

# Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera

---

Orden Circular 17 / 2003



MINISTERIO  
DE FOMENTO

SECRETARÍA DE ESTADO  
DE INFRAESTRUCTURAS

DIRECCIÓN GENERAL  
DE CARRETERAS

# **ORDEN CIRCULAR 17/2003: RECOMENDACIONES PARA EL PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DEL DRENAJE SUBTERRÁNEO EN OBRAS DE CARRETERA**

La humedad de las capas del firme y de la explanación en una carretera, es uno de los factores que más influye en su comportamiento estructural. Un aumento de la misma conlleva normalmente una significativa disminución de su capacidad de soporte, y además puede dar lugar a fenómenos físicos y químicos (colapso, expansividad, disolución, etc.) perjudiciales para su comportamiento y para la durabilidad del conjunto de la plataforma.

Además, debe tenerse en cuenta el denominado drenaje de estabilización, relacionado con la propia naturaleza de los terrenos atravesados y su régimen hidrogeológico, en el que debe incidirse especialmente desde las primeras fases de concepción del proyecto.

En relación con la normativa sobre el drenaje de las carreteras, por Orden de 21 de junio de 1965 se aprobó la norma 5.1 IC «Drenaje» de la Instrucción de carreteras, y por Orden de 14 de mayo de 1990 se procedió a una revisión de dicho texto en lo relativo al drenaje superficial de las carreteras, aprobándose la norma 5.2 IC «Drenaje superficial» de la Instrucción de carreteras.

Con fecha reciente se han producido importantes cambios normativos en la Dirección General de Carreteras que afectan tanto a las características básicas de firmes y explanadas, como a la construcción de explanaciones y drenajes. En general los nuevos criterios, más modernos y acordes con las actuales demandas medioambientales, de sostenibilidad y aprovechamiento de recursos naturales, permiten la utilización —bajo determinadas condiciones— de materiales marginales, así como de otros, procedentes de procesos industriales o manipulación humana, cuyo comportamiento depende, en buena parte de los casos, de su humedad.

Todas estas consideraciones, junto con el avance tecnológico, la aparición de nuevos materiales, productos y sistemas constructivos, y la experiencia acumulada, hacen conveniente la sistematización y actualización de los criterios básicos de aplicación al proyecto y construcción del drenaje subterráneo de las carreteras pavimentadas.

En consecuencia se hace necesaria una revisión de dichos criterios, que no puede entenderse sino en íntima conjunción con el drenaje superficial, con el proyecto de medidas tendentes a reducir todo lo posible la infiltración del agua (que se produce, fundamentalmente, a través de las medianas cuando el revestimiento no es el más adecuado, bermas y el resto de superficies sin pavimentar del conjunto de la plataforma), y con el control de las aguas freáticas.

Los artículos 29, 40 y 51 del Reglamento General de Carreteras, aprobado por Real Decreto 1812/1994, de 2 de septiembre, y modificado por los Reales Decretos 1911/1997, de 19 de diciembre, 597/1999, de 16 de abril, y 114/2001, de 9 de febrero, facultan al Ministro de Fomento, a propuesta de la Dirección General de Carreteras, para aprobar las normas e instrucciones a las que deban sujetarse los estudios, los trabajos y obras de construcción y los trabajos y obras de conservación de las carreteras estatales.

No obstante lo anterior, resulta inexcusable el cumplimiento del procedimiento de información en materia de normas y reglamentaciones técnicas establecido en la Directiva 98/34/CEE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio, y en el Real Decreto 1337/1999, de 31 de julio, con sujeción estricta a plazos.

Entretanto, es urgente disponer de un documento puesto al día y adaptado a los problemas específicos de las redes de carreteras, por lo que esta Dirección General ha decidido que, para los proyectos de carreteras, se siga lo indicado en el texto que acompaña a esta Orden Circular.

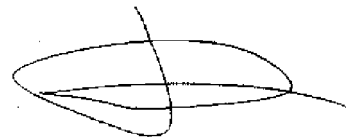
---

Teniendo en cuenta todo lo anterior, la Dirección General de Carreteras ha dispuesto lo siguiente:

1. Aprobar el documento «Recomendaciones para el proyecto y construcción del drenaje subterráneo en obras de carretera» que figura como anejo a esta Orden Circular.
2. Definir como ámbito de aplicación de esta Orden Circular y del anejo que la acompaña, los siguientes tipos de proyectos, obras y actuaciones en general:
  - Proyectos de carreteras de nueva construcción, de acondicionamiento, de rehabilitación o de reconstrucción total de las existentes cuya Orden de Estudio se autorice, o el proyecto se encuentre en fase de redacción, con posterioridad a la fecha de entrada en vigor de esta Orden Circular.
  - En el caso de obras en fase de licitación o adjudicadas, se elevará consulta a la Subdirección General de Construcción o a la de Conservación y Explotación de esta Dirección General, según corresponda, acerca de la conveniencia de proceder a modificar el contrato para adecuarlo a lo previsto en esta Orden Circular.
3. Esta Orden Circular entrará en vigor el día treinta de enero de dos mil cuatro.

Madrid, 23 de diciembre de 2003

EL DIRECTOR GENERAL DE CARRETERAS,



FDO.: ANTONIO J. ALONSO BURGOS

**ANEJO de la ORDEN CIRCULAR  
17/2003**

**Recomendaciones para el proyecto  
y construcción del drenaje subterráneo  
en obras de carretera**



Este documento ha sido redactado por el Servicio de Geotecnia de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, a través de sus funcionarios, ingenieros de caminos, canales y puertos, D. Álvaro Parrilla Alcaide, D. Ángel Juanco García y Dña. Mercedes L. Gómez Álvarez

También se ha contado con los inestimables comentarios de las Subdirecciones Generales de Proyectos y de Construcción, así como con los de los siguientes ingenieros de caminos, canales y puertos, funcionarios de la Dirección General de Carreteras:

D. Fernando Pedraza Majarrez, Demarcación de Carreteras del Estado en Extremadura

Dña. María Dolores Cancela Rey, Servicio de Tecnología de Carreteras

D. Adolfo Güell Cancela, Demarcación de Carreteras del Estado en Galicia

D. Francisco Javier Payán de Tejada González, Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla y León Occidental

D. Luis Garijo Alonso, Servicio de Tecnología de Carreteras

así como con los del profesor de universidad D. Luis Sopena Mañas.



<b>1. Consideraciones generales</b> .....	11
1.1. Objeto y ámbito de aplicación .....	11
1.2. Principios generales del drenaje subterráneo de las carreteras .....	11
1.3. Contenido de este documento .....	12
1.3.1. Consideración de las aguas subterráneas .....	12
1.3.2. Consideración de la infiltración .....	12
1.3.3. Drenaje subterráneo de la sección transversal .....	12
1.3.4. Otros aspectos .....	12
<b>2. Criterios de proyecto</b> .....	13
2.1. Drenaje de las capas del firme y de la plataforma .....	13
2.1.1. Infiltración .....	13
2.1.2. Evacuación de las aguas infiltradas .....	17
2.2. Drenaje de las explanaciones .....	26
2.2.1. Proximidad del nivel freático .....	29
2.2.2. Drenaje de estabilización .....	29
2.3. Cálculo hidráulico de tuberías drenantes .....	30
2.3.1. Estimación de caudales .....	30
2.3.2. Elección de las tuberías drenantes .....	33
2.4. Drenaje subterráneo en elementos singulares .....	33
2.4.1. Canalizaciones para servicios .....	33
2.4.2. Lechos de frenado .....	34
2.5. Consideración de la helada .....	34
2.5.1. Zonas donde debe tenerse en cuenta el efecto de las heladas .....	35
2.5.2. Profundidad de los suelos afectados por la helada. Materiales susceptibles al hielo ..	39
2.5.3. Disposiciones específicas de drenaje subterráneo .....	39
<b>3. Elementos de drenaje subterráneo</b> .....	41
3.1. Zanjas drenantes .....	41
3.1.1. Ubicación .....	41
3.1.2. Prescripciones específicas sobre la zanja drenante .....	42
3.1.3. Desagüe de la zanja drenante .....	42
3.2. Pantallas drenantes .....	43
3.3. Filtros y materiales drenantes .....	44
3.4. Tubería drenante .....	44
3.5. Colectores .....	45
3.6. Arquetas y pozos de registro .....	45
3.7. Láminas impermeables .....	46
3.8. Mantos drenantes .....	47
3.9. Drenes en espina de pez .....	47
3.10. Tacones drenantes .....	48
3.11. Drenes de interceptación .....	49
3.11.1. En cimiento de rellenos .....	49
3.11.2. Drenes longitudinales de interceptación .....	51
3.12. Contrafuertes drenantes .....	51
3.12.1. Aspectos relativos a la función de refuerzo .....	51
3.12.2. Aspectos relativos a la función drenante .....	52
3.13. Drenes californianos .....	53
3.13.1. Ubicación .....	53
3.13.2. Perforación .....	53



---

3.13.3. Tubos .....	54
3.13.4. Aguas captadas .....	54
3.14. Pozos .....	55
3.14.1. Revestimiento .....	55
3.14.2. Desagüe .....	55
3.15. Galerías de drenaje .....	56
3.16. Trabajos geotécnicos específicos .....	56
3.17. Otros elementos o sistemas de drenaje subterráneo .....	57
<b>4. Construcción y conservación .....</b>	<b>59</b>
4.1. Construcción .....	59
4.2. Conservación .....	60
4.2.1. Auscultación .....	60
<b>Apéndice 1. Definiciones .....</b>	<b>61</b>
<b>Apéndice 2. Detalles de drenaje subterráneo para el proyecto de secciones transversales tipo .....</b>	<b>63</b>
<b>Apéndice 3. Variantes a los detalles de drenaje subterráneo, caso E con capa inferior de baja permeabilidad .....</b>	<b>99</b>
<b>Apéndice 4. Variantes con pantalla drenante de los detalles ED01-ED02, ED11-ED12, FD01-FD02, FD11-FD12 y ED01-ED02, ED11-ED12 con capa inferior de baja permeabilidad .....</b>	<b>111</b>

## 1.1. OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

El objeto de este documento es establecer criterios para el proyecto, construcción y determinados aspectos de conservación, de los elementos de drenaje subterráneo de carreteras pavimentadas, entendiendo como tales, aquellas que disponen de un firme de los especificados en la norma 6.1 IC Secciones de firme (Orden FOM/3460/2003 de 28 de noviembre).

Resulta de aplicación a los proyectos de carreteras de nueva construcción y de acondicionamiento o reconstrucción de las existentes, estando excluidos del contenido de la misma el drenaje de los túneles, el de las estructuras y los trabajos geotécnicos específicos indicados en el apartado 3.16 de estas recomendaciones.

## 1.2. PRINCIPIOS GENERALES DEL DRENAJE SUBTERRÁNEO DE LAS CARRETERAS

El incremento de la humedad en los materiales que constituyen las capas del firme y las explanaciones de la carretera, lleva generalmente asociado una disminución de su capacidad de soporte y puede dar lugar a fenómenos físico-químicos que modifiquen su estructura y comportamiento de modo perjudicial, tales como erosión, meteorización, disolución, expansión, colapso, etc.

Este aspecto resulta de gran importancia al ser utilizables en determinadas circunstancias los denominados materiales marginales, así como otros procedentes de procesos industriales o manipulación humana.

Para tratar de evitar estos problemas, se proyectarán elementos o sistemas específicos de drenaje subterráneo, partiendo de los siguientes criterios básicos:

- Los principios del drenaje de las capas del firme y, en su conjunto, de los elementos que conforman la plataforma de la carretera, en los que se fundamenta este documento, son:
  - Se debe tratar de evitar la penetración de agua superficial por infiltración a través de calzada, arcenes, bermas, medianas y elementos singulares en su caso, para impedir que aumente la humedad de las capas del firme, especialmente de las no tratadas o estabilizadas con conglomerantes, y de la explanada. No obstante lo anterior, a los efectos de este documento, se entiende que las cuestiones referentes a la calzada y los arcenes, deben resolverse con la correcta aplicación de las normas 6.1 IC Secciones de firme y 6.3 IC Rehabilitación de firmes.
  - Teniendo en cuenta las actuales tipologías de firmes y pavimentos, así como las secciones transversales más habituales, es preceptivo el tratamiento correcto de medianas, bermas y eventuales arcenes sin pavimentar, al objeto de impedir, o al menos disminuir todo lo posible, la infiltración de agua por ellos.
  - Debe facilitarse la evacuación del agua que, por cualquier circunstancia, se hubiera podido infiltrar.

- 
- Los principios del drenaje de las explanaciones en los que se basa este documento, son:
    - Las explanaciones deben estar protegidas de eventuales aportes de aguas subterráneas.
    - La explanada debe estar a la mayor distancia posible del nivel freático. El valor mínimo para dicha distancia, se fija en las normas 6.1 IC Secciones de firme y 6.3 IC Rehabilitación de firmes.

## **1.3. CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO**

### **1.3.1. CONSIDERACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**

Las aguas subterráneas se encuentran en la naturaleza con carácter previo a la construcción de la carretera y deben detectarse en las primeras etapas de la fase de proyecto.

En el apartado 2.2 se formulan criterios generales para el proyecto del drenaje subterráneo de las explanaciones si bien, dada la amplia casuística que puede presentarse, cada situación concreta requiere un análisis particularizado. Su resolución implicará la correcta aplicación de los elementos de drenaje subterráneo especificados en el capítulo 3, donde se indican prescripciones básicas sobre los de más frecuente utilización.

### **1.3.2. CONSIDERACIÓN DE LA INFILTRACIÓN**

El pavimento de las carreteras para las que resulta de aplicación este documento se debe considerar como esencialmente impermeable. No obstante debe efectuarse un tratamiento correcto de medianas, bermas y eventuales arcenes sin pavimentar para impedir o al menos disminuir todo lo posible, la infiltración de agua superficial a través de los mismos. En el apartado 2.1.1 se dan prescripciones a este respecto.

### **1.3.3. DRENAJE SUBTERRÁNEO DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL**

En cualquier caso, la carretera se debe proyectar de forma que no se produzcan zonas de acumulación de aguas subterráneas o de infiltración.

En el apartado 2.1.2 se expone el método que se deberá seguir para establecer el recorrido de las aguas infiltradas. La aplicación de este método a medianas, bordes de rellenos o desmontes, junto con la consideración de otros factores, permite el establecimiento de detalles de drenaje para el proyecto de secciones transversales tipo, que se incluyen en los apéndices 2 a 4, y que son aplicables a la mayor parte de los casos que se presentan.

### **1.3.4. OTROS ASPECTOS**

En el apartado 2.4 se dan prescripciones sobre el drenaje de elementos singulares ajenos al drenaje profundo de la carretera, pero que pueden ejercer gran influencia en el mismo.

En el apartado 2.5 se formulan prescripciones de aplicación en las zonas geográficas que se indican, donde se debe tener en cuenta el efecto de las heladas.

Por último, en el capítulo 4 se incluyen fundamentalmente cuestiones básicas relativas a aspectos de construcción y conservación que deben considerarse en el proyecto del drenaje subterráneo de una carretera.

El proyecto deberá evaluar expresamente en los anejos correspondientes, la necesidad de introducción de elementos específicos de drenaje subterráneo, de acuerdo con los principios enunciados en este documento, en función, al menos, de los siguientes factores:

- **Climáticos:** pluviometría, régimen de heladas, etc.
- **Terreno natural:** condiciones hidrogeológicas, coeficientes de permeabilidad, susceptibilidad frente al agua, etc.
- **Geometría de la carretera:** pendientes longitudinales y transversales, transiciones desmonte-terraplén, etc.
- **Sección transversal:** sección de firme de calzada y arcenes, materiales para la constitución de medianas y bermas, tipo de explanada, materiales constitutivos de los rellenos, etc.

A continuación se indican los criterios básicos que deben seguirse en el proyecto del drenaje subterráneo de una carretera.

## 2.1. DRENAJE DE LAS CAPAS DEL FIRME Y DE LA PLATAFORMA

### 2.1.1. INFILTRACIÓN

La infiltración puede producirse principalmente de los siguientes modos:

- Infiltración vertical, en la que predomina la componente vertical del flujo de agua.
- Infiltración horizontal, en la que predomina la componente horizontal del flujo de agua.

#### 2.1.1.1. Infiltración vertical

##### *Infiltración a través del pavimento de la calzada y arcenes*

En las carreteras para las que resulta de aplicación este documento (véase apartado 1.1), debe considerarse que el pavimento, en calzada y arcenes, es esencialmente impermeable.

De este modo, las aguas de lluvia que caigan sobre el pavimento, escurrirán según la línea de máxima pendiente en cada punto. Su evacuación quedará garantizada cuando se cumplan las prescripciones sobre pendiente longitudinal y transversal, establecidas en las normas 3.1 IC Trazado y 5.2 IC Drenaje superficial, o aquellas que las sustituyan.

No obstante, en caso de que en carreteras en servicio con pavimento bituminoso existieran juntas abiertas, desnivelaciones del perfil longitudinal o transversal, fisuras, grietas, u otro tipo de discontinuidades en la superficie pavimentada, éstas se llenarían de agua, produciéndose en general, la infiltración del agua retenida. En estos supuestos los actuales criterios sobre conser-

vación preventiva, además de los incluidos como técnicas de rehabilitación superficial o estructural en la norma 6.3 IC Rehabilitación de firmes, correctamente interpretados y llevados a la práctica, deben ser suficientes para el restablecimiento de las condiciones de impermeabilidad superficial necesarias.

En pavimentos de hormigón, lo referente a la necesidad de sellado de las juntas en calzadas y arcenes se abordará de conformidad con lo especificado en las normas 6.1 IC Secciones de firme y 6.3 IC Rehabilitación de firmes. Adicionalmente a lo establecido en dichas normas, deberán sellarse las juntas transversales en zonas poco lluviosas (zonas pluviométricas 5 a 7 de la figura 2.2) en los siguientes casos:

- Cuando se encuentren sobre rellenos o fondos de desmante, constituidos por suelos tolerables con un contenido de yesos, según NLT 115, mayor del dos por ciento (2%), suelos marginales o inadecuados, o rocas que no puedan considerarse estables frente al agua, según se especifica en los artículos 330, 331 y 333 del PG-3.
- Cuando haya una transición de desmante a relleno, en sentido descendente de la pendiente longitudinal, se sellarán las juntas situadas en el tramo comprendido desde cincuenta metros (50 m) aguas arriba de la transición hasta veinte metros (20 m) aguas abajo de la misma (véase figura 2.1).

