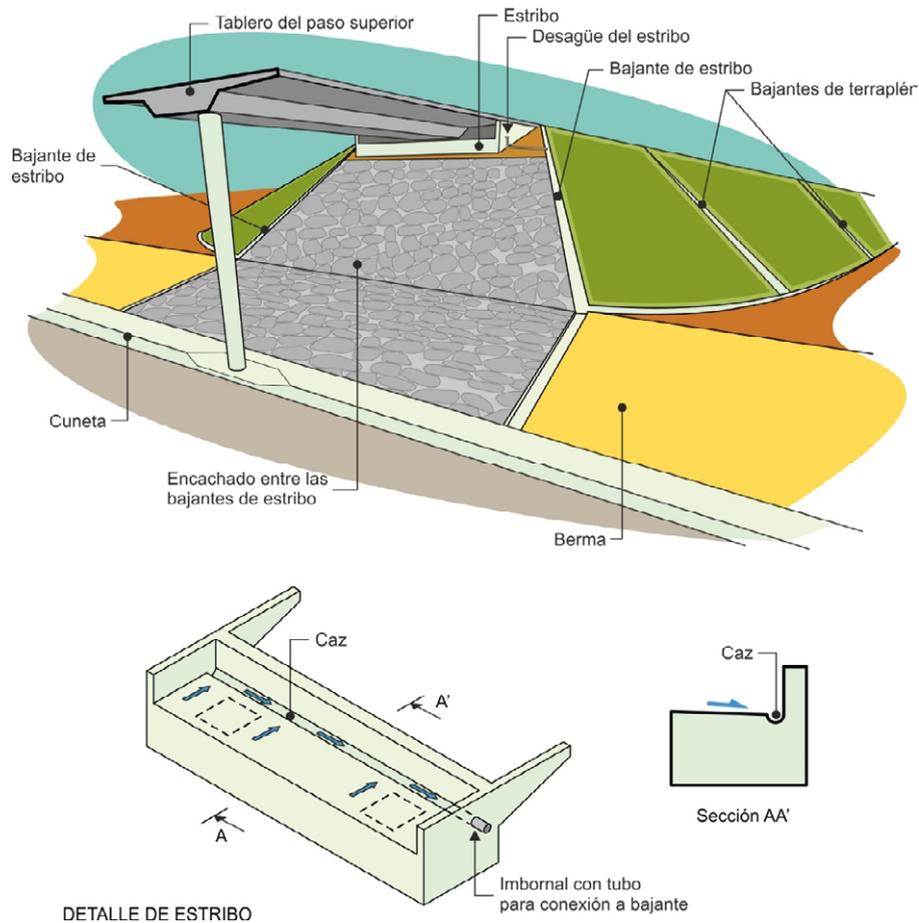


FIGURA 3.31 EJEMPLO DE DRENAJE DE ESTRIBOS

### 3.3.5.3 Pasos inferiores

El drenaje de la plataforma y márgenes de la calzada inferior (la que discurre por el interior del paso) se proyectará de acuerdo con los siguientes criterios según se trate de:

- Una carretera pavimentada, diferente de las enunciadas en el punto siguiente: Se deben cumplir los criterios de funcionalidad del sistema de drenaje de plataforma y márgenes, referidos en los epígrafes 3.2.2 y 3.2.3.
- Un ramal, vía de servicio o camino: En el proyecto se puede justificar la adopción de criterios de funcionalidad diferentes de los del punto anterior.
- Otro tipo de infraestructuras: Los criterios de proyecto se deben definir atendiendo a sus particularidades.

En el interior del paso:

- Las superficies pavimentadas se deben proyectar con una disposición de las pendientes adecuada para dirigir a los bordes de la plataforma la escorrentía que llegue directamente o que entre al paso por flujo difuso, así como los posibles vertidos accidentales.
- Se deben disponer elementos de drenaje que den continuidad a las redes de drenaje del exterior y recojan la escorrentía.
- Se deben definir con detalle suficiente las conexiones de los elementos de drenaje interiores y exteriores al paso inferior para asegurar que tengan un funcionamiento hidráulico correcto.

Dependiendo del perfil longitudinal del paso inferior (véase figura 3.32) se pueden producir los siguientes casos:

- Pendiente monótona: Se dará continuidad a los elementos de drenaje de plataforma y márgenes de la infraestructura que atraviesa bajo el paso, con elementos dispuestos en su interior, de sección y dimensiones adaptadas a las disponibilidades de espacio y con capacidad hidráulica suficiente.

- Cambio de sentido de pendiente con acuerdo convexo (punto alto) en el interior del paso inferior: Los elementos de drenaje del paso inferior desaguarán en ambos sentidos a las redes de drenaje exteriores.
- Cambio de sentido de pendiente con acuerdo cóncavo (punto bajo) en el interior del paso inferior: El desagüe se proyectará por gravedad siempre que sea posible a un colector que parta de una arqueta que recoja todos los caudales del paso. Cuando no sea posible el desagüe por gravedad se debe disponer una estación de bombeo en el punto bajo, con una conducción de impulsión hasta donde sea posible desaguar al exterior (véase epígrafe 3.4.12).

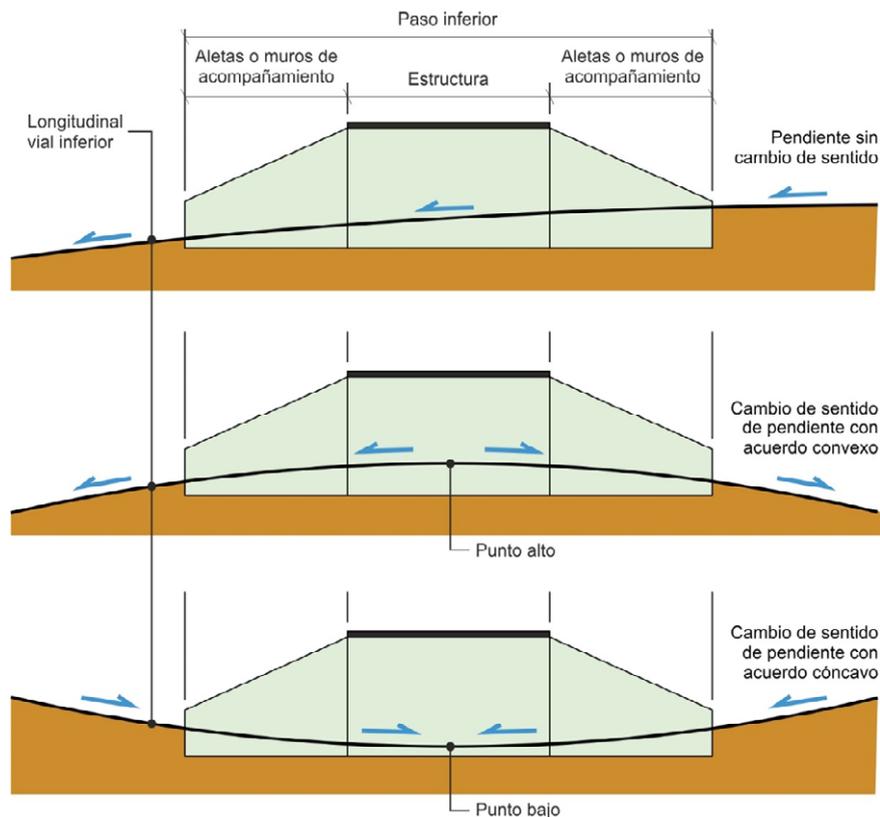


FIGURA 3.32 CASOS DE PERFIL LONGITUDINAL EN UN PASO INFERIOR

### 3.3.5.4 Muros

El drenaje de los muros está íntimamente relacionado con su propia estabilidad y debe definirse de acuerdo con su tipología estructural. El proyecto del muro debe incluir los elementos de impermeabilización y drenaje que garanticen el cumplimiento de las hipótesis de cálculo durante su vida útil.

Estos elementos de drenaje se deben integrar en las redes de drenaje de plataforma y márgenes atendiendo a su posición respecto de la carretera, distinguiendo entre muros de contención de desmontes, de sostenimiento de rellenos, y muros ubicados entre calzadas o estribos de estructuras (véase figura 3.33).

- Muros de contención de desmontes: El muro debe contar con una cuneta revestida de pie, que puede coincidir con la de borde de plataforma (epígrafe 3.3.3.2).
- Muros de sostenimiento de rellenos: El muro debe contar con una cuneta revestida o un caz en coronación que puede coincidir con el de borde de plataforma (epígrafe 3.3.4.2). En el proyecto se debe garantizar la impermeabilidad de la coronación para evitar la entrada de caudales del drenaje superficial al trasdós del muro. El muro debe contar con una cuneta de pie revestida.
- Muros ubicados entre calzadas: Este tipo de muros ejerce la función de contención respecto a una de las calzadas y de sostenimiento respecto de la otra. En el proyecto se debe efectuar un estudio específico sobre las condiciones de drenaje que tenga en cuenta lo especificado en el epígrafe 3.3.2.2, cuando se encuentren en una mediana.
- Estribos de estructuras: Con carácter general se deben proyectar según lo especificado en el epígrafe 3.3.5.2.

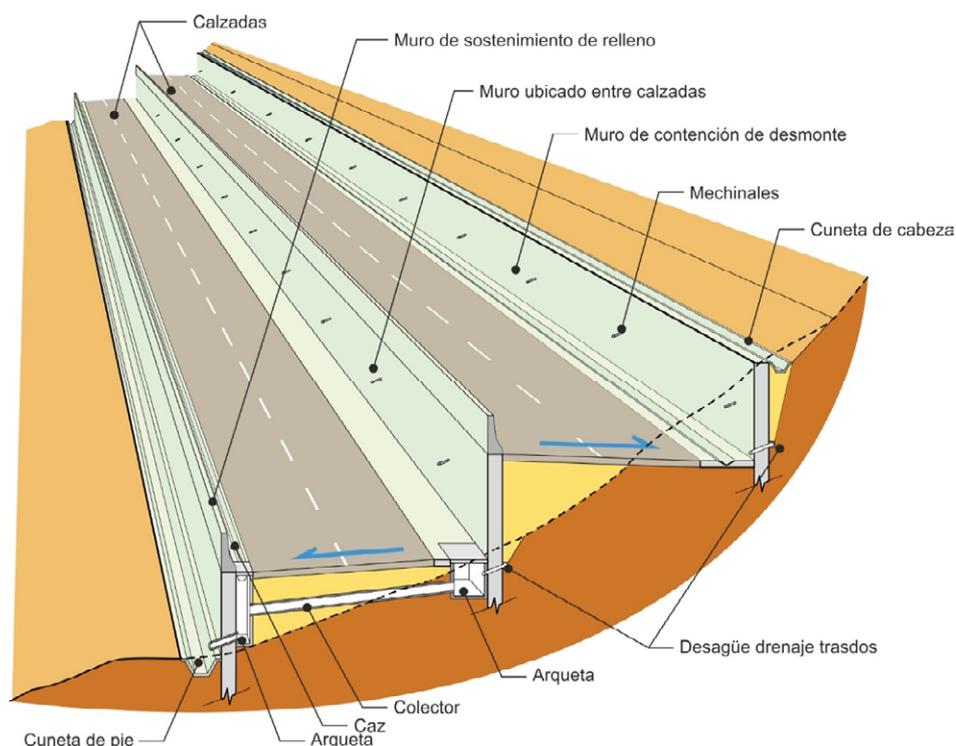


FIGURA 3.33 ELEMENTOS DE DRENAJE Y TIPOS DE MUROS ATENDIENDO A SU POSICIÓN RESPECTO A LA CARRETERA

### 3.3.5.5 Túneles y otras estructuras enterradas

Este apartado se refiere al drenaje tanto de los túneles excavados como de los falsos túneles ejecutados al aire libre que son cubiertos a posteriori, o de los realizados mediante pantallas continuas de hormigón armado o pantallas de pilotes. Cuando se sucedan, sin solución de continuidad, un túnel propiamente dicho con un falso túnel (o una de las estructuras descritas en este mismo epígrafe), el proyecto debe estudiar de manera expresa el drenaje de la transición entre ambos.

La definición geométrica del trazado del túnel se debe efectuar de conformidad con lo especificado en la norma 3.1 - IC Trazado. Deben tenerse en cuenta los condicionantes relativos al drenaje tales como pendientes longitudinales, pendientes de la sección transversal, acuerdos o puntos bajos.

En los túneles se deben disponer elementos de drenaje que permitan recoger los caudales procedentes de filtraciones, vertidos accidentales, limpieza y mantenimiento así como la posible rotura de la red contra incendios, donde exista esta instalación.

Los elementos para la conducción de caudales de drenaje deben resultar accesibles a los equipos de limpieza y mantenimiento a través de arquetas y pozos de dimensiones suficientes, ubicados a distancias adecuadas para ello.

Antes de proceder al desagüe del drenaje del túnel se dispondrán los elementos previstos en la reglamentación sobre seguridad e instalaciones en túneles de carretera en relación con los vertidos accidentales.

Los caudales no debidos a vertidos accidentales se conducirán mediante colectores a su punto de vertido. En túneles sin desagüe por gravedad se deberán disponer estaciones de bombeo. La disposición de elementos de aforo de caudales a la salida del túnel puede resultar de gran utilidad para su explotación.

En el proyecto se debe definir el drenaje de los emboquilles tratando de evitar la introducción de caudales de escorrentía en el túnel. Debe disponerse al menos una cuneta de coronación que comprenda el perímetro del emboquille (véase epígrafe 3.3.3.3)

Por último, los túneles pueden modificar la piezometría del macizo en el que se enclavan: funcionamiento como dren natural en su interior, agotamiento de determinados niveles, etc. Estos fenómenos requieren su análisis en fase de proyecto como problemas de tipo geológico, geotécnico e hidrogeológico y no son objeto de esta norma.

### **3.4 Elementos de drenaje superficial de plataforma y márgenes**

#### **3.4.1 CACES**

##### **3.4.1.1 Definición y tipología**

Un caz es un elemento lineal, superficial, cuya función es conducir el agua a modo de canal en lámina libre sobre superficies pavimentadas o revestidas, que puede construirse in situ o mediante piezas prefabricadas. Generalmente se sitúa al borde de la plataforma, es longitudinal al trazado y presenta poca profundidad (figura 3.34). La sección hidráulica se puede formar:

- Mediante un rebaje u hondonada en una franja de plataforma.
- Mediante la intersección entre dos superficies, normalmente el pavimento y el paramento de un bordillo o una barrera rígida.
- Mediante una pieza prefabricada comunicada con la superficie por un sumidero continuo.