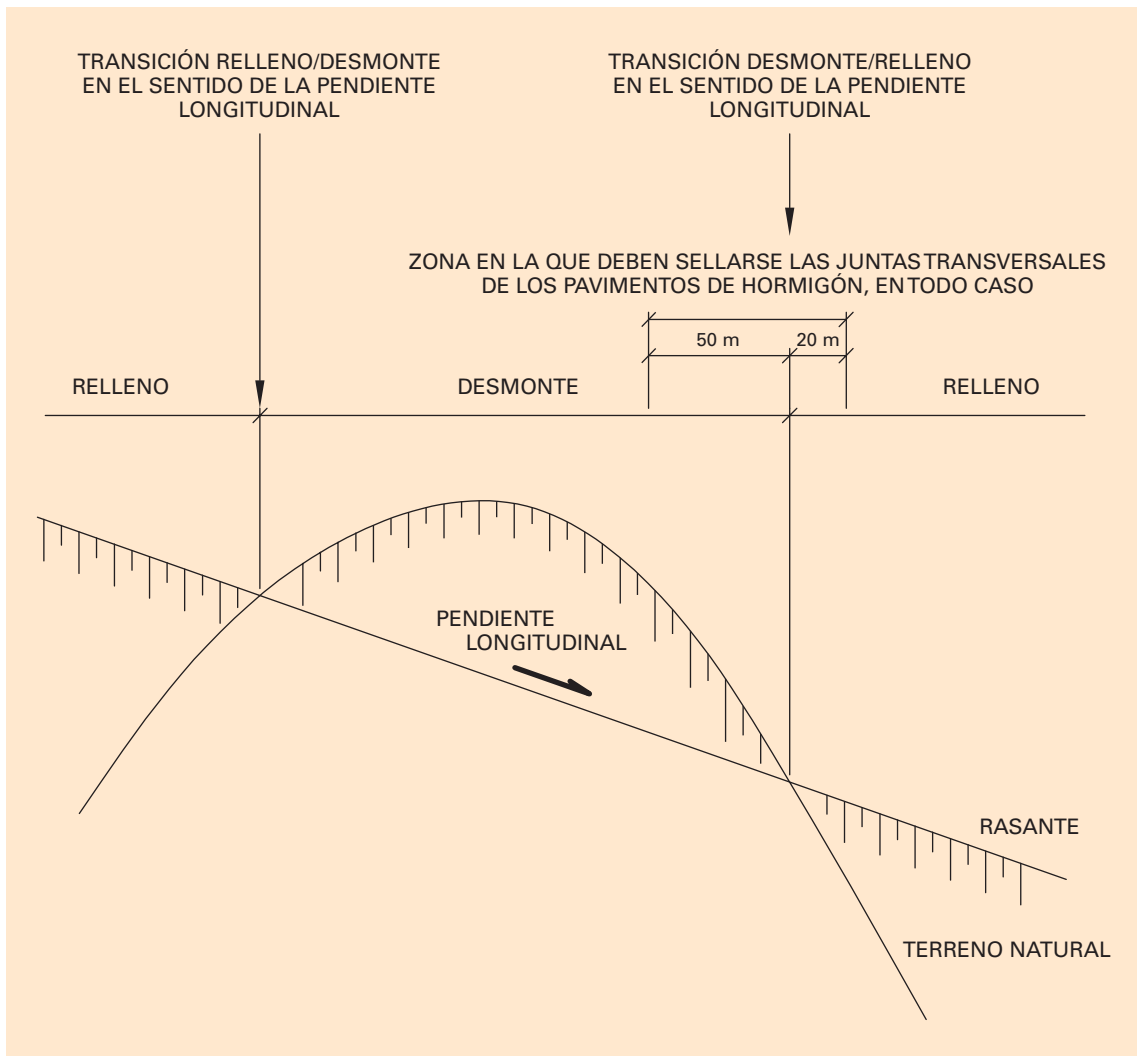


FIGURA 2.1. SELLADO DE JUNTAS TRANSVERSALES EN PAVIMENTOS DE HORMIGÓN EN TRANSICIONES DESMONTE-RELLENO

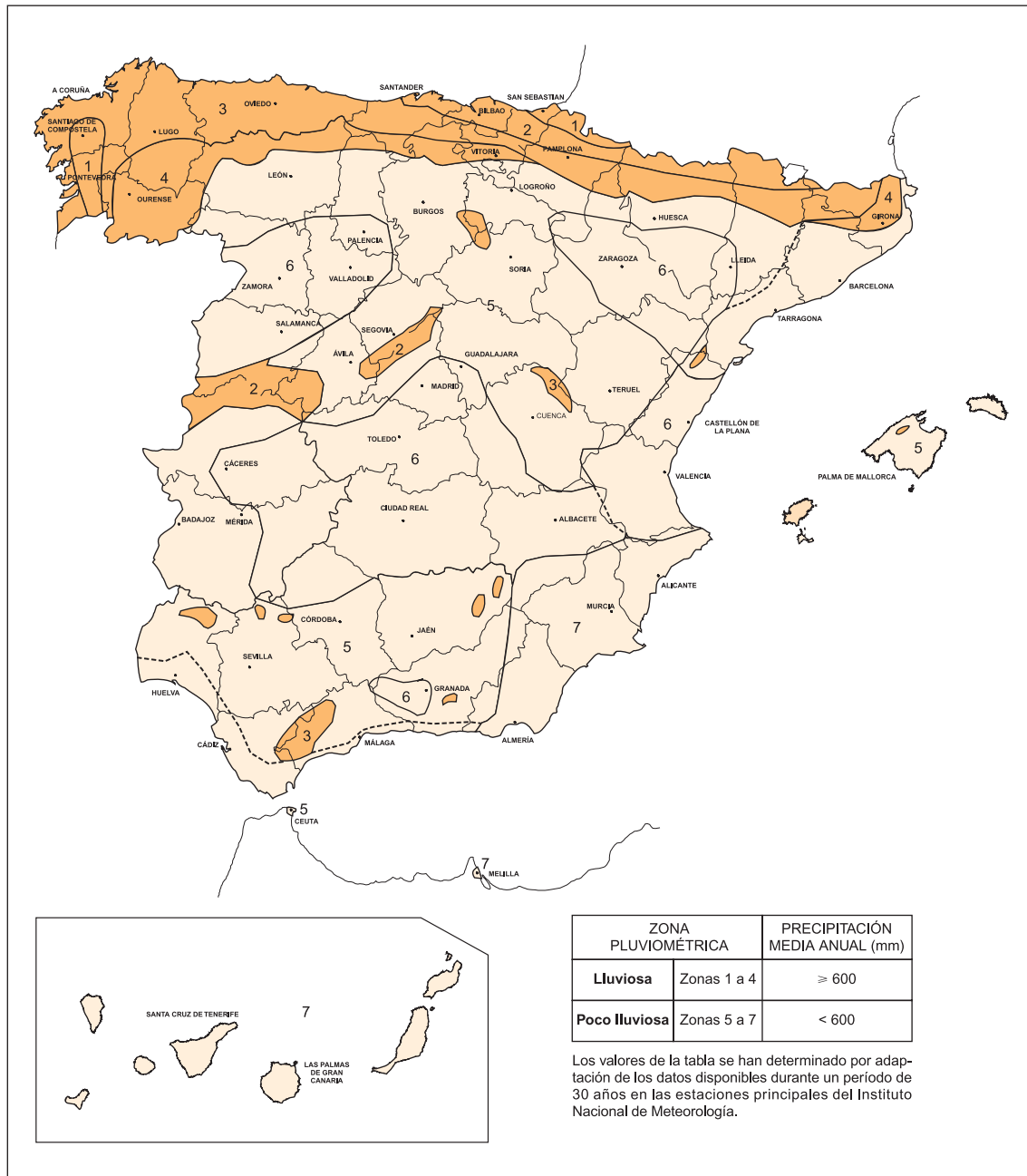


FIGURA 2.2. ZONAS PLUVIOMÉTRICAS

***Infiltración a través de arcenes no pavimentados, bermas y otras superficies comprendidas entre la plataforma y los taludes de las explanaciones***

En caso de arcenes no pavimentados y siempre de acuerdo con lo establecido en la norma 6.1 IC Secciones de firme, el proyecto determinará su comportamiento frente a la infiltración, definirá las características de los materiales a emplear y la adopción, en su caso, de medidas adecuadas para tratar de proteger la zona bajo calzada de eventuales aportes de agua provenientes del arcén.

Las bermas sin revestir y las demás superficies comprendidas entre la plataforma y los taludes de las explanaciones —cuando existieran—, que completan la sección transversal de la carretera, pueden constituir una vía de infiltración, especialmente en el borde alto de secciones peraltadas, puntos bajos del perfil longitudinal, transiciones de peralte, etc.

---

Por ello, al objeto de procurar su impermeabilización, cuando las bermas y demás superficies, se formen mediante rellenos de materiales diferentes de los del firme, estarán constituidas en su parte más superficial, en un espesor igual o superior a veinte centímetros (20 cm), por suelos cuyo cernido, o material que pasa por el tamiz 0,080 UNE, sea superior al veinticinco por ciento en peso (# 0,080 > 25%), bien de tipo tolerable —con un contenido de sales solubles, incluido el yeso, inferior a dos décimas porcentuales (0,2%)—, adecuado o seleccionado. En lo sucesivo, y a los efectos de aplicación de este documento, este tipo de relleno se denominará **relleno para impermeabilización de bermas**.

Cuando por las características geométricas de la sección no sea posible disponer el espesor mínimo indicado de relleno para impermeabilización de bermas, el proyecto estudiará la conveniencia de revestir la berma o de adoptar otras medidas con el fin de impedir la infiltración de agua.

En general la parte inferior de la sección de la berma deberá permitir la evacuación de las aguas infiltradas, disponiendo pendientes y materiales de características específicas, según se indica en el apartado 2.1.2.2 de este texto.

En los detalles de drenaje que constituyen los apéndices 2 a 4 de estas recomendaciones, se indican los materiales que se deben emplear en las distintas zonas que componen la berma. Respecto a la posible extensión de tierra vegetal, deberá estarse asimismo a lo especificado en dichos detalles de drenaje.

La puesta en obra de los materiales de las bermas se definirá conforme a lo especificado en el apartado 330.4 del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3), para los espaldones de los rellenos de tipo terraplén.

Cuando los detalles de los apéndices 2 a 4 no fueran de aplicación, de acuerdo con lo indicado en el apartado 2.1.2.5, el proyecto deberá estudiar y definir las secciones tipo para la construcción de las bermas, respetando las hipótesis y criterios de infiltración y evacuación de las aguas que, en términos generales, se establecen en este documento.

En las zonas pluviométricas 1 a 4 de la figura 2.2 y excepcionalmente en el resto de zonas, cuando la cuneta esté revestida, el proyecto estudiará la conveniencia de revestir las bermas entre cuneta y pavimento, en función de su anchura.

### ***Infiltración a través de la mediana***

En carreteras de calzadas separadas, las zonas de mediana sin revestir pueden constituir la vía de infiltración más importante a las capas del firme y la explanada, por lo que su diseño en lo referente al objeto de este documento, resulta de gran importancia para el adecuado comportamiento de la carretera.

Respecto a las características de los suelos y sus requisitos de puesta en obra para la formación de medianas, se estará, salvo justificación expresa en contra del proyecto, a lo especificado en el epígrafe anterior para las bermas. Además de dichos materiales se podrán emplear, en su parte más superficial, suelos que no cumplan las condiciones como relleno de impermeabilización de bermas únicamente por superar el límite de contenido de materia orgánica, siempre que este sea inferior al cinco por ciento (5%).

Si la cuneta de mediana no estuviera revestida y la pendiente longitudinal de la misma fuese pequeña, podrían producirse zonas de acumulación e infiltración de agua. Para evitarlo, en la fase de proyecto se analizará la necesidad de revestimiento de la cuneta, según los criterios especificados en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya.

Si la pendiente longitudinal de la cuneta revestida fuera inferior a cinco décimas porcentuales (0,5%) y no existiese algún sistema de drenaje subterráneo bajo la misma, se prescribirá el sellado de sus juntas o la disposición bajo ella de una lámina impermeable, salvo justificación en contra del proyecto.

### 2.1.1.2. Infiltración horizontal

En determinadas circunstancias, tras episodios de lluvia, se pueden producir migraciones laterales de agua infiltrada verticalmente, desde márgenes no revestidos hacia zonas de la carretera pavimentadas o revestidas. Ello puede suponer un aumento de humedad bajo el pavimento, perjudicial para su comportamiento estructural.

El proyecto deberá contemplar la posibilidad de que se produzca este fenómeno en zonas llanas, según se definen en la norma 3.1 IC Trazado, donde la diferencia de cotas entre la explanada y el terreno natural sea inferior a un metro (1 m), excepto cuando se produzca alguna de las siguientes circunstancias:

- La distancia, medida en planta, entre el borde de la calzada y el límite de la zona revestida, sea igual o superior a dos metros (2 m).
- La carretera se encuentre en la zona pluviométrica 7 de la figura 2.2.
- El sustrato esté constituido por roca, o bien por suelos cuyo cernido por el tamiz 0,080 UNE sea inferior al diez por ciento ( $\# 0,080 < 10\%$ ).

Cuando, de acuerdo con los criterios expuestos, sea previsible la infiltración horizontal, el proyecto estudiará la conveniencia de efectuar un revestimiento adicional, interponer pantallas o elementos drenantes junto a la calzada (véase apartado 2.1.2.4), o adoptar otras medidas convenientemente justificadas.

### 2.1.2. EVACUACIÓN DE LAS AGUAS INFILTRADAS

Las aguas infiltradas presentarán circulación vertical hasta que lleguen a una capa de baja permeabilidad sobre la que se pueda suponer flujo subhorizontal. Si todas las capas atravesadas fueran suficientemente permeables, el flujo vertical continuaría, atravesando la explanada, hasta encontrar un material más impermeable en profundidad.

Cuando se hubieran infiltrado aguas bajo zonas pavimentadas, éstas podrían aumentar el contenido de humedad de las capas del firme o de la explanada.

Para evacuar las aguas infiltradas se deberá garantizar el drenaje:

- Vertical hacia capas inferiores.
- Subhorizontal, hacia los espaldones (en rellenos) o por vertido directo a cuneta (en medianas y secciones en desmonte), en determinadas circunstancias.
- Subhorizontal hacia los drenes proyectados, en su caso.

Con este planteamiento básico se establecen en 2.1.2.1, diferentes casos de recorrido de las aguas infiltradas, dependiendo de la capa por la que predominantemente circulen. Se determinará que caso corresponde a cada circunstancia concreta siguiendo un diagrama de flujo basado en el contraste de permeabilidades entre capas.

En los casos en que se produzca circulación subhorizontal, se proyectarán medidas que favorezcan el flujo lateral de salida, según se especifica en 2.1.2.2.

En los apartados 2.1.2.3 y 2.1.2.4, se relacionan los principales tipos de drenes y sus ubicaciones más habituales.

Las clasificaciones efectuadas anteriormente, permiten la definición, en el apartado 2.1.2.5, de una serie de detalles tipo de drenaje transversal de aplicación general a secciones transversales en desmonte o relleno y a medianas, que se enumeran en la tabla 2.1, y que constituyen, bien directamente o bien con variantes, los apéndices 2 a 4 de estas recomendaciones.



### 2.1.2.1. Recorrido de las aguas infiltradas

En el proyecto se deberán estudiar, para cada una de las secciones transversales tipo de la carretera, los posibles recorridos de las aguas infiltradas tanto vertical (fundamentalmente a partir de las vías de entrada especificadas en el apartado 2.1.1.1), como horizontalmente en su caso (véase apartado 2.1.1.2).

#### Definición de los casos F, E, S

A los efectos del análisis del recorrido de las aguas infiltradas, deberá suponerse uno de los tres casos siguientes (véase figura 2.3), que se denominan por la inicial del nombre de la capa o conjunto de capas por la que discurren principalmente estas aguas.

- F: Explanada de baja permeabilidad:** el agua infiltrada circula subhorizontalmente —según la línea de máxima pendiente— tanto por el firme (F), a través de las interfaces entre sus capas, como fundamentalmente por la superficie de contacto entre éste y la explanada.
- E: Explanada permeable y suelo de la explanación (desmontes) o de la obra de tierra subyacente (rellenos) de baja permeabilidad:** el agua infiltrada circula subhorizontalmente —según la línea de máxima pendiente— por la explanada (E), fundamentalmente por la superficie de contacto con el suelo de la explanación u obra de tierra subyacente.

Este caso presenta una variante (caso E con capa inferior de baja permeabilidad) cuando la explanada está constituida por dos capas de materiales diferentes, y la inferior es de baja permeabilidad. En dichas circunstancias, el agua infiltrada circula subhorizon-

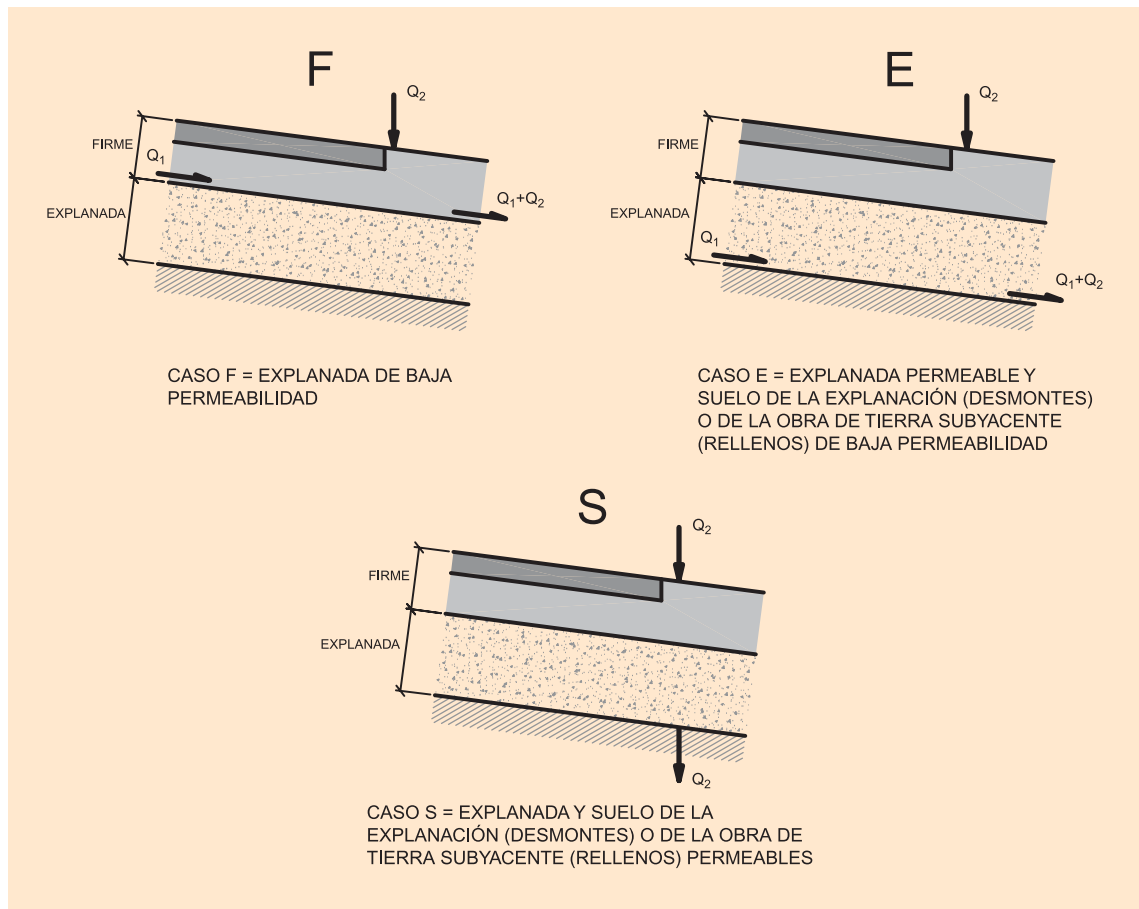


FIGURA 2.3. RECORRIDO DE LAS AGUAS INFILTRADAS. CASOS F, E, S

talmente —según la línea de máxima pendiente— fundamentalmente por la superficie de contacto entre ambas capas.