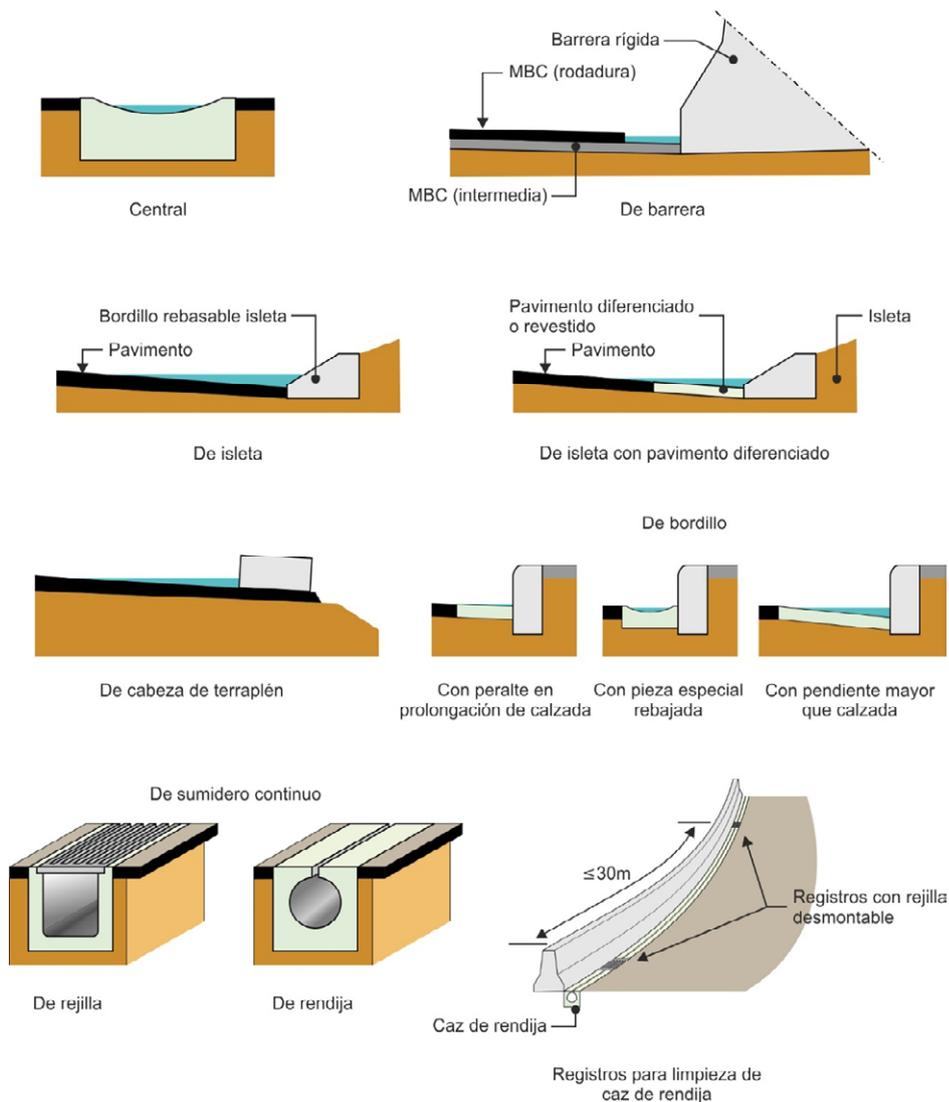


FIGURA 3.34 TIPOS DE CACES

### 3.4.1.2 Aplicación

Los caces ocupan poco espacio en la sección transversal por lo que son de aplicación frecuente en medianas reducidas, cabezas de terraplén y secciones en túneles y estructuras, con aceras o en entornos urbanos.

Su comprobación hidráulica se debe efectuar normalmente en régimen uniforme según lo especificado en el epígrafe 3.4.5.

Su capacidad hidráulica es reducida por lo que necesitan desaguar frecuentemente. Los caces deben desaguar antes de los cambios de peralte para evitar que el agua cruce la calzada.

El desagüe de los caces se producirá a una bajante o a un colector a través de sumideros.

Los caces de sumidero continuo se deben proyectar teniendo en cuenta las necesidades de limpieza:

- En los de rejilla, éstas deben ser desmontables.
- En los de rendija es necesario disponer registros a menos de treinta metros (30 m) para proceder a su limpieza con rasquetas.

### 3.4.2 CUNETAS

#### 3.4.2.1 Definición y tipología

Una cuneta es un elemento lineal, superficial, en forma de zanja continua en el terreno, cuya función es conducir el agua a modo de canal en lámina libre. Generalmente es longitudinal al trazado y se sitúa al borde de la plataforma o de la explanación.

Las cunetas pueden estar revestidas o sin revestir. La forma de la sección transversal normalmente es triangular o trapezoidal. Además, las cunetas se pueden proyectar con forma de hondonada, suavizando los acuerdos entre taludes. (véase figura 3.35).

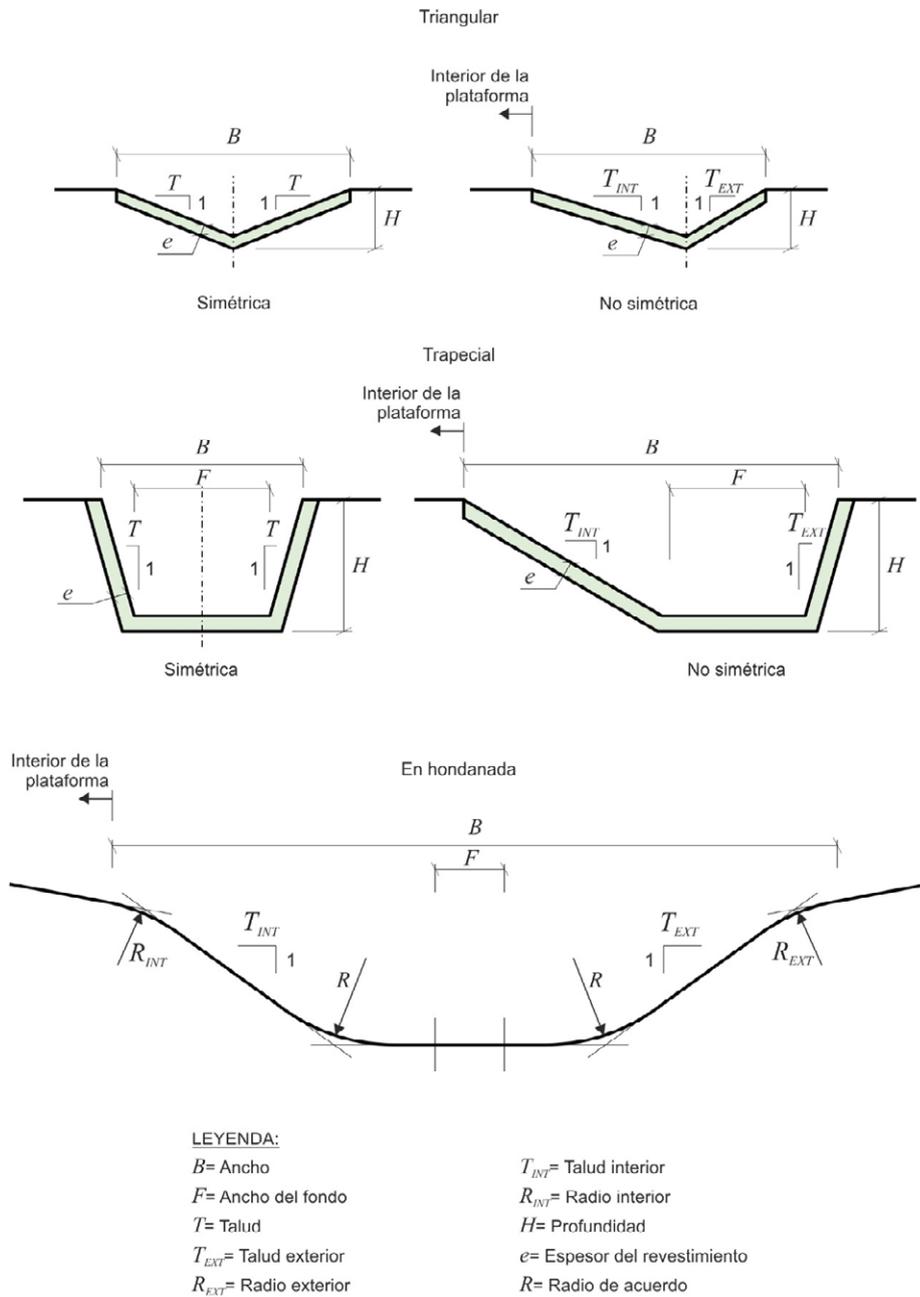


FIGURA 3.35 TIPOS DE CUNETAS

### 3.4.2.2 Aplicación

Salvo justificación en contrario las cunetas se proyectarán revestidas. En todo caso es necesario revestir:

- Cuando la velocidad de agua supere la máxima admisible correspondiente a la naturaleza de la superficie sin revestir (tabla 3.2).
- Cuando su pendiente longitudinal sea superior al tres por ciento ( $i > 3\%$ ).
- Cuando su pendiente longitudinal sea inferior al uno por ciento ( $i < 1\%$ ).
- Donde se desee evitar infiltraciones: protección de acuíferos y casos indicados en normativa sobre drenaje subterráneo.

Se pueden proyectar cunetas rellenas de material drenante. El cálculo hidráulico de este tipo de cuneta se debe efectuar por métodos empíricos o aplicando modelos de flujo en medios porosos.

Se pueden proyectar cunetas no revestidas recubiertas con vegetación herbácea con sección transversal en hondonada, normalmente en zonas cuya precipitación media anual en los últimos treinta (30) años sea superior a seiscientos milímetros (600 mm), cuando la pendiente longitudinal sea inferior al cuatro por ciento ( $i < 4\%$ ).

Para pendientes mayores del siete por ciento ( $i > 7\%$ ) será preciso adoptar precauciones especiales contra la erosión, como disponer escalones para disipar la energía del agua, o aumentar la rugosidad con paramentos irregulares.

En los cambios de dirección en planta y puntos de confluencia de cunetas, se deben disponer sobreelevaciones de los cajeros u otras medidas para evitar desbordamientos.

Independientemente de la posición en la que se ubiquen, las cunetas triangulares deben tener un ángulo mínimo en el vértice de sesenta grados ( $60^\circ$ ).

La comprobación hidráulica de las cunetas se debe efectuar normalmente en régimen uniforme, según se especifica en el epígrafe 3.4.5. Las sobreelevaciones adoptadas en puntos de cambio de dirección y confluencias de cunetas deben justificarse por métodos empíricos o calcularse en régimen variable.

### 3.4.3 BAJANTES

#### 3.4.3.1 Definición y tipología

Una bajante es un elemento lineal, superficial, ubicado en las márgenes (taludes de desmonte o espaldones de rellenos), para conducción de caudales generalmente por líneas de máxima pendiente, en régimen rápido o con resaltos y cambios de régimen.

Consiste en un canal revestido que se alimenta en cabeza a través de un elemento puntual, desde cunetas, caces o directamente desde superficies vertientes, y que conduce estos caudales a niveles situados a cotas inferiores, donde puede ser preciso disponer un elemento amortiguador o disipador de energía.

Debido a las altas pendientes, en las bajantes se producen grandes velocidades por lo que deben estar revestidas en todos los casos.

En una bajante se pueden distinguir tres partes (véase figura 3.36):

- Cabeza o conexión con el elemento que desagua a la bajante: Se debe disponer por encima de la arista de coronación del talud. Debe tener forma abocinada para recoger el caudal que cambia de dirección y altura de cajeros suficiente para evitar desbordamientos.  
Debe tratar de evitarse la disposición de postes u otros obstáculos en esta zona.
- Cuerpo o canal de descarga: Debe estar situado en una línea de máxima pendiente y estar provisto de cajeros con resguardo suficiente para evitar desbordamientos. Puede requerir la disposición de elementos de disipación de energía.
- Pie o conexión con el elemento al que desagua la bajante: Se debe disponer por debajo de la arista de pie del talud o espaldón. Debe tener forma abocinada para favorecer una expansión del caudal que reduzca la altura de lámina de agua. Puede requerir elementos de disipación de energía y altura de cajeros suficiente para evitar desbordamientos.

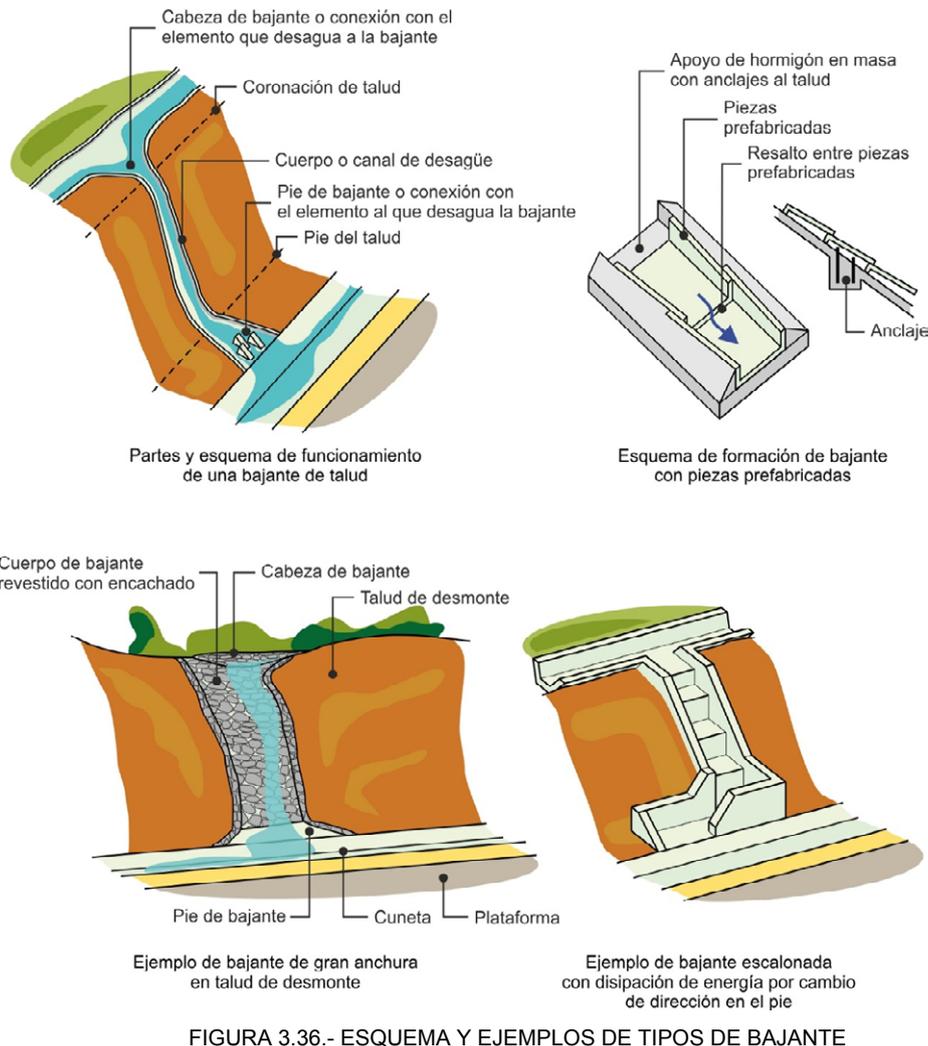


FIGURA 3.36.- ESQUEMA Y EJEMPLOS DE TIPOS DE BAJANTE

### 3.4.3.2 Aplicación

Cuando los caudales son pequeños las bajantes pueden ser de pendiente uniforme o con pequeños resaltos como las formadas por elementos prefabricados superpuestos. Cuando los caudales son importantes se debe ir a bajantes de tipo escalonado o proyectar un cuenco de amortiguación siguiendo los criterios habituales en el proyecto de aliviaderos.

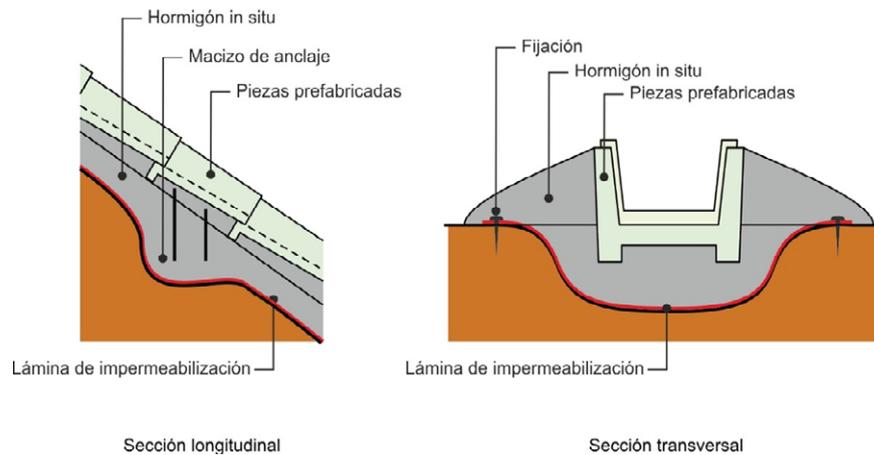
Para tratar de limitar la energía del caudal que circula por la bajante se puede considerar:

- La ejecución de bajantes de gran anchura.

- La disposición de elementos de disipación de energía, que pueden ser irregularidades en el fondo, escalones u otros elementos.

Se debe instalar una lámina de impermeabilización por debajo de la bajante (véase figura 3.37) en los siguientes casos:

- Rellenos:
  - Cuando se hayan utilizado materiales marginales para la ejecución del relleno.
  - Cuando se prevean asentamientos postconstructivos que puedan originar roturas
- Desmontes: Cuando se prevean movimientos que puedan originar roturas.



Sección longitudinal

Sección transversal

FIGURA 3.37.- BAJANTE CON LÁMINA DE IMPERMEABILIZACIÓN

### 3.4.4 COLECTORES

#### 3.4.4.1 Definición y tipología

Un colector es un elemento lineal, generalmente subterráneo, consistente en un conducto o tubería para conducción de caudales, con funcionamiento hidráulico por gravedad en lámina libre. En estructuras se puede disponer adosado al tablero.

Generalmente está formado por tuberías prefabricadas, que pueden ser de hormigón, metálicas, material polimérico o combinación de estos materiales, unidas por juntas y piezas especiales.