- S: Explanada permeable y suelo (S) de la explanación (desmontes) o de la obra de tierra subyacente (rellenos) permeable:** el agua infiltrada circula verticalmente, atravesando la explanada y suelos subyacentes hasta que encuentre algún material más impermeable.

### ***Criterios para la determinación del caso de aplicación F, E, S***

Para la selección del caso de aplicación, se deberá seguir el diagrama de flujo que constituye la figura 2.4.

La sistemática expuesta en forma de diagrama en la figura 2.4, puede describirse como sigue:

- Si la capa superior de la explanada estuviera constituida por materiales estabilizados con cal o cemento, según se definen en la norma 6.1 IC Secciones de firme y en el artículo 512 del PG-3, se considerará el caso F.
- Si no fuera así, se distinguirá si la capa inferior del firme (situada inmediatamente sobre la explanada) es zahorra artificial (ZA), o no.
  - Si la capa inferior del firme fuera zahorra artificial (ZA) y la capa superior de la explanada no cumpliera ninguna de las siguientes condiciones, se considerará el caso F:
    - Cernido por el tamiz 0,080 UNE menor que el doce por ciento ( $\# 0,080 < 12\%$ ), e índice de plasticidad inferior a veinte ( $IP < 20$ ).
    - Cernido por el tamiz 0,080 UNE menor que el cinco por ciento ( $\# 0,080 < 5\%$ ).

Si la explanada estuviera formada por una capa superior que cumpliera alguna de las dos condiciones anteriores, y por una capa inferior constituida por un material distinto que no cumpliera ninguna, se considerará el caso E con circulación de las aguas por la capa superior de la explanada, (caso E con capa inferior de baja permeabilidad).

Si, por el contrario, la explanada estuviera constituida en todo su espesor por materiales que cumplieran alguna de las dos condiciones enunciadas, se deberán analizar las características del suelo de la explanación (desmontes) o de la obra de tierra subyacente (rellenos).

- Si la capa inferior del firme no fuera zahorra artificial, y la capa superior de la explanada cumpliera alguna de las tres condiciones que se citan a continuación, se considerará el caso F:
  - Simultáneamente, el cernido por el tamiz 0,080 UNE es mayor que el veinte por ciento ( $\# 0,080 > 20\%$ ), y el cernido por el tamiz 2 UNE es mayor que el cuarenta por ciento ( $\# 2 > 40\%$ ).
  - Simultáneamente, el cernido por el tamiz 0,080 UNE es mayor que el doce por ciento ( $\# 0,080 > 12\%$ ), el cernido por el tamiz 2 UNE es mayor que el cuarenta por ciento ( $\# 2 > 40\%$ ), y el índice de plasticidad es superior a 7 ( $IP > 7$ ).
  - El coeficiente de permeabilidad determinado según ISO/DIS 17313, es menor que diez elevado a menos seis metros por segundo ( $k < 10^{-6}$  m/s).

Si la capa superior de la explanada no cumpliera ninguna de las tres condiciones anteriores, y la capa inferior de la explanada estuviera constituida por un material distinto, que cumpla alguna de ellas, se considerará el caso E con circulación de las aguas por la capa superior de la explanada (caso E con capa inferior de baja permeabilidad).

Si, por el contrario, la explanada estuviera constituida en todo su espesor por materiales que no cumplan ninguna de las condiciones enunciadas, se deben analizar las características del suelo de la explanación (desmontes) o de la obra de tierra subyacente (rellenos).

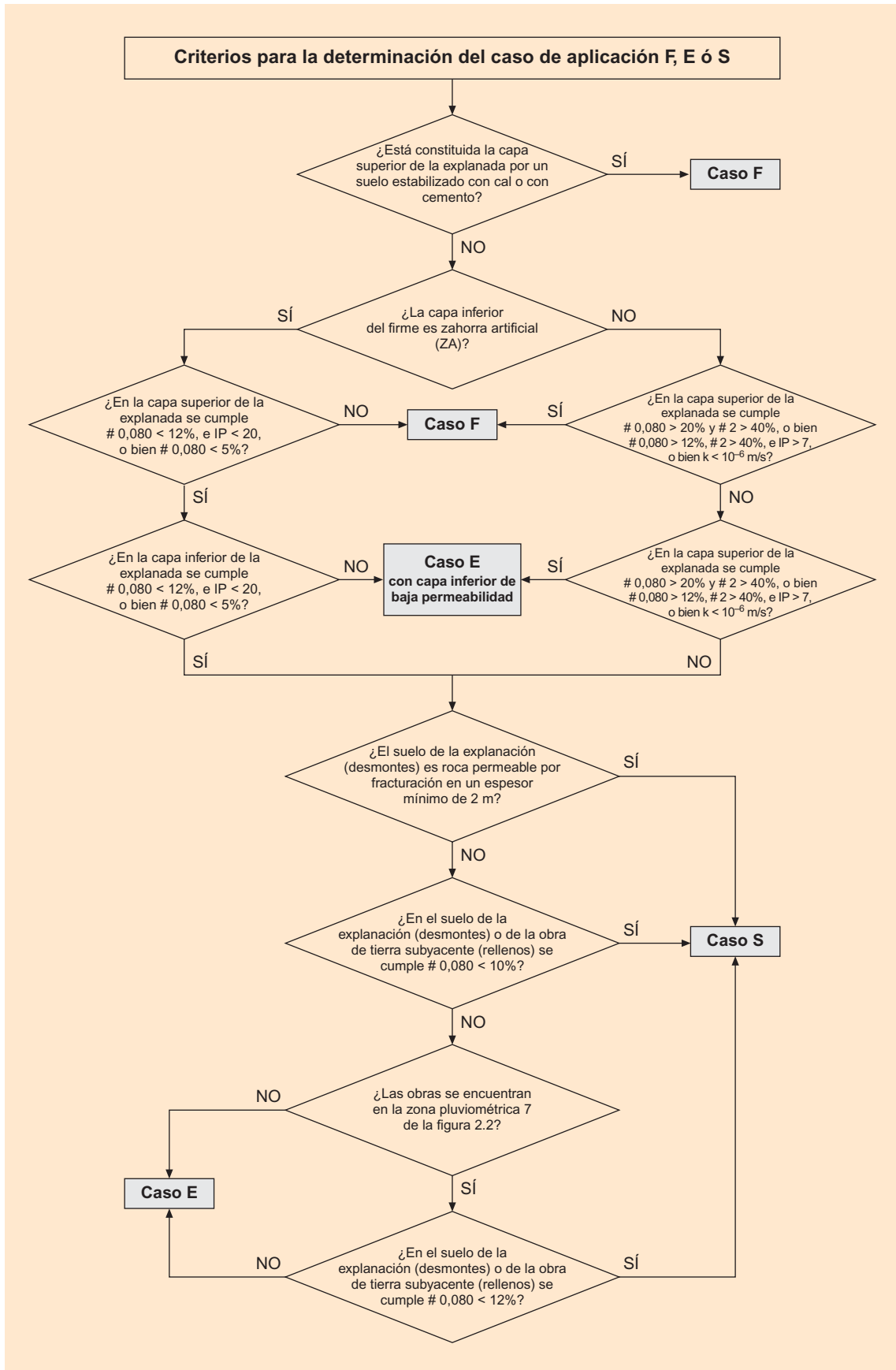


FIGURA 2.4. DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CASO DE RECORRIDO DE LAS AGUAS INFILTRADAS F, E, S

- En caso de que efectuadas las comprobaciones anteriores, no haya resultado de aplicación el caso F, o el caso E con capa inferior de baja permeabilidad, si el suelo de la explanación (desmontes) o de la obra de tierra subyacente (rellenos) cumpliera alguna de las siguientes condiciones, se considerará el caso S:
  - Estar constituido por suelos cuyo cernido por el tamiz 0,080 UNE sea menor que el diez por ciento ( $\# 0,080 < 10\%$ ).
  - Estar constituido por suelos cuyo cernido por el tamiz 0,080 UNE sea menor que el doce por ciento ( $\# 0,080 < 12\%$ ), y encontrarse en la zona pluviométrica 7 de la figura 2.2.
  - El suelo de la explanación (desmontes) está constituido por roca que se puede considerar permeable por fracturación —se requiere justificación expresa del proyecto— en un espesor mínimo de dos metros (2 m).

Si no se cumple ninguna de las tres condiciones anteriores, se considerará el caso E.

### **Comprobación del recorrido de las aguas infiltradas**

Una vez determinado el caso de aplicación de entre los propuestos, deberá efectuarse el análisis del recorrido de las aguas infiltradas comprobando que no se producen acumulaciones o retenciones de agua, y que se obtiene, partiendo del punto más alto de cada sección transversal, alguno de los siguientes tipos de flujo:

- Vertical hacia el suelo de la explanación (desmontes) u obra de tierra subyacente (rellenos) permeable.
- Lateral de tipo subhorizontal, hacia los espaldones (en rellenos), o vertido directo a cuneta (en medianas y secciones en desmonte), en determinadas circunstancias.
- Lateral de tipo subhorizontal, hacia los drenes proyectados en su caso. En las inmediaciones del dren, la componente vertical de este flujo puede incrementarse.

El recorrido de las aguas infiltradas, determinado según los criterios recién enunciados, no podrá discurrir por suelos tolerables con un contenido de yesos, según NLT 115, mayor del dos por ciento (2%), suelos marginales o inadecuados, o rocas que no puedan considerarse estables frente al agua, según se especifica en los artículos 330, 331 y 333 del PG-3.

El proyecto deberá disponer las medidas oportunas en este sentido, entre las que pueden citarse una adecuada selección y disposición de los materiales que constituyen la sección transversal, la interposición de láminas u otros productos de impermeabilización, etc.

La elección de secciones transversales tipo a las que resulten de aplicación los casos F ó E no implica necesariamente que la totalidad de las aguas infiltradas discurra por la capa que define el modelo. Así, el proyecto deberá analizar de modo expreso la necesidad de adopción de medidas específicas para evitar la infiltración en los materiales sensibles al agua, aún en capas inferiores a la que determina el caso de aplicación.

#### **2.1.2.2. Medidas para favorecer el flujo lateral de salida**

Cuando se produzca flujo subhorizontal, para favorecer la salida de las aguas se dispondrá una pendiente transversal mínima de la capa que se considera de baja permeabilidad, igual o superior al dos por ciento (2%), una vez terminada y refinada.

Las zonas de cambio de signo del valor de la pendiente transversal, donde no es posible mantener la pendiente mínima anterior, deberán definirse en el proyecto con la menor longitud posible.

Para que el agua infiltrada por el borde alto en secciones peraltadas no penetre bajo calzada, deberá dotarse a la explanada de una contrapendiente transversal mínima, hacia el exterior de la

plataforma, del dos por ciento (2%), que debe iniciarse un metro (1 m) hacia el interior del borde pavimentado —medido según secciones transversales al eje de la carretera—, según se especifica en la figura 2.5. En carreteras de calzadas separadas, la prescripción anterior será asimismo de aplicación hacia la mediana.

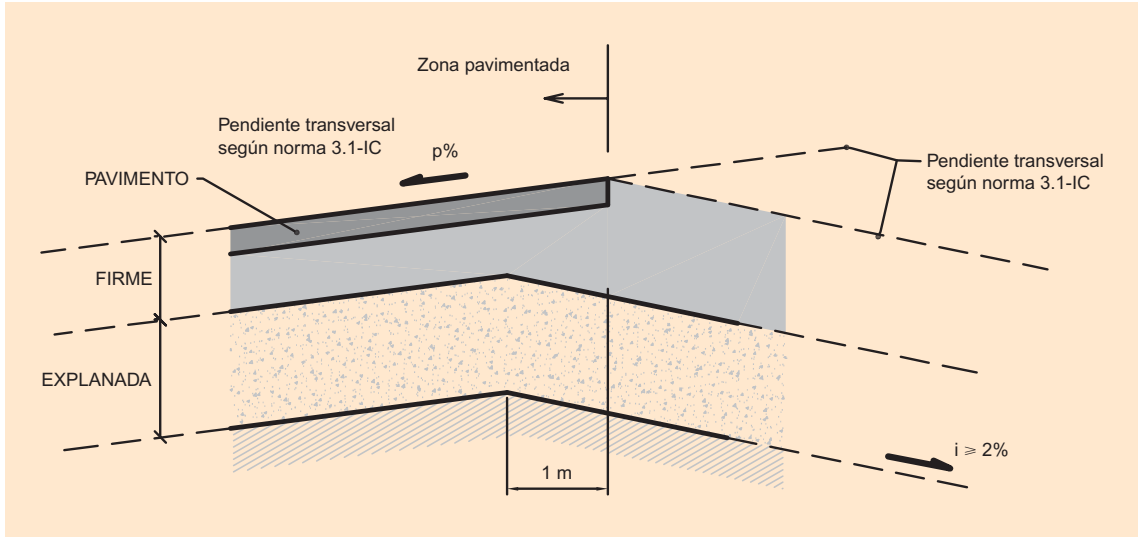


FIGURA 2.5. CONTRAPENDIENTE DE LA EXPLANADA BAJO EL BORDE ALTO EN SECCIONES PERALTADAS

Para permitir el flujo subhorizontal de las aguas infiltradas según el recorrido previsto en el proyecto (véase apartado 2.1.2.1) sin que se produzcan acumulaciones, se precisa, además de la disposición de pendientes favorables, que los materiales atravesados tengan coeficientes de permeabilidad iguales o crecientes en la dirección del flujo, según se especifica en la figura 2.6.

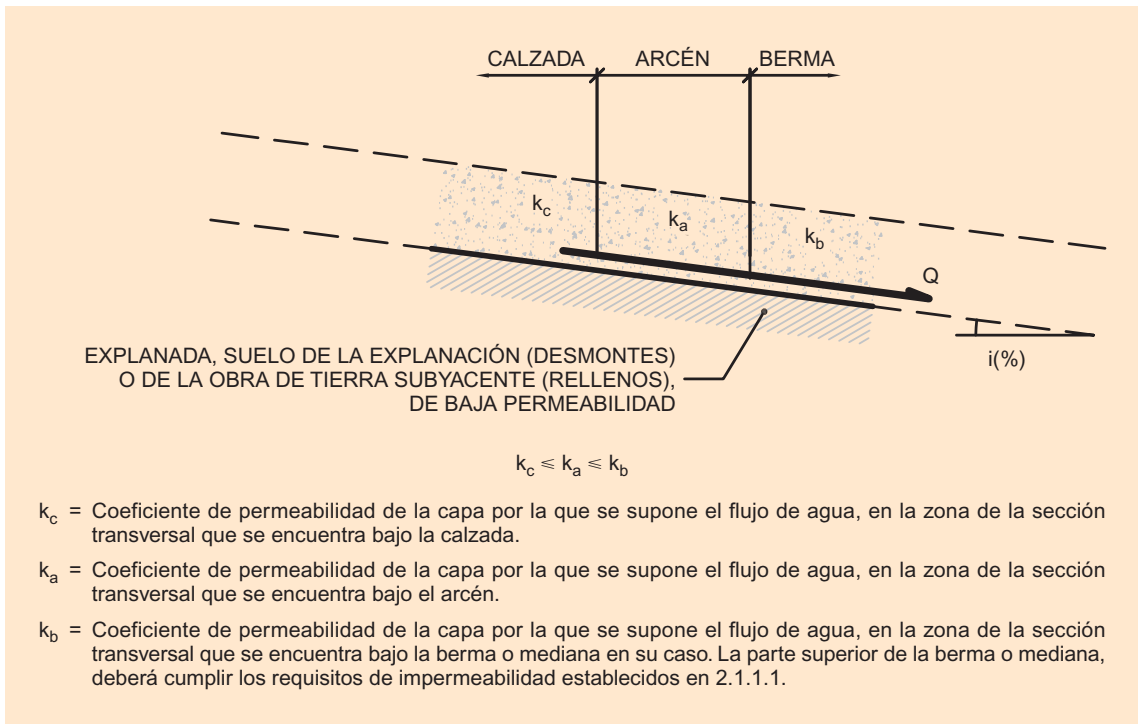


FIGURA 2.6. RELACIÓN ENTRE LOS COEFICIENTES DE PERMEABILIDAD DE LAS CAPAS POR DONDE CIRCULAN LAS AGUAS INFILTRADAS BAJO CALZADA, ARCÉN, Y BERMA O MEDIANA EN SU CASO

A los efectos de este documento, se considerará que las capas inferiores del firme utilizadas en la norma 6.1 IC Secciones de firme, pueden ordenarse en sentido decreciente de su coeficiente de permeabilidad de acuerdo con la siguiente relación:

- Zahorra artificial drenante, según el artículo 510 del PG-3, (ZAD).
- Zahorra artificial, según el artículo 510 del PG-3, (ZA).
- Materiales tratados con cemento, según el artículo 513 del PG-3 (GC y SC).

Es decir,  $k_{ZAD} > k_{ZA} > k_{GC} \approx k_{SC}$ .

Cuando para efectuar las comparaciones entre coeficientes de permeabilidad sea necesario su determinación experimental, esta se efectuará siempre que sea posible según UNE 103403. En caso de que, por las características del material, no fuera aplicable, se seguirá el procedimiento de la norma ISO/DIS 17313.

### **2.1.2.3. Tipos de drenes para la evacuación de las aguas infiltradas**

Para la recogida de las aguas infiltradas, los principales tipos de drenes considerados en este documento, según su tipología, son los siguientes:

- Zanjas drenantes (véase apartado 3.1).
- Pantallas drenantes (véase apartado 3.2).
- Otros sistemas de entre los especificados en los apartados 3.3 a 3.16 de este documento.

Cuando se trate de sistemas diferentes de los anteriores, el proyecto justificará su adecuación y efectuará su definición completa, según se indica en el apartado 3.17 de estas recomendaciones.

Debido a que, normalmente, los caudales provenientes de escorrentía o de los elementos o sistemas de drenaje superficial suelen ser muy superiores a los que de ordinario circulan por los de drenaje subterráneo, no deberán verterse en ningún caso a estos últimos, aguas procedentes de escorrentía o del drenaje superficial de las obras, ni aún cuando dichas obras tuvieran la consideración de provisionales o auxiliares.

Estos caudales de escorrentía o drenaje superficial, podrían originar fallos en los sistemas de drenaje subterráneo que, además de inutilizarlos como tales, provocaran una inversión en su funcionamiento, introduciendo agua en zonas de donde pretende evacuarse.

### **2.1.2.4. Ubicación de los drenes para la evacuación de las aguas infiltradas**

#### ***En pie de desmante***

Los drenes situados al pie de los desmontes podrán consistir en zanjas drenantes ubicadas generalmente bajo la cuneta de pie, o en el lugar que disponga el proyecto en cada caso (véase la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya, y los apéndices 2 y 3 de estas recomendaciones).

Cuando esté justificado por razones de espacio, constructivas u otras, el proyecto podrá sustituir los drenes en zanja por pantallas drenantes (véase apéndice 4), previa justificación del proyecto de que no van a captarse aguas subterráneas, ni provenientes del rebajamiento de niveles freáticos.

El proyecto deberá evaluar la estabilidad del talud en desmante, considerando la presencia de la zanja o pantalla drenante en su caso, tanto en la situación definitiva, como en las provisionales de obra.

### **En mediana**

En carreteras de calzadas separadas, los drenes bajo mediana, cuando existan, se podrán colocar en una zanja drenante generalmente bajo la cuneta, o en el lugar que disponga el proyecto en cada caso (véase la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya, y los apéndices 2 y 3 a estas recomendaciones).

Cuando esté justificado por razones de espacio, constructivas u otras, el proyecto podrá sustituir los drenes en zanja por pantallas drenantes u otros sistemas, previa justificación de que no van a captarse aguas subterráneas ni provenientes del rebajamiento de niveles freáticos.

### **En márgenes**

Para tratar de evitar la infiltración horizontal (véase apartado 2.1.1.2), se podrán disponer en las proximidades de la calzada, zanjas o pantallas drenantes. Salvo justificación expresa en contra del proyecto, se encontrarán fuera de la zona pavimentada o arcenes sin pavimentar en su caso, y en superficie serán lo suficientemente impermeables como para impedir la entrada de agua superficial a las mismas.

Cuando se trate de efectuar un rebajamiento del nivel freático, en general deberán disponerse zanjas drenantes.

### **Para captación de flujos longitudinales**

Además de los movimientos de las aguas según secciones transversales, deberán considerarse los flujos de agua longitudinales al trazado de la carretera.

En secciones en desmonte, si el perfil longitudinal presenta una pendiente importante, se puede producir un flujo longitudinal alimentado por infiltraciones a través de la calzada, arcenes, bermas, mediana, taludes y elementos singulares en su caso. El agua se puede acumular en la transición desmonte-relleno (que habrá de ejecutarse conforme a lo especificado en los apartados 320.3.8 y 330.6.1 del PG-3) o en otros obstáculos.

Para captar estos flujos, cuando la pendiente longitudinal de la carretera sea igual o superior al tres por ciento (3%), y el desmonte de aguas arriba presente una longitud superior a ciento cincuenta metros (150 m), se proyectarán zanjas drenantes transversales a la misma en las transiciones desmonte-relleno (véase figura 2.7).

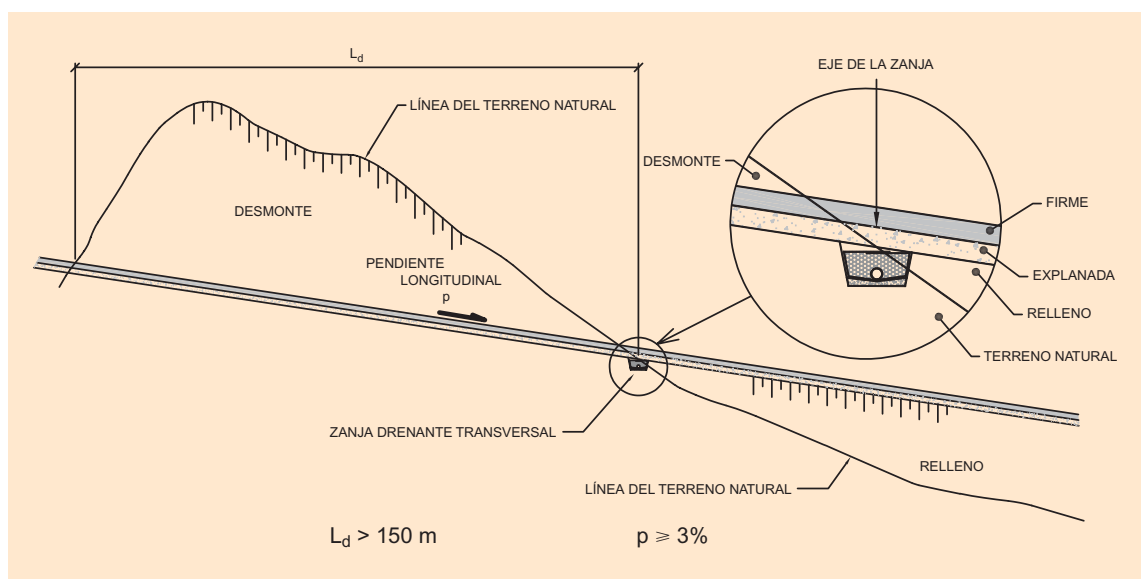


FIGURA 2.7. CAPTACIÓN DE FLUJOS LONGITUDINALES EN LA TRANSICIÓN DESMONTRE-RELLENO

Previa justificación del proyecto, será posible disminuir los valores anteriores, emplear un mayor número de zanjas, o ubicarlas además de en las transiciones en otros puntos intermedios de los desmontes.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto definirá de modo expreso, y diferenciado del resto de las zanjas drenantes de las obras, las características (materiales a emplear, proceso constructivo, etc.) de estos elementos transversales ubicados bajo calzada.

En rellenos con fuerte pendiente longitudinal se pueden acumular aguas por un fenómeno similar en zonas de difícil compactación, tales como trasdoses de estructuras enterradas u otros puntos de parecidas características.

Aguas arriba de estructuras enterradas, situadas en rellenos con pendiente longitudinal igual o superior al tres por ciento (3%), el proyecto considerará expresamente la necesidad de disponer un sistema de drenaje capaz de evacuar estos flujos de agua longitudinales, que podrá ser, en su caso y previa comprobación de su capacidad hidráulica, el mismo sistema de drenaje del trasdós de la estructura.

### ***Para pavimentos de hormigón***

En pavimentos de hormigón puede resultar necesario, en ciertos casos, facilitar la evacuación del agua proveniente de las capas de firme de la calzada. El proyecto deberá estudiar la conveniencia de instalar sistemas específicos de drenaje para este tipo de pavimentos, que pueden consistir en uno o varios de entre los que se citan a continuación:

- Utilización de zahorra artificial drenante como capa de firme bajo arcén, conforme a lo especificado en la instrucción 6.1 IC Secciones de firme y en el artículo 510 del PG-3.
- Empleo de tubos ranurados, longitudinales al trazado, emplazados bajo arcén, embebidos en material drenante en su caso, con desagüe en los puntos bajos y al menos cada cincuenta metros (50 m) según el eje de la carretera. La separación entre salidas de tubos será inferior cuando la pendiente longitudinal del tubo sea menor del uno por ciento (1%).

Estos sistemas constarán de tramos de funcionamiento independiente, los cuales presentarán una longitud total máxima de doscientos metros (200 m), con codos de radio superior a un metro (1 m), para facilitar su limpieza.

Para la elección del diámetro interior de los tubos deberá tenerse en cuenta el tipo de limpieza previsto, estableciéndose en todo caso como valor mínimo para el mismo, el de setenta y cinco milímetros (75 mm).

El proyecto podrá justificar la elección de parámetros diferentes, basándose en las necesidades de conservación y limpieza del sistema.

- Otros sistemas que el proyecto deberá justificar convenientemente, de conformidad con lo especificado en el apartado 3.17 de este texto.

### **2.1.2.5. Detalles de drenaje para el proyecto de secciones transversales tipo**

El proyecto deberá contemplar cada una de las secciones transversales tipo de la carretera, estudiando de modo expreso el funcionamiento del drenaje subterráneo conforme a lo especificado en este documento.

La sistematización efectuada, tanto para el recorrido de las aguas infiltradas, como para las topologías y ubicaciones más habituales de los drenes, permite el establecimiento de detalles de drenaje de aplicación para el proyecto de un buen número de secciones transversales tipo, de aparición frecuente.

Estos detalles se basan tanto en el proyecto de drenes de los tipos especificados en 2.1.2.3, como en la selección y disposición de materiales que, sin formar parte de la estructura del firme,



---

procuran evitar la infiltración y favorecer la salida de las aguas de la sección transversal. Salvo en lo especificado para la mediana, los detalles resultan aplicables tanto para carreteras de calzadas separadas, como de calzada única.

La relación de detalles de drenaje que se adjunta no resultará, en general, de aplicación a los casos de secciones transversales con calzadas a distinto nivel, medianas reducidas, calzadas junto a lechos de frenado, obras soportadas por muros de sostenimiento y cualesquiera otras circunstancias singulares, que a criterio del proyecto justifiquen la conveniencia y necesidad de adopción de otras diferentes. Tampoco resultan de aplicación directa —sin perjuicio de lo especificado en las correspondientes notas al pie de cada detalle— cuando deban rebajarse niveles freáticos, o proyectarse medidas de drenaje de estabilización.

En la tabla 2.1 se establece una relación de los detalles analizados, clasificados según el caso que resulte de aplicación para la evacuación de las aguas infiltradas —F, E ó S del apartado 2.1.2.1—, y según que el detalle en cuestión sea relativo a una sección en desmonte (D), relleno (R), o mediana (M).

Se establece una nomenclatura para los detalles de drenaje, formada por dos letras y dos dígitos:

- La primera letra se refiere al caso que resulte de aplicación para la evacuación de las aguas infiltradas, según el criterio del apartado 2.1.2.1: F, E ó S.
- La segunda letra indica si el detalle en cuestión es relativo a una sección en desmonte, relleno o mediana: D, R ó M.
- El primer dígito será un 1 si la pendiente de la calzada es favorable al vertido hacia el sistema propuesto, y un 0 si existe contrapendiente.
- El segundo dígito alude al caso particular contemplado.

Las figuras que definen los detalles propiamente dichos, constituyen el apéndice 2 a este documento.

En el apéndice 3 se incluyen las variantes a los detalles del caso E con capa inferior de baja permeabilidad.

El apéndice 4 recoge variantes con pantalla drenante (véase apartado 3.2) a los detalles de los apéndices precedentes, en algunos de los casos de aplicación más frecuente de esta técnica.

Las dimensiones reflejadas en las figuras que constituyen dichos apéndices, únicamente responderán a valores que deban observarse necesariamente, cuando aparezcan acotados de manera expresa, no pudiendo deducirse a partir de dichas cotas otras magnitudes, ni aún de la misma figura.

## **2.2. DRENAJE DE LAS EXPLANACIONES**

Durante la fase de proyecto, y aún antes si fuese posible, se estudiarán las condiciones hidrogeológicas de la zona de las obras, prestando especial atención a la determinación de niveles freáticos, flujos de agua subterránea, existencia de acuíferos, zonas inundables, carstificaciones, etc. Debe tenerse en cuenta que durante los periodos secos prolongados, los indicios de presencia de aguas subterráneas tales como manantiales, fuentes, humedades en taludes, etc., pueden resultar de difícil detección.

Asimismo deberá recabarse la información disponible de los Organismos competentes en gestión de recursos hidráulicos, acerca del régimen de explotación de los acuíferos, y de cuantas otras cuestiones pudieran resultar de interés para el proyecto.

El proyecto deberá analizar específicamente las condiciones geológicas locales que pueden dar lugar a la afluencia de agua hacia la carretera, por ejemplo existencia de charnelas sinclinales, alternancias entre estratos permeables e impermeables con buzamiento hacia la calzada, coluviones

TABLA 2.1. RELACIÓN DE FIGURAS QUE CONFORMAN EL APÉNDICE 2, A ESTE DOCUMENTO

	RELLENO (R)	MEDIANA (M)	DESMONTE (D)	
EXPLANADA DE BAJA PERMEABILIDAD (F)	Pendiente transversal de la calzada a favor. FR11	Dren profundo bajo cuneta. FM11	Dren profundo bajo cuneta. FD11	
		Pendiente transversal de la calzada a favor	Vertido directo a cuneta. FM12	Dren profundo bajo capa de firme. FD12
			Infiltración al terreno. FM13	Supresión del dren profundo. FD13
	Contrapendiente. FR01	Contrapendiente	Dren profundo bajo cuneta. FM01	Vertido directo a cuneta. FD14
			Vertido directo a cuneta. FM02	Infiltración al terreno. FD15
			Infiltración al terreno. FM03	Dren profundo bajo cuneta. FD01
EXPLANADA PERMEABLE Y SUELO DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTES) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (RELLENOS) DE BAJA PERMEABILIDAD (E)	Pendiente transversal de la calzada a favor. ER11	Pendiente transversal de la calzada a favor. EM11	Dren profundo bajo capa de firme. FD02	
			Supresión del dren profundo. FD03	
			Vertido directo a cuneta. FD04	
	Contrapendiente. ER01	Contrapendiente. EM01	Contrapendiente	Infiltración al terreno. FD05
				Dren profundo bajo cuneta. ED11
				Dren profundo bajo explanada. ED12
Pendiente transversal de la calzada a favor. SR11	Pendiente transversal de la calzada a favor. SM11	Contrapendiente	Supresión del dren profundo. ED13	
			Dren profundo bajo cuneta. ED01	
			Dren profundo bajo explanada. ED02	
Contrapendiente. SR01	Contrapendiente. SM01	Contrapendiente	Supresión del dren profundo. ED03	
			Pendiente transversal de la calzada a favor. SD11	
EXPLANADA PERMEABLE Y SUELO DE LA EXPLANACIÓN (DESMONTES) O DE LA OBRA DE TIERRA SUBYACENTE (RELLENOS) PERMEABLE (S)	Contrapendiente. SR01	Contrapendiente. SM01	Contrapendiente. SD01	

sobre roca o fondo impermeable, existencia de zonas cársticas, flujos a través de diaclasas en macizos rocosos, fallas y zonas fracturadas, etc.

En los sondeos que se efectúen, se medirán los niveles freáticos, teniendo en cuenta que los resultados obtenidos son indicativos únicamente del punto en cuestión y del momento de la realización de la lectura. Estos niveles varían estacionalmente e incluso con periodos más largos. En consecuencia, aquellos sondeos de proyecto, de los que pueda deducirse la presencia de niveles susceptibles de aportar agua a la carretera, deberán instrumentarse convenientemente, de modo que puedan efectuarse lecturas con posterioridad. En la figura 2.8 se muestran algunos ejemplos de situación de niveles freáticos.

Al menos deberá llevarse a cabo una lectura de niveles piezométricos al final del periodo húmedo más prolongado posible, durante el tiempo en que dichos sondeos se encuentren practicable (esto puede ocurrir con cierta frecuencia al final del invierno, aunque no en todos los casos). Asimismo se efectuarán observaciones periódicas de afloramientos de agua en taludes, que se registrarán convenientemente.

Cuando sea necesario para el cálculo de los elementos de drenaje subterráneo, se efectuarán ensayos in situ en la fase de proyecto para conocer los valores de los coeficientes de permeabilidad de los terrenos.

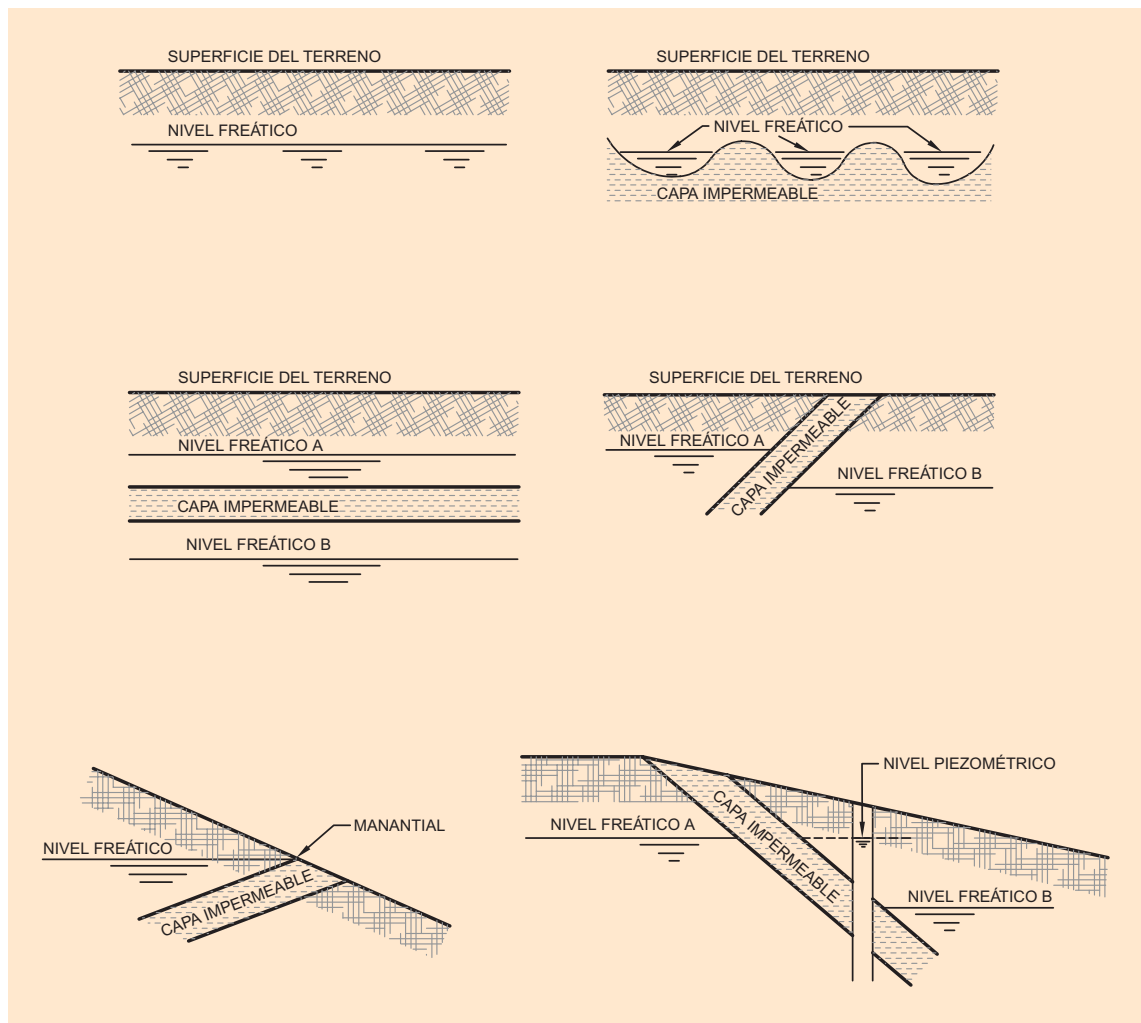


FIGURA 2.8. EJEMPLOS DE SITUACIÓN DE NIVELES FREÁTICOS

### **2.2.1. PROXIMIDAD DEL NIVEL FREÁTICO**

Cuando el nivel freático se encuentre próximo a la explanada, podría alcanzarla por ascenso capilar. Respecto a las distancias mínimas a respetar entre la cota de la explanada y el nivel más alto previsible de la capa freática, en función del tipo de materiales que constituyen el terreno de apoyo, se estará a lo especificado al respecto en la norma 6.1 IC Secciones de firme.

Para asegurar estas distancias mínimas, desde el punto de vista del drenaje subterráneo de las obras, en general es preferible la elevación de la rasante al rebajamiento del nivel freático.

El material del relleno que se emplee en su caso para la elevación de la rasante, no deberá ser susceptible al agua (suelos tolerables con un contenido de yesos, según NLT 115, mayor del dos por ciento (2%), suelos marginales o inadecuados, o rocas que no puedan considerarse estables frente al agua, según se especifica en los artículos 330, 331 y 333 del PG-3). Además de las prescripciones anteriores, no deberán emplearse suelos tolerables en aquellas partes de los rellenos tipo terraplén que puedan encontrarse bajo el nivel freático.

Las prescripciones para la ejecución de estos rellenos —para elevación de rasante— se formularán de acuerdo con los correspondientes artículos del PG-3, en función de las unidades de obra de que se trate.