Los colectores se componen de tramos de tubería situados entre arquetas o pozos. El punto final de un colector puede ser:

- Una embocadura de salida, a definir según lo indicado en el capítulo 4 para las embocaduras de las ODT.
- Una conexión con un elemento de recogida o tratamiento de vertidos como los indicados en los epígrafes 3.4.9 al 3.4.11.
- Excepcionalmente una conexión con una red urbana de saneamiento o de drenaje de pluviales

Las características de las tuberías y piezas especiales deben ser acordes con las normas de producto que les correspondan.

#### **3.4.4.2 Aplicación**

Los colectores se utilizan principalmente para recoger y transportar por debajo de la plataforma las aguas de escorrentía recogidas por los elementos de drenaje, bien porque la capacidad hidráulica de éstos resulte insuficiente o bien porque se tenga que cruzar la calzada para desaguar. Salvo justificación del proyecto, los colectores deben ser estancos.

El caudal de las cunetas se recoge normalmente a través de arquetas, mientras que el de los caces se suele recoger a través de sumideros. Un sumidero puede verter a un colector a través de una arqueta de conexión con el colector, o mediante un colector de conexión entre sumidero y colector principal.

Los colectores dispuestos longitudinalmente a la carretera deben desaguar lo antes posible. Los dispuestos en dirección transversal se denominan obras transversales de drenaje longitudinal (OTDL) y sirven para desaguar en una margen las aguas recogidas en la opuesta o en la mediana.

Los colectores no son elementos exclusivos del drenaje superficial. Lo relacionado con su papel como elementos de drenaje subterráneo debe abordarse de conformidad con lo especificado en la normativa sobre el particular.

Con carácter general la pendiente de los colectores entre arquetas estará comprendida entre el cero coma cinco y el cuatro por ciento ( $0,005 \leq J \leq 0,04$ ). La distancia

máxima entre arquetas y pozos será la menor entre la necesaria por el cálculo hidráulico y la establecida por criterios de conservación y limpieza.

#### 3.4.4.3 Comprobaciones a efectuar

En el cálculo mecánico (o estructural) del colector se tendrá en cuenta su encaje en el terreno, de acuerdo con los principios que se refieren en el epígrafe 4.4.2 para las ODT.

La comprobación hidráulica de los colectores se debe efectuar según se especifica en el epígrafe 3.4.5, teniendo en cuenta que:

- El diámetro mínimo de los colectores debe ser de cuatrocientos milímetros (400 mm), salvo en los tramos aéreos en estructuras y en las conexiones entre sumideros y colector.
- Cuando la pendiente longitudinal  $J$  sea superior al cuatro por ciento ( $J > 0,04$ ) se deberá comprobar que las condiciones de entrada y salida al colector sean compatibles con el funcionamiento supuesto, de forma análoga a lo indicado para las ODT en el epígrafe 4.4.4.
- La línea del nivel de energía se debe encontrar por debajo y a cierta distancia de otros elementos:
  - o A más de treinta centímetros (30 cm) del plano inferior de tapas de arquetas, pozos y rejillas de sumideros.
  - o A más de veinte centímetros (20 cm) de la generatriz inferior de los drenes y otros elementos de drenaje subterráneo que puedan desaguar en la misma arqueta o pozo.

#### 3.4.5 COMPROBACIÓN HIDRÁULICA DE ELEMENTOS LINEALES

En los elementos lineales se debe comprobar que se cumplen simultáneamente las dos condiciones siguientes:

- La capacidad hidráulica, de los elementos lineales en régimen uniforme y en lámina libre para la sección llena (véase la figura 3.38) sin entrada en carga debe ser mayor que el caudal de proyecto,  $Q_P$

$$Q_{CH} = \frac{J^{1/2} R_H^{2/3} S_{Max}}{n} \geq Q_P$$

- La velocidad media del agua para el caudal de proyecto, debe ser menor que la que produce daños en el elemento de drenaje superficial, en función de su material constitutivo.

$$V_P = \frac{Q_P}{S_P} \leq V_{Max}$$

donde:

$Q_{CH}$	(m <sup>3</sup> /s)	Capacidad hidráulica del elemento de drenaje. Caudal en régimen uniforme en lámina libre para la sección llena calculado igualando las pérdidas de carga por rozamiento con las paredes y fondo del conducto a la pendiente longitudinal
$J$	(adimensional)	Pendiente geométrica del elemento lineal
$S_{Max}$	(m <sup>2</sup> )	Área de la sección transversal del conducto
$R_H$	(m)	Radio hidráulico
		$R_H = \frac{S}{p}$
$S$	(m <sup>2</sup> )	Área de la sección transversal ocupada por la corriente
$p$	(m)	Perímetro mojado
$n$	(s/m <sup>1/3</sup> )	Coefficiente de rugosidad de Manning, dependiente del tipo de material del elemento lineal. Salvo justificación en contrario, se deben tomar los valores de la tabla 3.1.
$Q_P$	(m <sup>3</sup> /s)	Caudal de proyecto del elemento de drenaje
$V_P$	(m/s)	Velocidad media de la corriente para el caudal de proyecto
$S_P$	(m <sup>2</sup> )	Área de la sección transversal ocupada por la corriente para el caudal de proyecto
$V_{Max}$	(m/s)	Velocidad máxima admisible en el elemento de drenaje transversal, dada por la tabla 3.2, en función del material del que está constituido

Esta comprobación se efectuará por tramos en los que el caudal, la pendiente y la geometría y materiales de la sección, permanezcan constantes.

TABLA 3.1.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD  $n$  ( $\text{sm}^{-1/3}$ ) A UTILIZAR EN LA FÓRMULA DE MANNING-STRICKLER PARA CONDUCTOS Y CUNETAS

MATERIAL		$n$ ( $\text{sm}^{-1/3}$ )
Cuneta	Sin vegetación. Superficie uniforme	0,020-0,025
	Sin vegetación. Superficie irregular	0,020-0,033
	Con vegetación herbácea segada	0,033-0,040
	Con vegetación herbácea espesa	0,040-0,050
	En roca. Superficie uniforme	0,029-0,033
	En roca. Superficie irregular	0,033-0,050
	Fondo de grava. Cajeros de hormigón	0,017-0,020
	Fondo de grava. Cajeros encachados	0,022-0,033
	Encachado	0,020-0,029
	Hormigón proyectado	0,017-0,022
	Revestida con hormigón in situ	0,013-0,017
Pavimento con mezclas bituminosas		0,013-0,018
Hormigón en marcos y otras estructuras in situ		0,014-0,017
Gaviones		0,020-0,040
Tubo de hormigón		0,012-0,017
Tubo de fundición		0,010-0,015
Tubo de acero		0,010-0,014
Tubo de materiales poliméricos		0,008-0,013

Nota: Los valores inferiores de cada uno de los rangos resultan de aplicación a conductos recién instalados, rectos, sin arquetas ni piezas especiales intermedias, limpios y en buen estado de conservación. El envejecimiento de los conductos se suele traducir en un incremento del valor del número  $n$  de Manning que no suele superar el límite superior de esta tabla.

TABLA 3.2.- VELOCIDAD MÁXIMA DEL AGUA  $V_{Max}$  (m/s)

Naturaleza de la superficie	Máxima velocidad admisible (m/s)
Terreno sin vegetación arenoso o limoso	0,20-0,60
Terreno sin vegetación arcilloso	0,60-0,90
Terreno sin vegetación en arcillas duras y margas blandas	0,90-1,40
Terreno sin vegetación en gravas y cantos	1,20-2,30
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0,60-1,20
Terreno con vegetación herbácea permanente	1,20-1,80
Rocas blandas	1,40-3,00
Mampostería, rocas duras	3,00-5,00
Hormigón	4,50-6,00

Nota: Además de las variaciones debidas al distinto comportamiento de los materiales comprendidos en las categorías genéricas de esta tabla, los valores superiores son admisibles para situaciones esporádicas, mientras que los valores más bajos son para situaciones frecuentes.

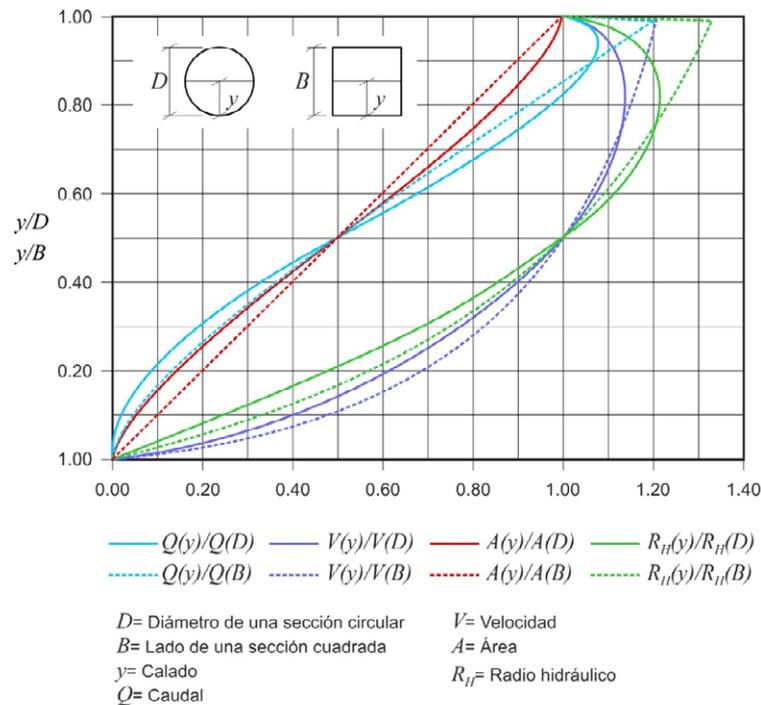


FIGURA 3.38.- CAUDAL EN FUNCIÓN DEL CALADO EN ELEMENTOS LINEALES EN LÁMINA LIBRE EN RÉGIMEN UNIFORME

### 3.4.6 SUMIDEROS

#### 3.4.6.1 Definición y tipología

Un sumidero es un elemento de drenaje cuya función es captar caudales de la plataforma o de un elemento de drenaje superficial, normalmente un caz o cuneta, y desaguar a un colector a través de una arqueta que le sirve de registro.

Pueden ser continuos o aislados y atendiendo a su posición relativa respecto a la corriente, de tipo horizontal, lateral o mixto.

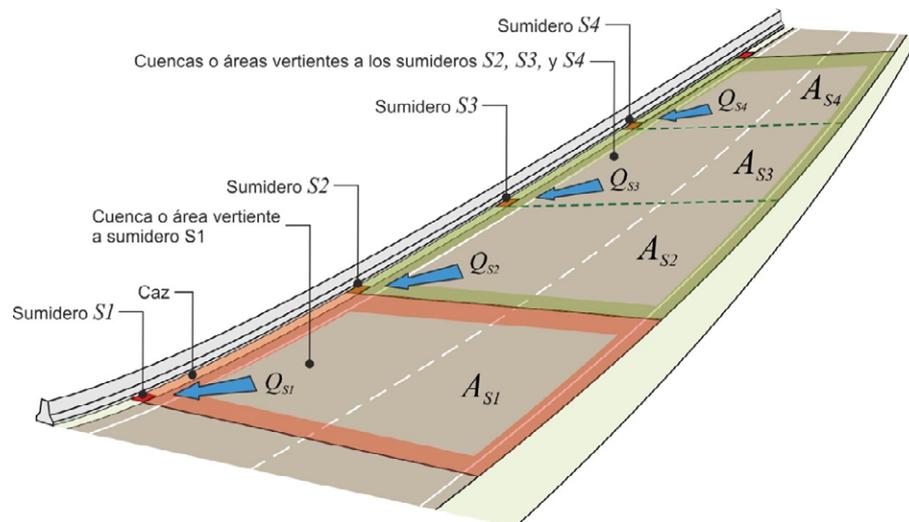
Puede estar construido in situ o con piezas prefabricadas, que pueden ser de hormigón, cerámicas, metálicas, material polimérico o combinación de estos materiales. Las características de las piezas prefabricadas deben ser acordes con las normas de producto que les correspondan.

### 3.4.6.2 Aplicación

Los sumideros son susceptibles de sufrir obstrucciones durante los fenómenos de precipitación. Para tenerlo en cuenta se distingue entre el caso de sumideros distribuidos en un tramo en pendiente, o de uno o varios sumideros situados en un mismo punto bajo.

Desde el punto de vista hidráulico la disposición más adecuada es el sumidero horizontal que intercepta el fondo de la cuneta o caz, con las barras de la tapa en dirección de la corriente. El sumidero de tipo lateral presenta una ocupación menor de la plataforma.

En los tramos en pendiente, con el fin de permitir que si un sumidero está ocluido el agua que deje de entrar en él pueda recogerse en los siguientes situados aguas abajo, la capacidad de desagüe de cada sumidero deberá ser tal que permita absorber su caudal de proyecto más un treinta por ciento del caudal de proyecto de hasta tres sumideros situados inmediatamente aguas arriba (véase figura 3.39).



$$\text{Capacidad sumidero } S1 \geq Q_{S1} + 0,3 \cdot (Q_{S2} + Q_{S3} + Q_{S4})$$

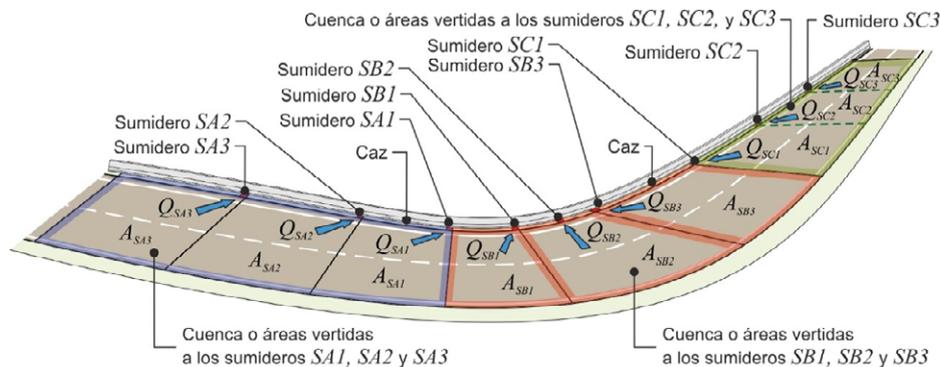
FIGURA 3.39.- CAUDAL A CONSIDERAR EN SUMIDEROS DISTRIBUIDOS EN UN TRAMO EN PENDIENTE

Los sumideros situados en puntos bajos serán generalmente de tipo horizontal. Para evitar la formación de balsas si se obstruyeran, deberá disponerse otro sumidero aguas arriba a unos cinco centímetros (5 cm) por encima de ellos. No obstante, donde se asegure con precisión la situación del punto bajo y resulte factible, podrá reemplazarse el conjunto anterior por un sumidero mixto.

En acuerdos cóncavos con parámetro superior a cuatro mil ( $K_v \geq 4.000$ ) se deben colocar sumideros adicionales al del punto bajo.

El conjunto de sumideros ubicados en un punto bajo debe ser capaz de absorber el doble de la suma de (véase figura 3.40):

- Su propio caudal de proyecto.
- El correspondiente a los tramos en pendiente según el criterio anterior, es decir un treinta por ciento (30%) del caudal de proyecto de hasta tres sumideros situados aguas arriba, en cada uno de los tramos en pendiente que confluyen en el punto bajo.



$$\text{Capacidad sumideros } (S_{B1} + S_{B2} + S_{B3}) \geq 2 \cdot [Q_{SB1} + Q_{SB2} + Q_{SB3} + 0,3 \cdot (Q_{SA1} + Q_{SA2} + Q_{SA3} + Q_{SC1} + Q_{SC2} + Q_{SC3})]$$

FIGURA 3.40.- CAUDAL A CONSIDERAR EN SUMIDEROS SITUADOS EN UN PUNTO BAJO

### 3.4.7 ARQUETAS Y POZOS

#### 3.4.7.1 Definición y tipología

Las arquetas y los pozos son elementos de conexión y registro de colectores y de conexión de elementos superficiales, como cunetas o sumideros, con colectores. Su funcionamiento hidráulico depende del tipo de conexión. Normalmente las entradas de caudal a la arqueta o pozo son en forma de vertedero. La entrada de caudal al colector de salida de la arqueta o pozo, se puede analizar como la entrada de caudal a una ODT.

Las arquetas y los pozos pueden estar construidos in situ o con piezas prefabricadas, que pueden ser de hormigón, cerámicas, metálicas, material polimérico o

combinación de estos materiales. Las características de piezas prefabricadas deben ser acordes con las normas de producto que les correspondan.

### 3.4.7.2 Aplicación

Las arquetas se proyectan para desagüe de cunetas a colectores u ODT. Presentan sección en planta en general cuadrada o rectangular y deben adaptar la forma de las paredes a la sección de la cuneta que desagua a ellas. Las arquetas se deben tapar con rejas metálicas.