En casos excepcionales, en los que la parte inferior de los rellenos pueda estar durante periodos de tiempo prolongados bajo niveles de agua con lámina libre, esta deberá ser una zona especial de los mismos, según la definición de los apartados 331.2 y 333.2 del PG-3.

En caso de que así se justifique en el proyecto, el nivel freático se podrá rebajar mediante la realización de zanjas, pozos, u otros sistemas que deberán estudiarse específicamente en el mismo, según lo indicado en el capítulo 3 de estas recomendaciones. La evacuación de las aguas recogidas se efectuará preferiblemente por gravedad, o por bombeo en caso necesario. Asimismo se deberá estudiar la conveniencia de proyectar un manto drenante, con el fin de interrumpir el ascenso capilar.

### **2.2.2. DRENAJE DE ESTABILIZACIÓN**

Las aguas subterráneas pueden aflorar en las explanaciones de la carretera y ocasionar inestabilidades, erosiones y otros fenómenos perjudiciales, fundamentalmente en los taludes y fondos de desmonte, o en los cimientos de los rellenos. El objeto del denominado drenaje de estabilización, es mejorar el comportamiento de las explanaciones, evitando en lo posible dichos aportes.

En la fase de proyecto se intentará detectar los posibles puntos de afluencia de agua hacia los taludes y fondos de desmonte y hacia el cimiento de los rellenos, estudiando la conveniencia de disponer medidas específicas de drenaje subterráneo.

Se deberá prestar especial atención a las transiciones desmonte-relleno y a los rellenos cimentados sobre laderas. En estos casos se adoptarán las medidas especificadas en los apartados 320.3.8 y 330.6.1 del PG-3.

El proyecto de las medidas de drenaje de estabilización debe venir precedido de un adecuado conocimiento geológico e hidrogeológico de la zona, ya que este tipo de actuaciones debe adaptarse a la singularidad de cada emplazamiento. En consecuencia, no pueden efectuarse recomendaciones válidas para todos los casos, sino una enumeración de las medidas, elementos o sistemas más habituales, sus principales características y posibles aplicaciones.

Así, en el capítulo 3, se incluyen los tratamientos de drenaje de estabilización de más frecuente utilización en obras de carretera. El proyecto deberá tener en cuenta las recomendaciones formuladas para cada uno de los elementos en cuestión, pudiendo, mediante justificación expresa, adoptar bien prescripciones adicionales o bien incluso actuaciones, elementos o sistemas no contemplados en este documento, que deberán cumplir lo especificado en el apartado 3.17.

## 2.3. CÁLCULO HIDRÁULICO DE TUBERÍAS DRENANTES

### 2.3.1. ESTIMACIÓN DE CAUDALES

#### 2.3.1.1. Tubería drenante por encima del nivel freático

Cuando la tubería drenante se encuentre por encima del nivel freático, y no sea previsible la afluencia de otros caudales, se considerarán a efectos de cálculo, los de infiltración provenientes fundamentalmente de bermas y mediana en su caso, que podrán estimarse a partir de los valores indicados en la tabla 2.2.

TABLA 2.2. CAUDALES UNITARIOS DE INFILTRACIÓN PARA EL CÁLCULO DE TUBERÍAS DRENANTES

ESTADO DE IMPERMEABILIDAD SUPERFICIAL	ALTO	MEDIO	BAJO
Caudal unitario, q [l/(m <sup>2</sup> ·s)]	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-2</sup>

Para la aplicación de esta tabla se considerarán los siguientes criterios:

#### *Estado de impermeabilidad superficial alto*

Se considerará el estado de impermeabilidad superficial alto, cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- Las cunetas estén revestidas.
- Las superficies no revestidas (véase apartado 2.1.1.1), representen menos de un quince por ciento (15%) del área de longitud L y anchura B, que se definen en el siguiente epígrafe.

#### *Estado de impermeabilidad superficial medio*

Se considerará el estado de impermeabilidad superficial medio, cuando se cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

- Las cunetas estén revestidas en al menos un ochenta por ciento (80%) de la longitud analizada (L, en la figura 2.9).
- Las superficies no revestidas (véase apartado 2.1.1.1), representen menos de un treinta por ciento (30%) del área de longitud L y anchura B, que se definen en el siguiente epígrafe.

#### *Estado de impermeabilidad superficial bajo*

Se considerará el estado de impermeabilidad superficial bajo, cuando no se cumpla alguno de los requisitos para poder considerarlo como medio.

#### **Determinación del caudal de cálculo**

El caudal de cálculo de la tubería drenante  $Q_L$ , se obtendrá como:

$$Q_L = q \cdot B \cdot L$$

donde:

$Q_L$  = Caudal de cálculo de la tubería drenante.

$q$  = Caudal unitario de infiltración, obtenido de la tabla 2.2.

$L$  = Longitud entre arquetas o pozos de registro consecutivos en los que se produce el desagüe de la tubería drenante (véase figura 2.9).

$B$  = Anchura de cálculo.

La anchura  $B$  puede ser variable a lo largo del tramo estudiado, por lo que el producto  $B \cdot L$  podrá obtenerse como:

$$B \cdot L = \sum_{i=1}^n b_i \cdot l_i$$

donde:

$n$  = Número de tramos que comprende la discretización.

$l_i$  = Longitud del tramo  $i$ -ésimo, de anchura  $b_i$  (véase figura 2.9).

$b_i$  = Anchura del tramo  $i$ -ésimo, de longitud  $l_i$  (véase figura 2.9).

### 2.3.1.2. Tubería drenante bajo el nivel freático

Cuando la tubería drenante se utilice además de para la captación de la infiltración según se especifica en 2.3.1.1, para el rebajamiento de niveles freáticos, bien subhorizontales bajo la explanada, o bien relacionados con la presencia de taludes en desmonte —en cuyo caso la carga hidrostática puede superar la altura de la carretera sobre el dren—, el proyecto deberá efectuar un cálculo específico del caudal de afluencia, como red de flujo.

Este cálculo deberá abordarse por métodos analíticos, numéricos, o previa justificación de su adecuación al caso, mediante la utilización de ábacos o tabulaciones. Para caracterizar el terreno se utilizarán preferiblemente parámetros determinados in situ.

### 2.3.1.3. Caudal a considerar

El caudal a considerar para los cálculos hidráulicos será:

- Tubería drenante por encima del nivel freático: el estimado conforme se especifica en 2.3.1.1.
- Tubería drenante bajo el nivel freático: la suma de los obtenidos conforme se especifica en 2.3.1.1 y 2.3.1.2.

Si se tuviera constancia de la afluencia, con carácter excepcional, de caudales adicionales, deberían sumarse a los especificados en la relación anterior, si bien no debe permitirse en ningún caso la entrada de aguas procedentes de escorrentía o de los sistemas de drenaje superficial de la carretera.

En el caso de pantallas drenantes ejecutadas al borde de la zona pavimentada (véase apéndice 4) y enrasadas con la misma, habrá de considerarse además, la infiltración por su parte superior que puede variar entre diez elevado a menos tres y diez elevado a menos uno litros por metro y por segundo ( $10^{-3}$  y  $10^{-1}$  l/(m · s)), medidos longitudinalmente a la dirección de la pantalla, en función del tipo de impermeabilización de la pantalla y de la junta de ésta con el pavimento en su caso.

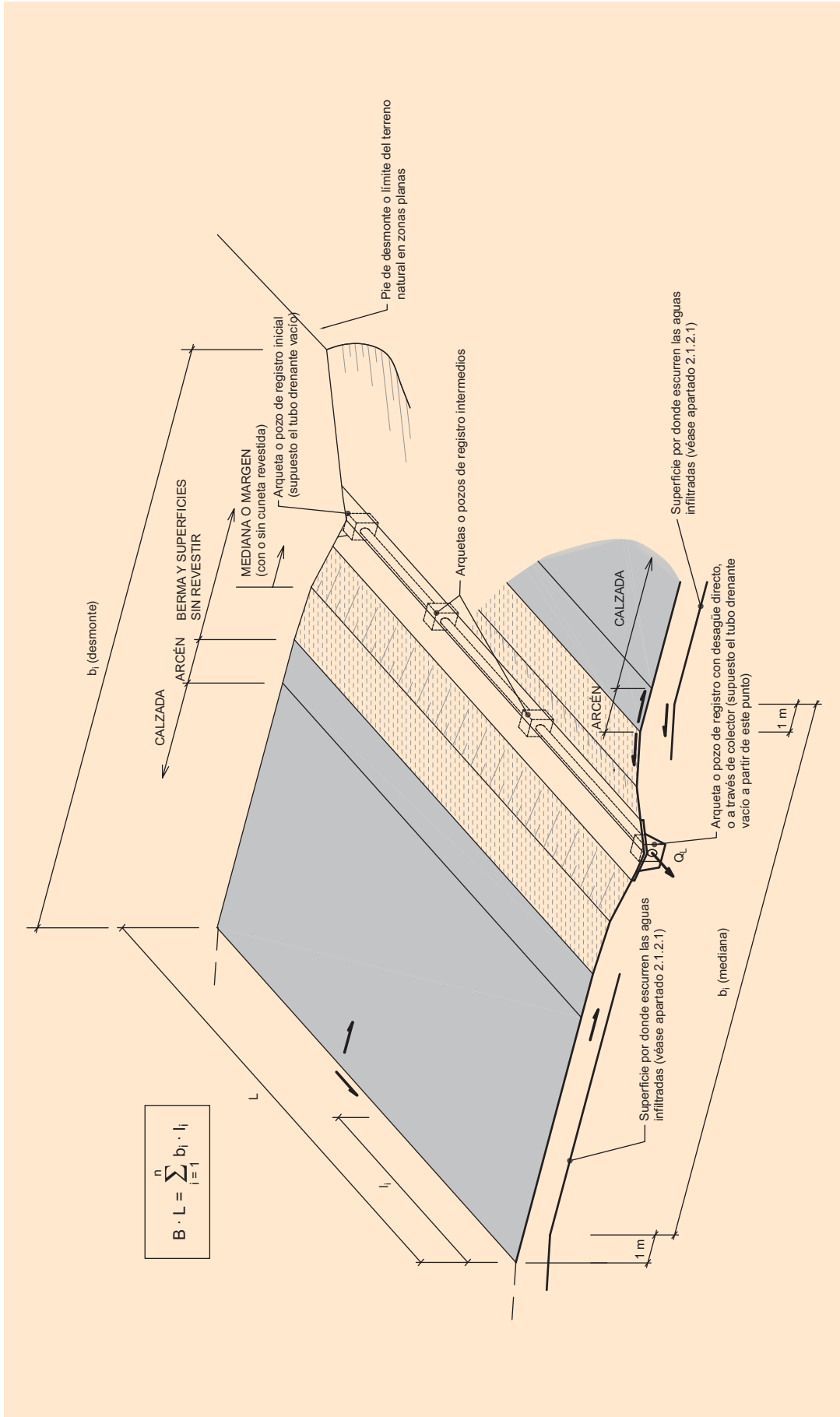


FIGURA 2.9. ESTIMACIÓN DE LAS ÁREAS DE INFILTRACIÓN

### 2.3.2. ELECCIÓN DE LAS TUBERÍAS DRENANTES

El cálculo hidráulico de las tuberías drenantes se efectuará a partir del caudal determinado en 2.3.1.3, con la metodología expuesta en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya.

Los valores del coeficiente de rugosidad K (equivalente al inverso del número n de Manning) que deben emplearse para la aplicación de la fórmula de Manning-Strickler, se obtendrán, salvo justificación expresa en contra del proyecto, de la tabla 2.3.

TABLA 2.3. COEFICIENTES DE RUGOSIDAD K ( $m^{1/3}/s$ ) A UTILIZAR EN LA FÓRMULA DE MANNING-STRICKLER

TIPO DE TUBERÍA	K ( $m^{1/3}/s$ )
Tubería drenante de material plástico (PEAD, PVC, etc.) con paredes interiores lisas	65-105
Tubería drenante de material plástico (PEAD, PVC, etc.) con paredes interiores corrugadas	40-55

*Nota:* Los valores inferiores tienen en cuenta pequeñas irregularidades, ligeros defectos de limpieza, pequeños cambios de dirección y forma, así como el paso de conductos a través de arquetas cuyo fondo conserve la sección de dichos conductos en su parte inferior.

El diámetro de la tubería a disponer, cumplirá tanto los valores determinados a partir de los cálculos hidráulicos mencionados, como los mínimos necesarios por cuestiones de limpieza y conservación (véanse apartados 3.1 y 3.4).

## 2.4. DRENAJE SUBTERRÁNEO EN ELEMENTOS SINGULARES

### 2.4.1. CANALIZACIONES PARA SERVICIOS

En los correspondientes anejos del proyecto, se estudiarán las condiciones de inserción de las canalizaciones para los servicios previstos en los planos de secciones transversales tipo, teniendo en cuenta su influencia en el drenaje subterráneo de la carretera.

Cuando las canalizaciones se construyan con la carretera en servicio, se garantizará que el sistema de drenaje subterráneo de la misma no resulte afectado, tanto en sus elementos constituyentes como en su funcionamiento, y que las obras en cuestión no supongan un aumento de la infiltración.

Las canalizaciones y sus correspondientes arquetas y pozos de registro no deberán constituir vías de infiltración. Para ello se impermeabilizará la parte superior de las zanjas y se evitará que las tapas de arquetas y pozos de registro constituyan puntos bajos. Se dispondrán tapas que no permitan la entrada de agua. Se estudiarán los perfiles longitudinales de las canalizaciones de los servicios para localizar puntos bajos en los que se proyectarán desagües, y se definirán las medidas adicionales que resulten necesarias.

Las canalizaciones, arquetas, etc., de los servicios en cuestión, estarán separadas de los sistemas de drenaje subterráneo de la carretera. Los cruces inevitables con los sistemas de drenaje requerirán un estudio especial que garantice su buen comportamiento.

El cruce de conducciones hidráulicas bajo la calzada deberá efectuarse mediante tuberías estancas dispuestas en el interior de otros tubos o estructuras, que permitan su reparación y el desagüe por gravedad de posibles fugas. Normalmente la dirección de cruce más conveniente será la ortogonal al eje de la vía, si bien el proyecto podrá justificar, de manera expresa, cruces esviados en su caso.

En general, cualquier otro cruce para servicios bajo calzada deberá ser ortogonal al eje de la carretera, salvo justificación expresa en contra del proyecto, impermeable y permitirá el desagüe por gravedad de las aguas que, por cualquier circunstancia extraordinaria, pudieran circular por su interior.



---

### 2.4.2. LECHOS DE FRENADO

Aunque muy puntuales por su implantación excepcional, los lechos de frenado constituyen, por su propia concepción, una zona de infiltración próxima a la plataforma de la carretera y de gran superficie. El proyecto deberá abordar de manera específica la evacuación de las aguas recogidas en los lechos de frenado y en caso necesario, resolver la incidencia de estas infiltraciones en la estabilidad de las explanaciones.

Deberá efectuarse un diseño geométrico del fondo del lecho que permita la evacuación de las aguas, dotando al mismo de una pendiente transversal del dos por ciento (2%) hacia el exterior del lecho.

En el punto bajo de la sección transversal del lecho, se dispondrá longitudinalmente una tubería drenante con un diámetro interior mínimo de doscientos milímetros (200 mm), y una pendiente longitudinal que preferentemente sea la del fondo del mismo. Si dicha pendiente longitudinal fuera inferior o igual al uno por ciento (1%), se adoptará este último valor como pendiente mínima de la tubería drenante, ubicándose en este caso en el interior de una zanja drenante a disponer en el borde exterior del lecho.

En el punto bajo del lecho se dispondrá un desagüe de la tubería drenante, por vertido a un colector a través de una arqueta. Si esta arqueta fuese interior al lecho se deberá señalar su posición de forma que se aprecie exteriormente.

El colector se calculará según lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya, para un caudal que será la suma de las aportaciones de escorrentía exteriores que viertan al lecho, más la precipitación sobre el propio lecho, suponiendo en este último caso que se infiltra y es recogida por el colector en su totalidad.

Asimismo se estudiará la infiltración de las aguas desde el fondo del lecho hacia los materiales subyacentes. Cuando se trate de materiales susceptibles al agua (suelos tolerables con un contenido de yesos, según NLT 115, mayor del dos por ciento (2%), suelos marginales o inadecuados, o rocas que no puedan considerarse estables frente al agua, según se especifica en los artículos 330, 331 y 333 del PG-3), las paredes y el fondo deberán constituir un recinto impermeable de hormigón.

## 2.5. CONSIDERACIÓN DE LA HELADA

Cuando las heladas actúan durante un número de días suficiente, se puede producir un aumento de la humedad en suelos susceptibles a este fenómeno, situados bajo la calzada.

Son suelos susceptibles a la helada, aquellos que cuando se congelan forman en su interior lentejones de hielo de disposición sensiblemente horizontal, originando un incremento de volumen en su estructura que puede llegar a reflejarse en la superficie de la carretera. El crecimiento de los lentejones se debe al movimiento capilar hacia los mismos del agua intersticial de los suelos circundantes.

El aumento de humedad producido por este fenómeno se pone de manifiesto en el momento del deshielo cuando se funden dichos lentejones. Hasta el final del deshielo, el propio lentejón dificulta el drenaje por gravedad de las aguas fundidas en su parte superior. En esta zona puede alcanzarse la saturación del suelo.

La importancia de la acumulación de agua en un suelo susceptible a la helada depende de tres factores principales:

- Intensidad de la helada. Se puede caracterizar la intensidad de la helada por la profundidad que esta alcanza en el suelo. En la penetración de la helada influyen, su duración, la temperatura y la conductividad térmica de los materiales considerados.

Si el frente de helada alcanzara a un suelo susceptible a la misma, la formación de lentejones dependería fundamentalmente de la duración de la helada, ya que tanto la penetración de dicho frente, como los movimientos capilares del agua que alimentan la formación de los lentejones, son fenómenos lentos, que en todo caso implican varios días para su materialización.

- La mayor o menor susceptibilidad al hielo del propio suelo, que depende de su naturaleza, granulometría, porosidad y densidad.
- La humedad inicial del suelo y la posibilidad de alimentación de agua del frente de helada, que depende de la humedad de las zonas próximas no heladas.

Cuando las obras se encuentren en las zonas especificadas en el apartado 2.5.1, el proyecto dispondrá materiales no susceptibles al hielo en la profundidad afectada por el frente de helada, según se indica en el apartado 2.5.2.

De forma complementaria se podrá establecer, si fuera necesario, un sistema de drenaje subterráneo que mantenga reducida la humedad y dificulte la alimentación de agua al frente de helada.

Asimismo las tuberías drenantes, los colectores, etc., se dispondrán a una profundidad tal que no resulten dañados por el efecto de las heladas (véase apartado 2.5.3).

### 2.5.1. ZONAS DONDE DEBE TENERSE EN CUENTA EL EFECTO DE LAS HELADAS

Según se especifica en la norma 6.1 IC Secciones de firme, en los proyectos de carreteras situadas a una altitud superior a mil quinientos metros (1.500 m) se deberá tener en cuenta el efecto de las heladas.

Asimismo habrá de tenerse en cuenta el efecto de las heladas, cuando las obras, aún situadas a una altitud inferior a mil quinientos metros (1.500 m), se encuentren comprendidas en las zonas especificadas en los mapas que constituyen las figuras 2.10 a 2.14.

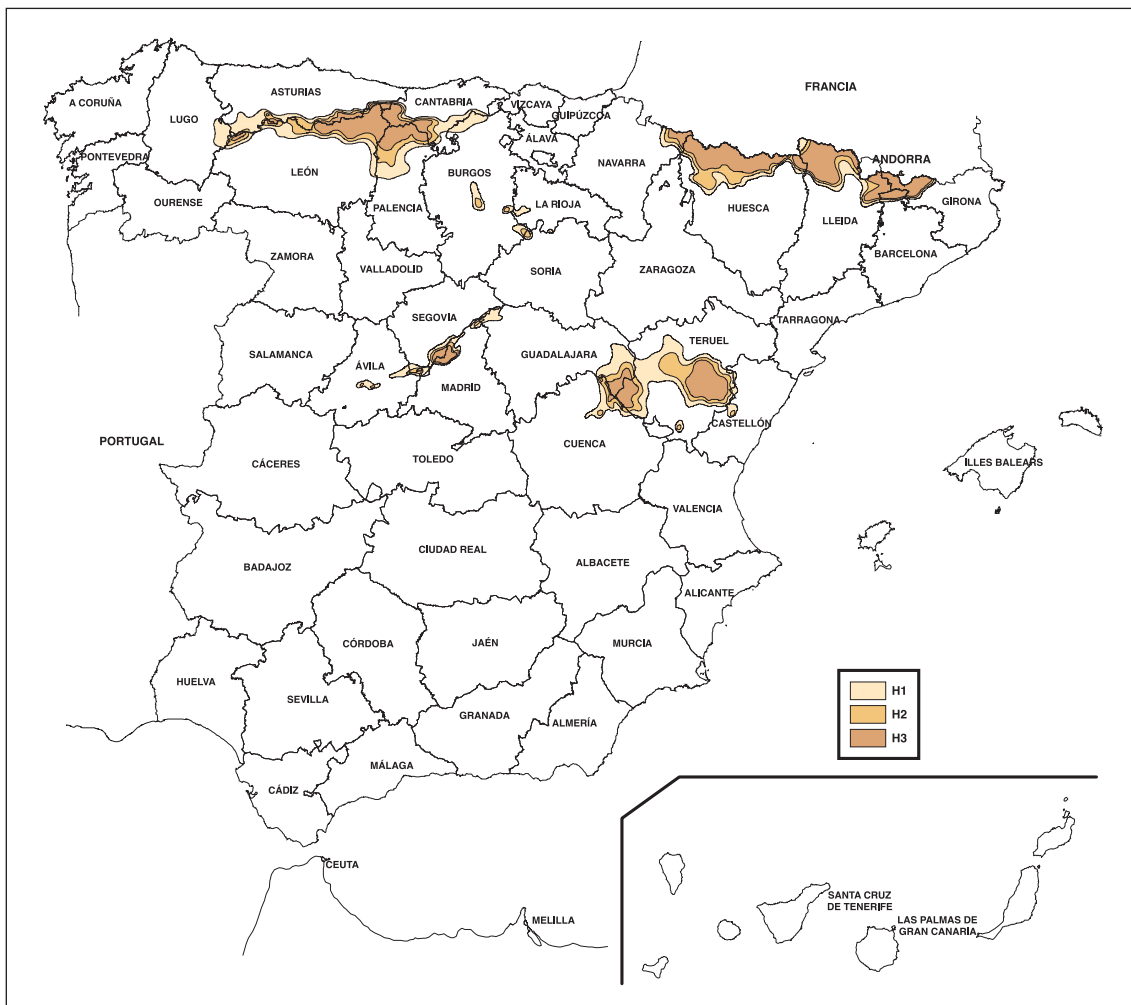


FIGURA 2.10. ZONAS EN LAS QUE DEBE TENERSE EN CUENTA EL EFECTO DE LAS HELADAS, INDEPENDIEMENTE DE SU ALTITUD. MAPA GENERAL

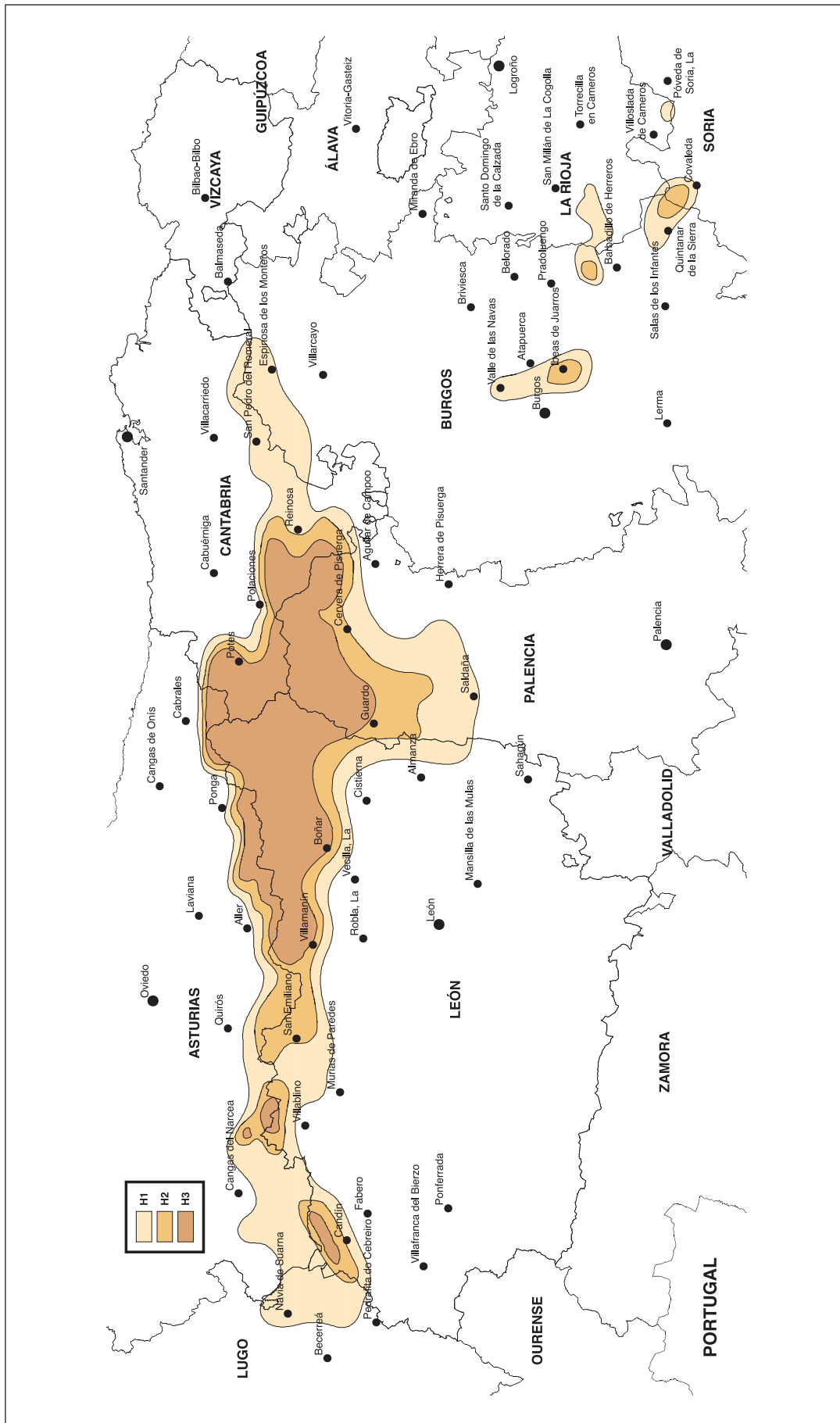


FIGURA 2.11. ZONAS EN LAS QUE DEBE TENERSE EN CUENTA EL EFECTO DE LAS HELADAS, INDEPENDIEMENTE DE SU ALTITUD. MAPA PARCIAL DE LA ZONA NORTE

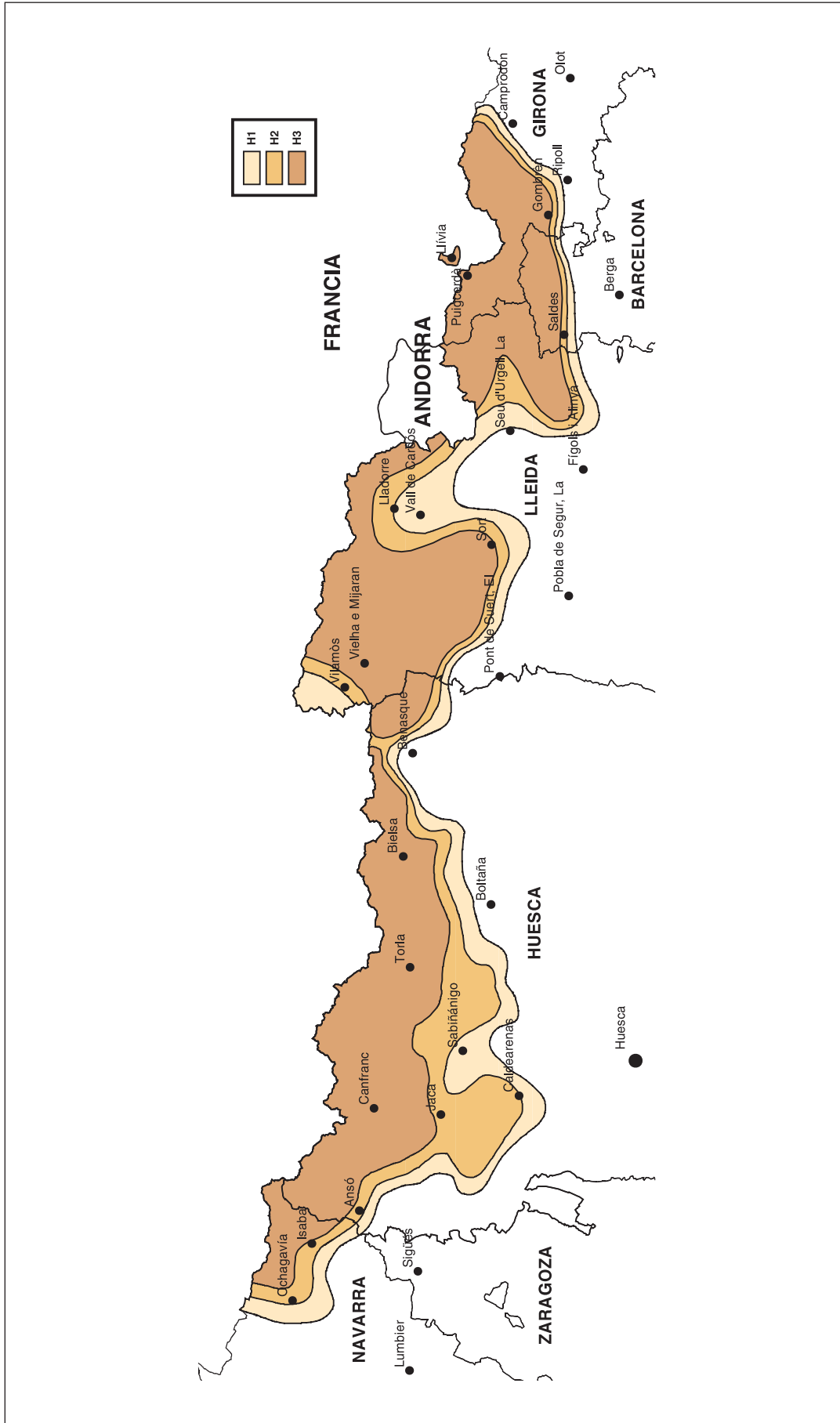


FIGURA 2.12. ZONAS EN LAS QUE DEBE TENERSE EN CUENTA EL EFECTO DE LAS HELADAS, INDEPENDIEMENTE DE SU ALTITUD. MAPA PARCIAL DE LA ZONA PIRENAICA

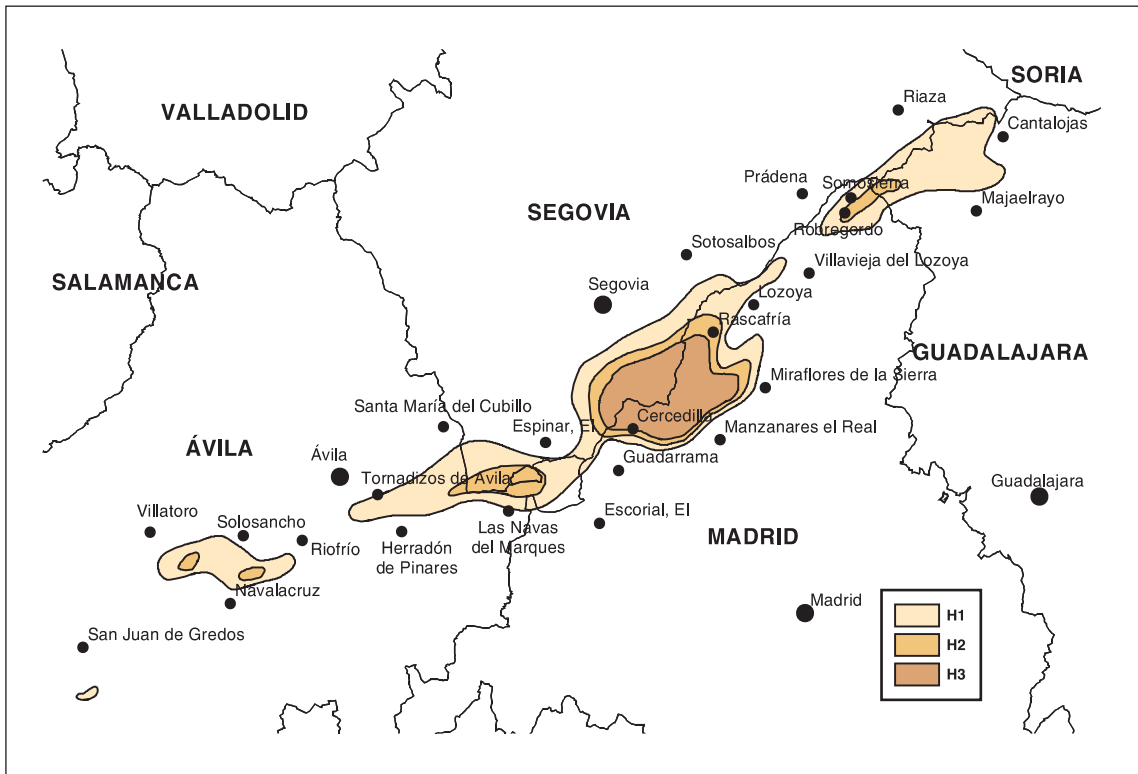


FIGURA 2.13. ZONAS EN LAS QUE DEBE TENERSE EN CUENTA EL EFECTO DE LAS HELADAS, INDEPENDIEMENTE DE SU ALTITUD. MAPA PARCIAL DE LA ZONA DEL SISTEMA CENTRAL

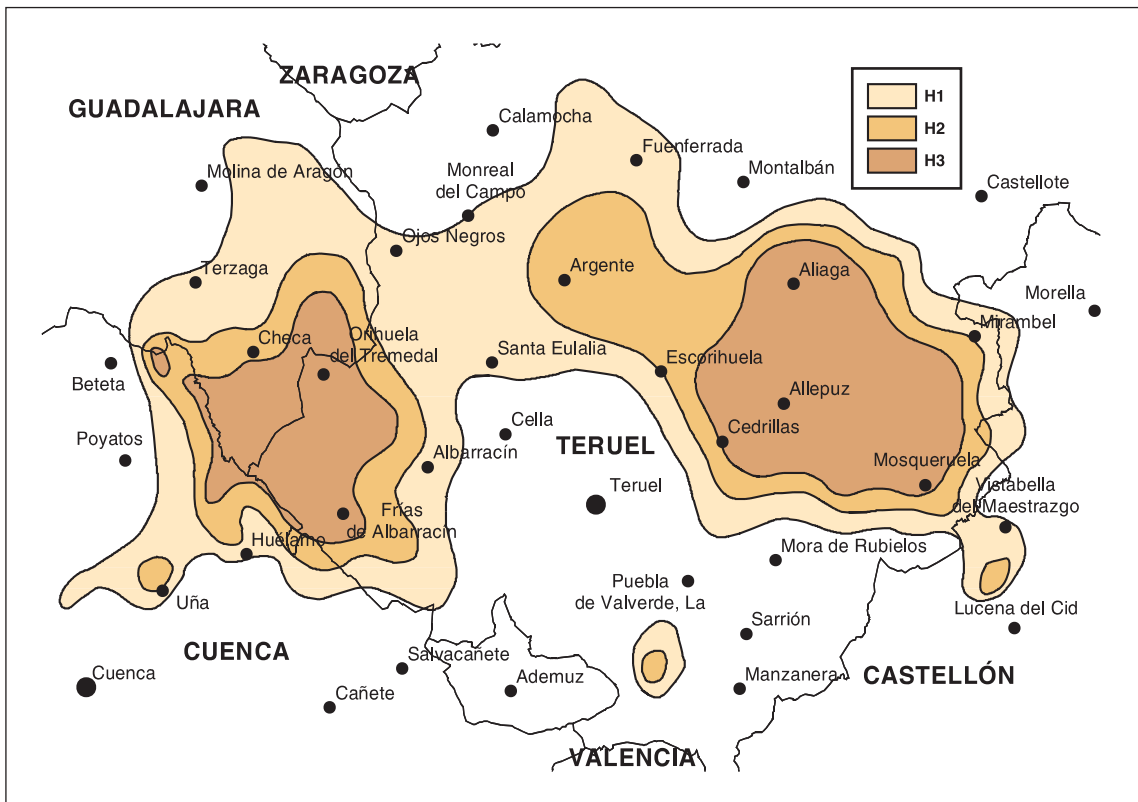


FIGURA 2.14. ZONAS EN LAS QUE DEBE TENERSE EN CUENTA EL EFECTO DE LAS HELADAS, INDEPENDIEMENTE DE SU ALTITUD. MAPA PARCIAL DE LA ZONA DEL SISTEMA IBÉRICO

En el interior de túneles situados en los lugares referidos anteriormente, el efecto de las heladas sólo deberá tenerse en cuenta en las proximidades de las boquillas, en una longitud de cien metros (100 m), salvo justificación expresa en contra del proyecto.

### 2.5.2. PROFUNDIDAD DE LOS SUELOS AFECTADOS POR LA HELADA. MATERIALES SUSCEPTIBLES AL HIELO

No deberán utilizarse suelos susceptibles al hielo, en las zonas especificadas en el apartado 2.5.1, en una profundidad (medida a partir de la rasante de la carretera) igual o inferior a la definida en la tabla 2.4. Si esta profundidad alcanzase el fondo de la explanación (desmontes), deberán sustituirse los materiales susceptibles afectados —bajo la misma—, en el espesor correspondiente.

TABLA 2.4. PROFUNDIDAD DE LOS SUELOS AFECTADOS POR LA HELADA ( $z_s$ )

ZONA DE HELADA*	$z_s$ (m)
H1	0,70
H2	0,80
H3	1,00

\* Véanse figuras 2.10 a 2.14.

Adicionalmente, en carreteras situadas a una altitud superior a mil quinientos metros (1.500 m) y no incluidas en las zonas de helada de la tabla 2.4, si no se dispusiese de datos locales más contrastados, podrá adoptarse un valor  $z_s$  igual a sesenta centímetros ( $z_s = 0,60$  m).

El proyecto, mediante un estudio especial basado en las condiciones climáticas locales, características de la sección transversal, implantación de medidas especiales, etc., podrá justificar una profundidad de afección inferior al valor de  $z_s$  definido en este apartado.

A los efectos de aplicación de este documento, se consideran materiales susceptibles al hielo, los que cumplan alguna de las condiciones siguientes:

- Materiales granulares y suelos cuyo cernido por el tamiz 0,080 UNE esté comprendido entre el quince y el treinta y cinco por ciento ( $15\% \leq \# 0,080 \text{ mm} \leq 35\%$ ).
- Suelos tolerables, marginales e inadecuados que cumplan simultáneamente que el cernido por el tamiz 0,080 UNE sea mayor que el treinta y cinco por ciento ( $\#0,080 \text{ mm} > 35\%$ ), y que su índice de plasticidad sea inferior a veinticinco ( $IP < 25$ ).
- Las rocas que, según los criterios establecidos en los apartados 331.4 y 333.4 del PG-3, no puedan considerarse como estables.
- Las rocas sedimentarias detríticas con granos cementados, tales como areniscas, limolitas, conglomerados, cretas, etc. La posible acción del hielo (que deberá evaluar el proyecto en cada caso), será tanto más importante cuanto más débil sea dicha cementación.

En general los suelos estabilizados in situ, conforme a lo especificado en el artículo 512 del PG-3, se pueden considerar, a priori, poco sensibles al hielo.

### 2.5.3. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE DRENAJE SUBTERRÁNEO

En las zonas indicadas en el apartado 2.5.1 el proyecto deberá evaluar, en su caso, la necesidad de adoptar medidas complementarias de drenaje subterráneo para mantener reducida la humedad y dificultar la alimentación de agua al frente de helada. Estas medidas podrán tomarse de

entre las incluidas en el capítulo 3 de este documento, o bien de entre aquellas otras no previstas específicamente en el mismo, cuyo estudio habrá de realizarse con las prescripciones mínimas que se fijan en el apartado 3.17.

Respecto a la disposición de elementos específicos de drenaje subterráneo, deberán tenerse en cuenta los siguientes criterios:

- Las pantallas o zanjas drenantes próximas a los extremos de calzada y arcenes, disminuyen la humedad bajo los mismos con carácter previo a la helada, evitan la continuidad de los lentejones de hielo que se puedan formar, y facilitan el posterior drenaje del agua proveniente del deshielo.
- Las tuberías drenantes de las zanjas, los dispositivos colectores de las pantallas, así como los colectores y otros elementos o sistemas de drenaje, deben proyectarse a una profundidad superior a la indicada en la tabla 2.5. Esta profundidad se medirá desde la superficie del terreno hasta la generatriz superior de la tubería o colector.

TABLA 2.5. PROFUNDIDAD MÍNIMA DE TUBERÍAS Y COLECTORES ( $z_d$ )

ZONA DE HELADA*	$z_d$ (m)
H1	0,80
H2	0,90
H3	1,10

\* Véanse figuras 2.10 a 2.14.

Adicionalmente, en carreteras situadas a una altitud superior a mil quinientos metros (1.500 m) y no incluidas en las zonas de helada de la tabla 2.5, si no se dispusiese de datos locales más contrastados, podrá adoptarse un valor  $z_d$  igual a setenta centímetros ( $z_d = 0,70$  m).

El proyecto podrá justificar una profundidad de afección inferior al valor de  $z_d$  definido en este apartado mediante un estudio especial basado en las condiciones climáticas locales, implantación de medidas especiales, etc.

El proyecto deberá definir con el nivel de detalle que en cada caso proceda, los sistemas de drenaje subterráneo a disponer, justificando convenientemente su elección y adecuación a cada caso, de acuerdo con lo indicado en el capítulo precedente.

En este capítulo se definen una serie de criterios básicos relativos a los elementos de drenaje subterráneo de más frecuente utilización en obras de carretera. Algunos de ellos son específicos en este tipo de trabajos, mientras que otros son de uso más general; en este último caso se han reflejado los principales aspectos de aplicación dentro del ámbito de este documento.

Podrán disponerse sistemas o elementos no contemplados específicamente en los apartados 3.1 a 3.16, previa aprobación de la Dirección General de Carreteras, siguiendo siempre los criterios básicos recogidos en el apartado 3.17.

### **3.1. ZANJAS DRENANTES**

Son zanjas rellenas de material drenante y aisladas de las aguas superficiales, en el fondo de las cuales generalmente se dispone tubería drenante.

Las zanjas drenantes se proyectarán para proteger las capas de firme y la explanada de la infiltración horizontal, para evacuar parte del agua que pudiera haber penetrado por infiltración vertical, así como para rebajar niveles freáticos y drenar localmente taludes de desmonte o cimientos de rellenos.

Cuando las zanjas drenantes pretendan el rebajamiento del nivel freático, el proyecto deberá determinar la necesidad de efectuar ensayos in situ para conocer el valor de los coeficientes de permeabilidad de los terrenos.

El agua afluirá a las zanjas a través de sus paredes laterales, se filtrará por el material de relleno hasta el fondo y escurrirá por este, o por la tubería drenante. También podrá acceder por su parte superior, si el sistema de drenaje subterráneo estuviera concebido para funcionar de esta manera.

En caso de que no estuviera bien aislada superficialmente podría penetrar agua de escorrentía, lo que deberá evitarse en todo caso.

En ocasiones, previa justificación expresa del proyecto, podrán omitirse las tuberías drenantes, en cuyo caso la parte inferior de la zanja quedaría completamente rellena de material drenante, constituyendo un dren denominado ciego o francés, en el que el material que ocupa el centro de la zanja es preceptivamente árido grueso, conforme a lo especificado en el apartado 421.2.2 del PG-3.

#### **3.1.1. UBICACIÓN**

El proyecto deberá definir el trazado y las características geométricas de las zanjas drenantes, que podrán ubicarse bajo cunetas revestidas siempre que se adopten medidas para que no se produzcan filtraciones bajo las mismas.



---

Cuando el trazado en planta de una zanja drenante y de un colector coincidan, este último se situará en general en la parte inferior de la zanja, bajo la tubería drenante. El colector se dejará embebido en una sección de hormigón que sirva a la vez de solera a la tubería drenante.

La distancia entre arquetas o pozos de registro no será superior a cincuenta metros (50 m), salvo justificación expresa en contra del proyecto, efectuada teniendo en cuenta las necesidades de limpieza y conservación del sistema.

### **3.1.2. PRESCRIPCIONES ESPECÍFICAS SOBRE LA ZANJA DRENANTE**

En el proyecto de las zanjas drenantes deben observarse los siguientes aspectos:

- La ejecución se especificará conforme a lo indicado en los artículos 321, 420 y 421 del PG-3.
- Si el terreno natural y el relleno de la zanja no cumplieran condiciones de filtro, se dispondrá un elemento separador que cumpla dichas condiciones, según se especifica en el artículo 421 del PG-3, con el fin de evitar las migraciones de finos que podrían producir erosión interna en el terreno y colmatación en el relleno de la zanja. La colocación de filtros minerales conduce a soluciones muy elaboradas, por lo que en general será preferible el empleo de geotextiles como elementos de separación y filtro, según se especifica en el artículo 422 del PG-3, envolviendo la zanja.
- Si el fondo de la zanja no estuviera situado en terreno impermeable, se deberá considerar la conveniencia de impermeabilizarlo. Su pendiente longitudinal mínima se determinará en función del material que lo conforme, si bien en todo caso habrá de ser superior a cinco décimas porcentuales (0,5%).

Cuando se lleve a cabo la impermeabilización artificial del fondo, se recomienda disponer una solera de hormigón con sección transversal en forma de «V» o artesa con pendientes iguales o superiores al cinco por ciento (5%). La impermeabilización del fondo también se puede conseguir mediante una capa de espesor suficiente de material tolerable, cuyo cernido por el tamiz 0,080 UNE sea mayor que el treinta y cinco por ciento (# 0,080 mm > 35%) y cuyo contenido de yeso, según NLT 115, sea menor del dos por ciento (2%), o mediante la colocación de lámina impermeable, previo rasanteo y compactación del fondo de la zanja.

- Salvo justificación expresa en contra del proyecto, las zanjas se proyectarán con tubería drenante en el fondo, la cual resulta muy conveniente para canalizar las aguas captadas y posibilitar los trabajos de limpieza y conservación.
- Cuando en la sección transversal de la carretera se dispongan suelos estabilizados in situ próximos a la ubicación de una zanja drenante, deberán prescribirse las precauciones necesarias para evitar la contaminación de esta por lechada.

El proyecto deberá estudiar la estabilidad local de la zanja y global de las obras, antes, durante y después de su construcción.

### **3.1.3. DESAGÜE DE LA ZANJA DRENANTE**

Las zanjas drenantes no deberán recibir más caudales que los captados por ellas mismas en los tramos situados entre arquetas o pozos de registro. Una vez en el pozo de registro o arqueta, las aguas se evacuarán a cauce natural, al sistema de drenaje superficial cuando estuviera previsto, o a colectores.

Cuando en las operaciones de inspección y limpieza en zanjas drenantes, se detecten fugas o roturas en el sistema, se deberá proceder —siempre que sea posible— a la apertura de la zanja, la extracción y sustitución de los elementos inutilizados, y la posterior restitución del sistema a su estado inicial.

Asimismo deberá tenerse en cuenta que las zanjas drenantes constituyen recintos subterráneos de elevada porosidad y permeabilidad, que en caso de fallo del sistema de desagüe, podrían saturarse produciendo acumulaciones de agua indeseables.

### 3.1.3.1. Desagüe directo

En los casos excepcionales, convenientemente justificados en el proyecto, en los que una zanja drenante hubiera de desaguar directamente al exterior sin haberlo hecho previamente a un colector, deberá garantizarse que el vertido se realice a un punto con salida a la red de drenaje superficial o preferiblemente a un cauce.

En la terminación de la zanja drenante se proyectará una transición geométrica en la que la parte superior se acerque a la inferior que deberá estar impermeabilizada, hasta quedar la sección reducida al propio tubo embebido preferiblemente en hormigón. Asimismo se proyectará una solera y embocadura en la sección de vertido, adecuada a los trabajos de limpieza y conservación previstos.

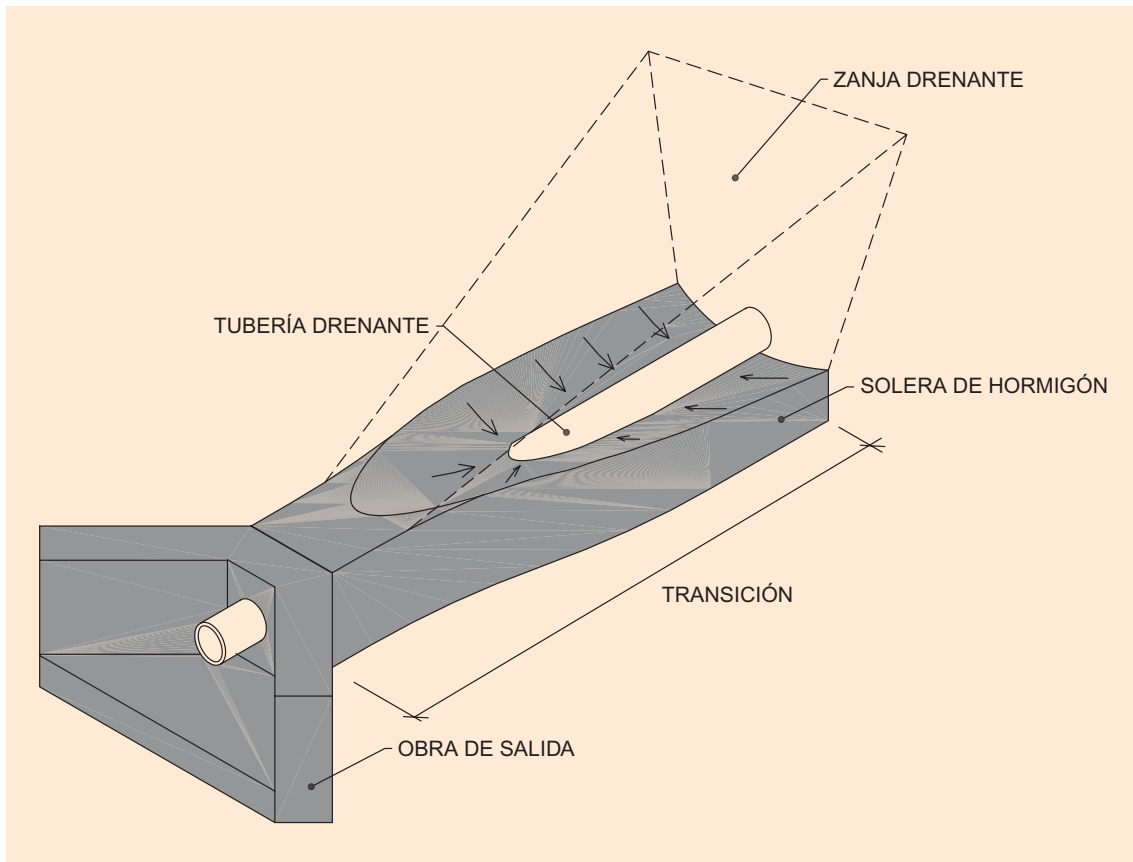


FIGURA 3.1. DESAGÜE DIRECTO DE UNA ZANJA DRENANTE

## 3.2. PANTALLAS DRENANTES

Las pantallas drenantes, o pantallas drenantes de borde, son zanjas bastante más profundas que anchas —su anchura no suele superar los veinticinco centímetros (25 cm)—, que se disponen normalmente en el borde de capas de firme o explanada, en cuyo interior se dispone un filtro geotextil, un alma drenante y generalmente, un dispositivo colector en la parte inferior.

---

Se distinguen dos tipos de pantallas, dependiendo de cuál sea el alma drenante proyectada:

- In situ, en las que suele ser material granular.
- Prefabricadas, en las que el alma drenante se elabora en un proceso industrial.

Aunque las pantallas drenantes requieren una ocupación de espacio en planta comparativamente menor que otras soluciones que procuran objetivos similares, presentan condicionantes de limpieza y conservación más estrictos. En el proyecto se deberá justificar de manera expresa la adecuación de esta solución a la problemática planteada, así como las características y ubicación de las pantallas drenantes, contemplando de modo expreso sus necesidades de limpieza y conservación, y prescribiendo, salvo justificación en contra, que su parte superior sea impermeable.

Las pantallas drenantes pueden disponerse en contacto con las capas de firme o muy próximas a ellas. En este caso debe prestarse especial atención a sus condiciones de impermeabilización.

El diámetro interior mínimo del dispositivo colector deberá ser de cien milímetros (100 mm). Cuando la sección no fuera circular, ésta deberá permitir la inscripción de un círculo de dicho diámetro. En caso de que se justifique de manera expresa en el proyecto, será posible la reducción del diámetro, o incluso la eliminación del dispositivo colector del fondo, atendiendo a circunstancias excepcionales.

La distancia entre arquetas no será superior a cincuenta metros (50 m) salvo justificación expresa en contra del proyecto, efectuada teniendo en cuenta las necesidades de limpieza y conservación del sistema.

La construcción de las pantallas drenantes requiere maquinaria específica, en ocasiones con un tren completo de ejecución de las distintas operaciones. En el proyecto deberá definirse el proceso constructivo a emplear, en coordinación con el de las capas que constituyen la sección transversal de la carretera, detallando al menos los aspectos relacionados en el apartado 3.17 de este documento.

El proyecto deberá estudiar la estabilidad local de la zanja para el alojamiento de la pantalla y global de las obras, antes, durante y después de la ejecución de las mismas.

En el apéndice 4 a estas recomendaciones se incluyen detalles tipo con pantalla drenante.

### **3.3. FILTROS Y MATERIALES DRENANTES**

Los filtros utilizados más frecuentemente son los rellenos localizados de material drenante y los geotextiles.

- Rellenos localizados de material drenante: se estará a lo especificado en el artículo 421 del PG-3.
- Geotextiles: el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto determinará las características que deben cumplir los geotextiles de acuerdo con las prescripciones de los artículos 290 y 422 del PG-3, prestando especial atención a las propiedades relacionadas con los fenómenos de punzonamiento y colmatación.

Para ciertas aplicaciones específicamente definidas en el proyecto, podría estar indicado el empleo de materiales drenantes, no contemplados en el artículo 421 del PG-3, cuyas características deberán definirse en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. En determinados casos, para tratar de evitar la colmatación de dichos materiales, puede resultar conveniente disponer además geotextiles u otros elementos de filtro adicionales o intermedios.

### **3.4. TUBERÍA DRENANTE**

La tubería drenante es una tubería perforada, ranurada, etc., que normalmente estará rodeada de un relleno de material drenante o un geotextil, y que colocada convenientemente permite la captación de aguas freáticas o de infiltración.

Sus características se determinarán de acuerdo con lo especificado en los apartados 420.2.1 y 421.2.2 del PG-3.

El diámetro interior mínimo de los tubos será de ciento cincuenta milímetros (150 mm), salvo justificación en contra del proyecto efectuada teniendo en cuenta las necesidades de limpieza y conservación del sistema. Cuando la sección no fuera circular, esta deberá permitir la inscripción de un círculo de dicho diámetro.

Cuando estas tuberías se instalen en zanjas drenantes se estará además a lo especificado en el apartado 3.1.

### **3.5. COLECTORES**

Los colectores son tuberías enterradas conectadas a arquetas o pozos de registro, de los que recogen las aguas provenientes de los elementos de drenaje.

No son elementos específicos del drenaje subterráneo de las carreteras, ya que aunque pueden conducir caudales provenientes del mismo, suelen recibir otros provenientes del drenaje superficial que normalmente serán muy superiores. En consecuencia, se estará con carácter general a lo especificado para estos elementos en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya.

En ningún caso se proyectarán colectores perforados, ranurados, con juntas abiertas, etc., para captar directamente aguas del terreno.

Cuando las posibles filtraciones desde el colector, pudieran afectar a materiales susceptibles al agua (suelos tolerables con un contenido de yesos, según NLT 115, mayor del dos por ciento (2%), suelos marginales o inadecuados, o rocas que no puedan considerarse estables frente al agua, según se especifica en los artículos 330, 331 y 333 del PG-3), el proyecto establecerá prescripciones complementarias para garantizar su estanqueidad de manera especial, tales como sellado de juntas, encamisado de tubos, etc.

Cuando el trazado en planta de un colector coincida con el de una zanja drenante, se estará a lo especificado al respecto en el apartado 3.1.1.

### **3.6. ARQUETAS Y POZOS DE REGISTRO**

Se estará con carácter general a lo especificado en el artículo 410 del PG-3 y en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya.

El fondo de la arqueta o pozo de registro estará constituido por una solera que garantice su impermeabilidad. Cuando las posibles filtraciones desde los pozos o arquetas puedan afectar a materiales susceptibles al agua (suelos tolerables con un contenido de yesos, según NLT 115, mayor del dos por ciento (2%), suelos marginales o inadecuados, o rocas que no pueden considerarse estables frente al agua, según se especifica en los artículos 330, 331 y 333 del PG-3), la condición de impermeabilidad deberá extenderse a paredes y juntas.

Los detalles necesarios para dar pendientes a la solera, construir conexiones hidráulicas, garantizar la visitabilidad, etc., se proyectarán en general mediante elementos específicos de hormigón (hormigones de forma).

Las zanjas drenantes normalmente desaguarán su caudal a través de la tubería drenante alojada en su fondo, que se prolongará hasta el paramento interior de arquetas y pozos de registro.

Para evitar acumulaciones de agua en el contacto entre la zanja y la arqueta o pozo, se proyectará en el fondo de la zanja, al menos en los cinco metros (5 m) más próximos a la arqueta o pozo, una solera de hormigón —construida de acuerdo con lo especificado al respecto en el apartado 3.1.2 de este documento— en la que la tubería drenante se encuentre embebida al menos cinco centímetros (5 cm) al llegar a la sección de inserción (véase figura 3.2).

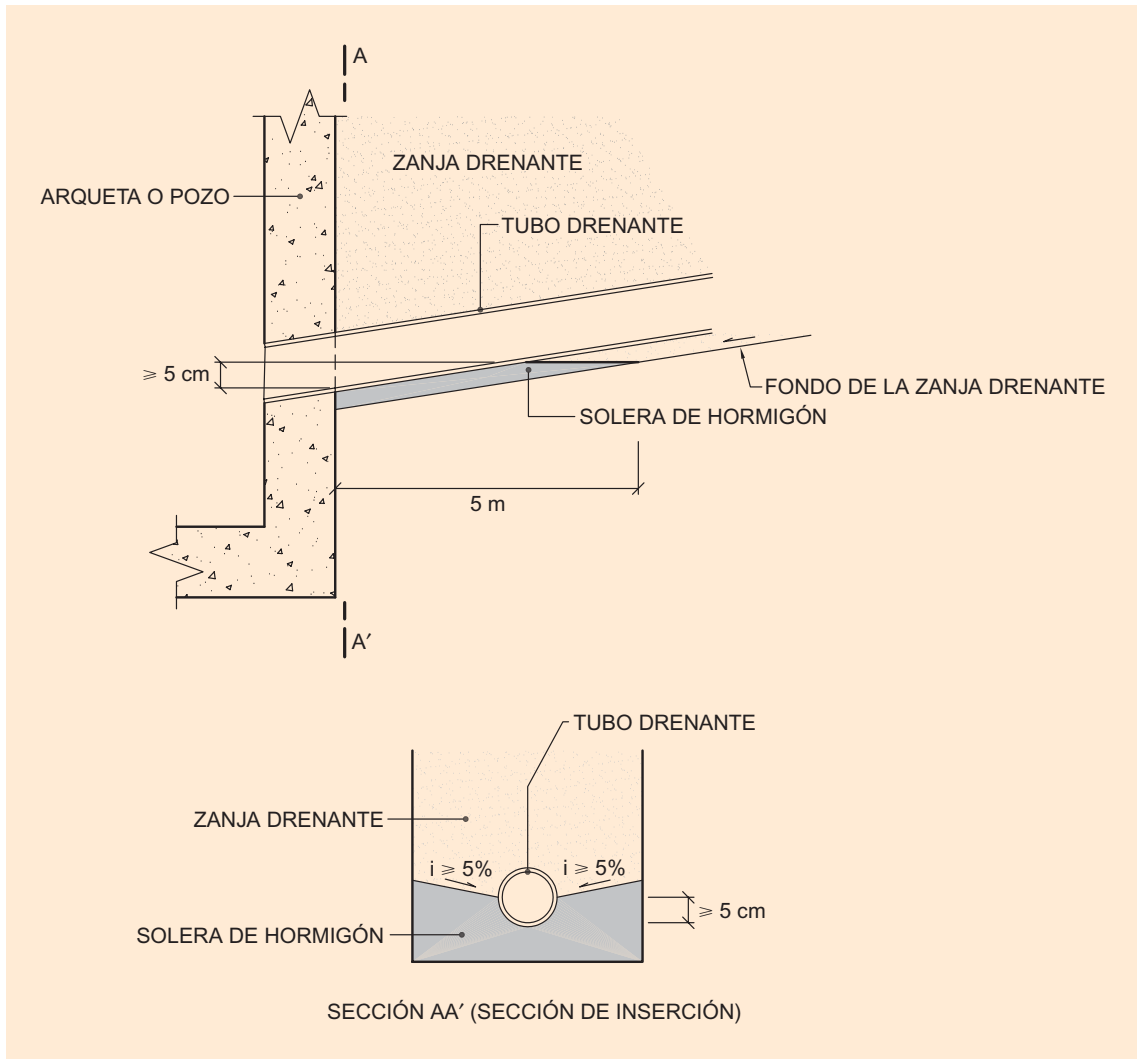


FIGURA 3.2. DETALLE DE LA ZONA DE INSERCIÓN

Cuando entre el pozo o arqueta y los tubos que en ella se inserten puedan existir asientos diferenciales, con objeto de evitar agrietamientos, se usarán juntas elásticas estancas en la sección de inserción, capaces de absorber el asiento previsto. Asimismo el proyecto deberá prescribir la comprobación de la estanqueidad de los tubos de salida.

Las arquetas y pozos se proyectarán de modo que, las aguas de drenaje superficial o de colectores no puedan acceder a los sistemas de drenaje profundo.

### 3.7. LÁMINAS IMPERMEABLES

Para aislar de las aguas ciertas zonas de los rellenos o terrenos naturales, podrán emplearse en general, láminas sintéticas impermeables.

En el proyecto se definirán las características físicas, químicas y mecánicas de dichas láminas, las prescripciones que deban observarse durante su transporte, las condiciones de durabilidad, exposición, recepción y almacenamiento, y su modo de colocación, especificando los requisitos que han de cumplir las uniones, solapes y resguardos en sus bordes.

Las superficies de apoyo de las láminas impermeables deberán ser regulares, con pendiente hacia los puntos bajos de desagüe, colocándose las zonas de solape de la lámina ubicada aguas arriba, sobre la que se encuentra inmediatamente aguas abajo (véase figura 3.3).

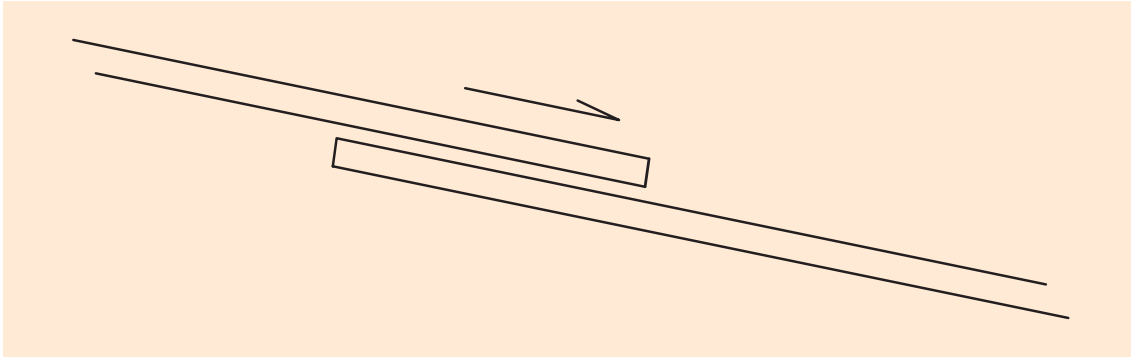


FIGURA 3.3. COLOCACIÓN DE LÁMINAS EN ZONAS DE SOLAPE

Las características de los materiales —rellenos, geocompuestos, etc.— a disponer directamente sobre las láminas, así como sus condiciones de puesta en obra, serán objeto de definición expresa en el proyecto, para garantizar un comportamiento satisfactorio del sistema.

### 3.8. MANTOS DRENANTES

Son capas drenantes formadas por bloques, bolos, material granular o elementos drenantes prefabricados (generalmente geocompuestos), que se disponen entre un relleno y el terreno natural sobre el que éste se cimenta.

Deben recoger y conducir al sistema general de drenaje de las obras, surgencias de agua procedentes del terreno natural y aportes provenientes del propio relleno en su caso. Asimismo tienen por función la interrupción de los procesos de ascensión capilar, al estar constituidos por materiales con huecos de mayor tamaño que los que permiten dicha elevación.

El área del manto depende de la de la zona a drenar. Puede ser bastante reducida cuando se trate de una captación aislada, cubrir toda una vaguada cuando la obra discorra sobre la misma, construirse como elemento de captación de las aguas aportadas por las fracturas de un macizo rocoso en un fondo de desmonte, etc.

Salvo cuando estuviera constituido exclusivamente por geocompuestos, en cuyo caso el proyecto podrá justificar valores menores, el manto drenante tendrá un espesor mínimo de treinta centímetros (30 cm), debiendo encontrarse la línea de saturación al menos a diez centímetros (10 cm) bajo su cota superior. Asimismo y salvo especificación en contra del proyecto, deberán disponerse filtros granulares o geotextiles (véase apartado 3.3) para la protección del manto. En general el manto drenante deberá estar provisto de tuberías drenantes, con desagüe a colectores.

Normalmente, los mantos drenantes que quedan bajo las obras, no se podrán someter a trabajos de conservación sin que éstas se vean afectadas, por lo que resulta de especial importancia que su espesor sea el adecuado, que no se produzca su colmatación, y que el funcionamiento de tuberías drenantes y colectores sea correcto.

En ningún caso se podrán proyectar mantos drenantes en sustitución, o con funciones propias, de las obras de drenaje transversal.

En caso de que se proyecte un manto drenante como elemento de desagüe de ciertos tratamientos de mejora del terreno, tales como mechas drenantes, columnas de grava, etc., el proyecto lo contemplará como parte del tratamiento en cuestión, conforme a lo especificado en el apartado 3.16 de este documento.

### 3.9. DRENES EN ESPINA DE PEZ

Para la captación de un conjunto localizado de manantiales o surgencias, los mantos drenantes pueden sustituirse por una red, generalmente arborescente o con forma de espina de pez, cons-

tituida por zanjas drenantes que confluyen a una principal que funciona como emisario y que, normalmente, alojará tubería drenante y colector en su interior.

Los entronques deberán definirse en el proyecto, mediante piezas especiales entre tuberías, transiciones entre zanjas, arquetas, etc.

El trazado de esta red se determinará de acuerdo con la ubicación de los manantiales o surgencias que hubieran de captarse en cada caso, pudiendo combinarse los drenes en espina de pez con los mantos drenantes (véase figura 3.4).

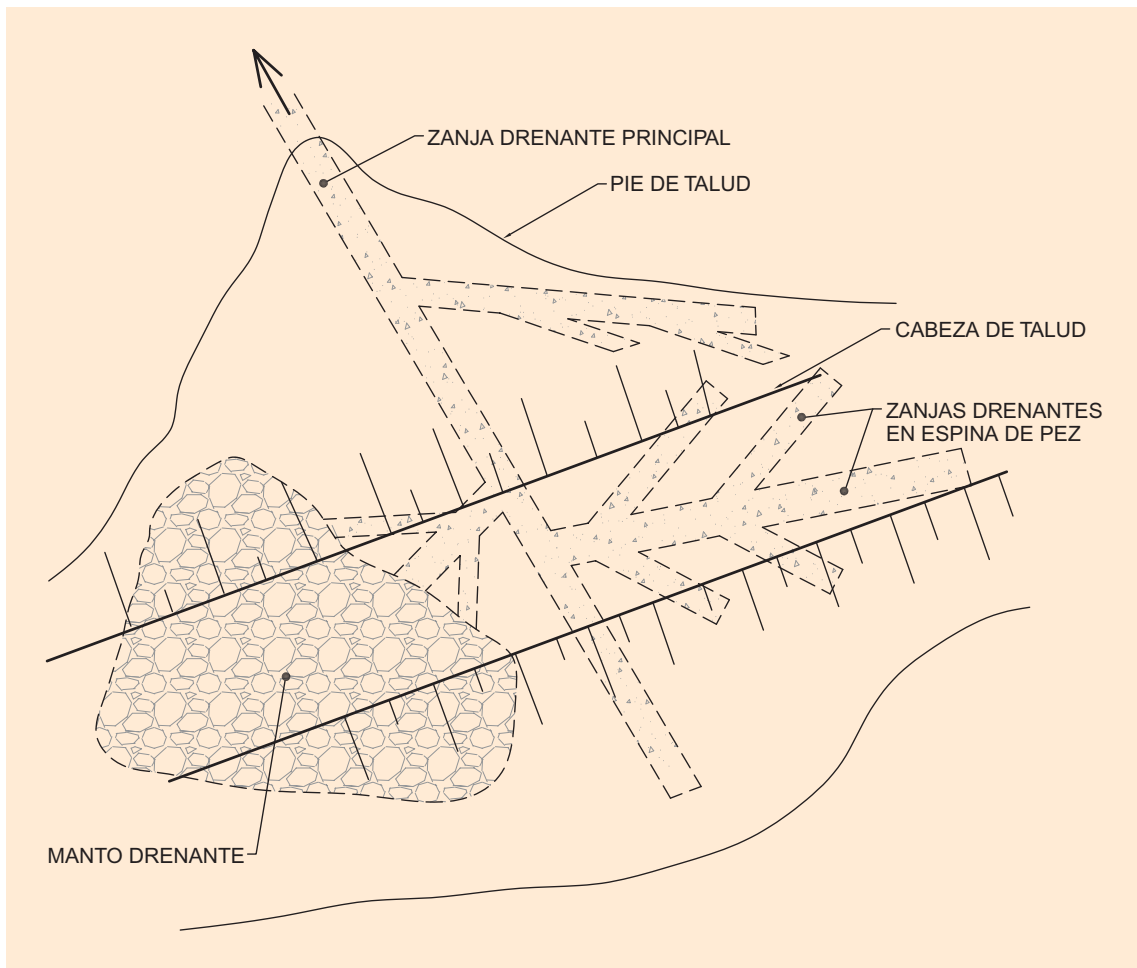


FIGURA 3.4. COMBINACIÓN DE UN MANTO DRENANTE CON DRENES EN ESPINA DE PEZ

### 3.10. TACONES DRENANTES

En rellenos cuyos espaldones pudieran plantear problemas de estabilidad, puede adosarse al pie un tacón generalmente de escollera, con el doble propósito de actuar como elemento resistente —proporcionándole contención lateral—, y de constituir un elemento de drenaje para recoger el agua procedente del terreno de cimentación, del manto drenante si existiera, e incluso del propio relleno en su caso.

Para la construcción de este elemento deberá proyectarse una capa de filtro, conforme a lo especificado en los artículos 658 y 421 del PG-3.

En secciones en terraplén cimentadas sobre una ladera natural, o secciones a media ladera, en las que el tacón drenante se disponga en el pie de menor cota, el proyecto deberá analizar específicamente la estabilidad local y global de las obras antes, durante y después de la construcción del tacón.

Cuando el elemento drenante no se encuentre adosado al relleno, sino que se proyecte como parte integrante del mismo, este constituirá una zona especial de las definidas en los apartados 331.2 y 333.2 del PG-3.

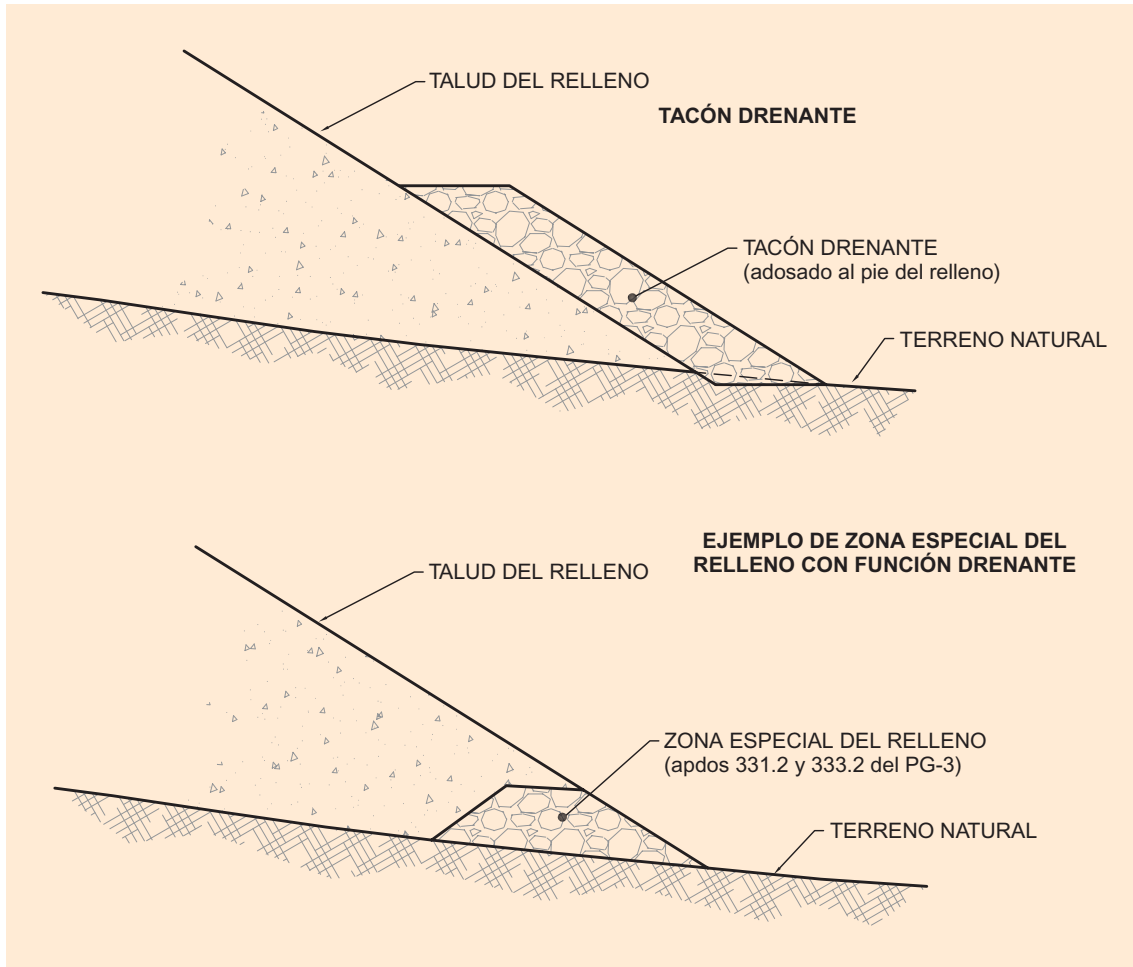


FIGURA 3.5. TACÓN DRENANTE Y EJEMPLO DE RELLENO CON ZONA ESPECIAL DRENANTE

### 3.11. DRENES DE INTERCEPTACIÓN

Son zanjas drenantes provistas por lo general de tubería drenante en su parte inferior, que tienen por objeto la captación de aguas subterráneas, o el rebajamiento del nivel freático, y que se disponen transversalmente al flujo a captar.

Pueden situarse en cimientos de rellenos o al pie de los mismos, al pie o en coronación de los desmontes, en bermas intermedias, etc.

#### 3.11.1. EN CIMIENTO DE RELLENOS