Los pozos se proyectan para conexión y registro de colectores. Constituyen elementos cilíndricos o de embocadura abocinada, con sección en planta generalmente circular. Suelen ser elementos profundos que requieren tapa practicable y escalones tipo pate para acceso. Los criterios de proyecto de los pozos son los habituales de las redes de saneamiento y drenaje urbano.

Las arquetas y pozos no son elementos exclusivos del drenaje superficial; lo relacionado con su papel como elementos de drenaje subterráneo debe abordarse de conformidad con lo especificado en la normativa sobre el particular.

### 3.4.8 ARENEROS

Son elementos que se intercalan entre otros con el objeto de que se depositen las partículas gruesas que pueda arrastrar el agua. Producen una disminución de velocidad que favorece la sedimentación de partículas, generalmente por incremento de la sección en la que se ubican o por disminución de pendiente (véase figura 3.41).

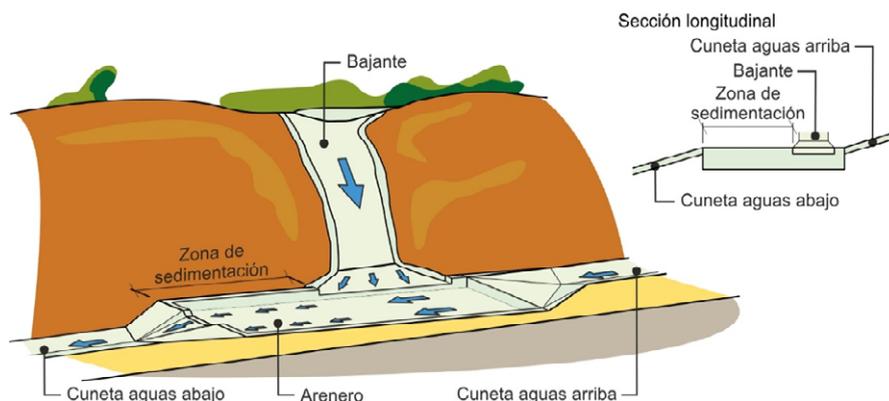


FIGURA 3.41 EJEMPLO DE ARENERO

La disposición de areneros trata de evitar la sedimentación en los elementos de drenaje, que puede producir disminución de su capacidad hidráulica, lo que resulta particularmente importante en elementos de difícil inspección y limpieza.

Si los areneros no fueran accesibles desde la plataforma, se deben proyectar accesos para los equipos de conservación.

### 3.4.9 BALSAS DE RETENCIÓN

Son elementos encargados de la retención de vertidos accidentales que además tienen cierta capacidad de laminación y de captura de sustancias contaminantes arrastradas por el agua de escorrentía. Esta retención permite contener los flotantes e hidrocarburos y posibilita la decantación de los materiales en suspensión.

Su configuración más elemental está constituida por un tubo de entrada, un depósito (o balsa) estanco dotado de pantalla deflectora para separación de flotantes, un vertedero, un desagüe en el fondo equipado con válvula y un tubo de salida (véase figura 3.42). El volumen de retención de la pantalla deflectora debe ser superior a treinta y cinco metros cúbicos ( $V > 35 \text{ m}^3$ ).

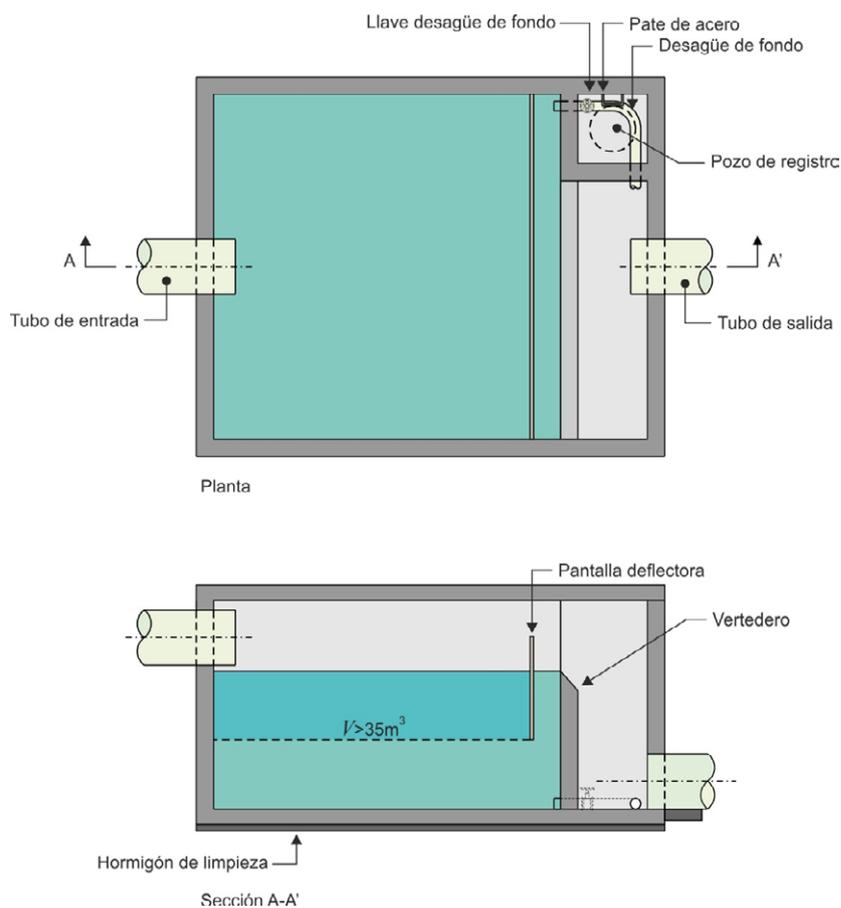


FIGURA 3.42 EJEMPLO DE Balsa de Retención

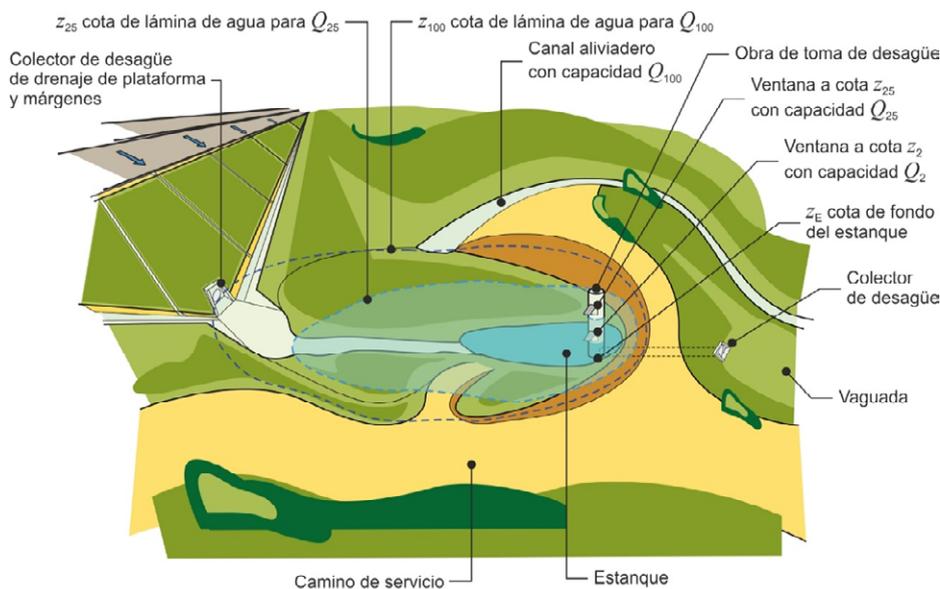
Se deben proyectar accesos para los vehículos de conservación que permitan:

- Después de cada período de lluvia, recoger los flotantes, vaciar y limpiar el depósito.
- En caso de vertido accidental vaciar el depósito, normalmente por aspiración.
- Inspección frecuente y verificación de que el depósito permanece vacío y tiene la llave de fondo cerrada.

#### 3.4.10 ELEMENTOS DE LAMINACIÓN

Son elementos destinados a reducir las puntas de caudal, normalmente por almacenamiento. El volumen necesario se obtiene por combinación de depósitos, balsas, canales o tuberías.

La necesidad de proyectar estos dispositivos se debe justificar expresamente incluyendo un estudio de caudales. Cuando la lámina libre del almacenamiento de agua alcance los espaldones de los rellenos se debe estar a lo especificado en el apartado 4.5. Se deben proyectar accesos para los equipos de conservación (véase figura 3.43).



$Q_T$  = Caudal para el periodo de retorno  $T$

$z_T$  = Cota que se alcanza con la avenida de caudal  $Q_T$  con cota inicial  $z_2$

$z_2$  = Cota que se alcanza con la avenida de caudal  $Q_2$  con cota inicial  $z_E$

FIGURA 3.43 EJEMPLO DE ELEMENTO DE LAMINACIÓN

### 3.4.11 FILTROS Y SISTEMAS DE INFILTRACIÓN

Los filtros y sistemas de infiltración ejercen cierta función de depuración mediante filtrado. En ellos se trata de retener las materias en suspensión por el flujo a través de un medio poroso que puede ser un suelo natural (sistemas de infiltración) o artificial (filtro).

Un filtro es un elemento encargado de producir un flujo lento de agua, a través de un medio poroso (normalmente, arena) en el que se fija parte de la carga contaminante del fluido. A la salida del filtro se produce el vertido de una cantidad de agua prácticamente igual a la entrante (véase figura 3.44).

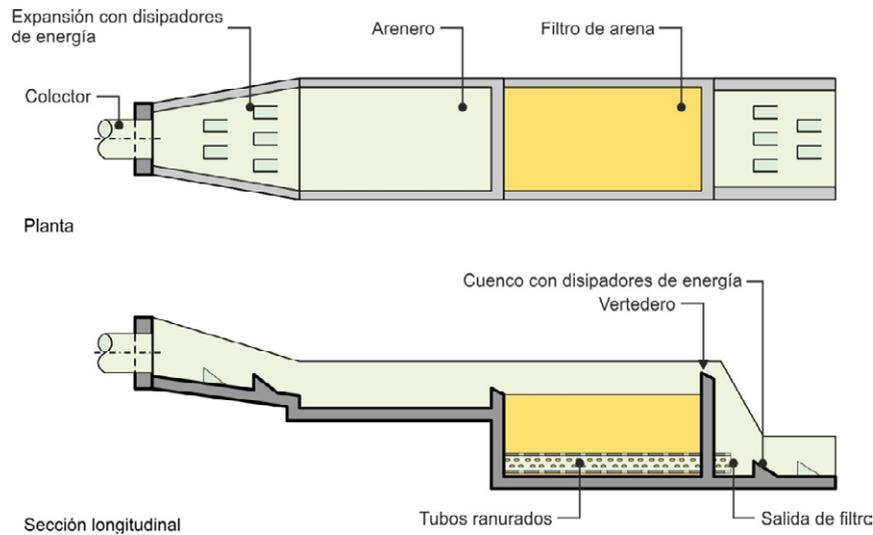


FIGURA 3.44 EJEMPLO DE FILTRO

En un sistema de infiltración el flujo se produce en el terreno natural con infiltración de parte del caudal, por lo que a la salida del sistema el caudal es inferior al de la entrada. Se debe estudiar la circulación subterránea de agua para comprobar que no se produce contaminación de acuíferos.

Los sistemas de infiltración pueden combinarse con vegetación y pueden incluir superficies de recorrido en flujo difuso, cunetas, zanjas de infiltración y otros elementos (véase figura 3.45).

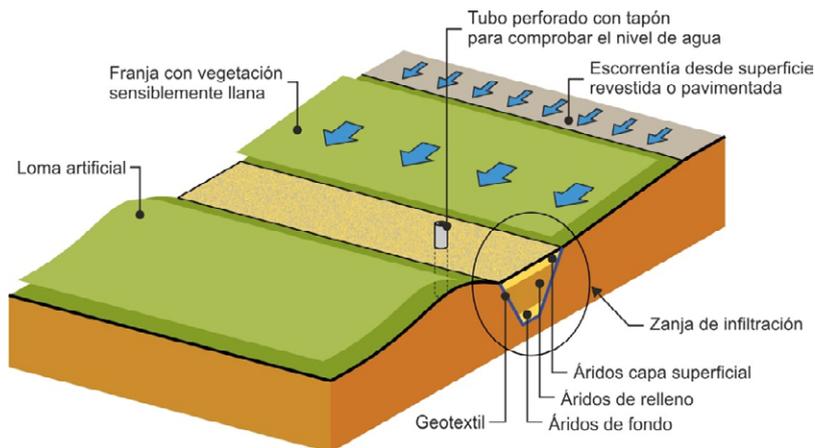


FIGURA 3.45 EJEMPLO DE SISTEMA DE INFILTRACIÓN

### 3.4.12 BOMBEO

Cuando no sea posible desaguar por gravedad, para cumplir la condición de resguardo de la calzada será preciso proyectar un bombeo. Los bombeos se componen de:

- Un pozo o arqueta de bombeo que recoge las aguas que se concentran en el punto bajo, en el que se coloca la aspiración de la bomba.
- Una o varias bombas, normalmente eléctricas de tipo centrífuga sumergible, con capacidad suficiente para el caudal de proyecto.
- Un colector de impulsión hasta el punto de desagüe a la red de drenaje por gravedad.
- Alimentación eléctrica y protecciones según normativa electrotécnica.
- Cuadro con interruptores y mandos manuales (en la instalación y cuando sea posible, con telecontrol desde un centro de explotación) y automáticos incluyendo un sistema de control, de arranque y parada de las bombas, normalmente a partir de niveles de agua en el pozo o arqueta de bombeo.
- Elementos auxiliares para facilitar las operaciones de mantenimiento de la instalación, tales como el cambio de las bombas.

Los elementos de bombeo no son exclusivos del drenaje superficial; lo relacionado con su papel como elementos de drenaje subterráneo debe abordarse de conformidad con lo especificado en la normativa sobre el particular.

### 3.4.13 OTROS ELEMENTOS DE DRENAJE SUPERFICIAL

En ocasiones, puede resultar conveniente la disposición de otros elementos o sistemas de drenaje diferentes de los indicados en los epígrafes precedentes.

En el proyecto se debe justificar la conveniencia y necesidad de su aplicación, efectuar su dimensionamiento y definir cuantos aspectos sean necesarios para permitir la construcción y conservación de dichos elementos o sistemas.

En todo caso en el proyecto se deben analizar los siguientes aspectos:

- Justificación expresa de la necesidad y adecuación del elemento o sistema propuesto al problema planteado.
- Cálculos hidráulicos, mecánicos y cuantos otros pudieran ser necesarios para garantizar el correcto funcionamiento del elemento o sistema.

- Situación, trazado y puntos de conexión, entronque, desagüe y cambio de dirección en su caso.
- Características de permeabilidad o estanqueidad en su caso, tanto de los elementos como de sus puntos de conexión, entronque, desagüe y cambio de dirección.
- Estabilidad y durabilidad de los materiales, elementos o sistemas de drenaje, con especificación de las normas de producto que les sean de aplicación.
- Propiedades mecánicas y características de los materiales, elementos o sistemas en cuestión. Cuando se trate de sistemas constituidos por unión de elementos individuales deberán analizarse las características de los elementos aislados y del conjunto una vez dispuesto en obra.
- Criterios de control y almacenamiento de materiales, elementos y sistemas.
- Necesidad de interposición de elementos de separación y filtro, y definición de estos en su caso.
- Procedimientos de puesta en obra y definición de fases constructivas.
- Donde fuera de aplicación, estabilidad de las obras, tanto de tipo local (de los propios sistemas construidos) como global (formando parte de otros elementos u obras de mayores dimensiones, como por ejemplo taludes en desmonte o rellenos), antes, durante y después de la ejecución de los trabajos en cuestión.
- Descripción de las principales necesidades de conservación, limpieza y mantenimiento.

## **CAPÍTULO 4. DRENAJE TRANSVERSAL**

### **4.1 Introducción**

El objeto del drenaje transversal es restituir la continuidad de la red de drenaje natural del terreno (vaguadas, cauces, etc.) una vez ejecutadas las obras, permitiendo el paso del caudal de proyecto a su través, cumpliendo los requisitos que se especifican en este capítulo. Los caudales de proyecto  $Q_P$  a considerar son los correspondientes a las cuencas principales definidas en el apartado 1.4, con el período de retorno indicado en el epígrafe 1.3.2.

A los efectos de esta norma, las obras empleadas para procurar el drenaje transversal de las carreteras pueden ser: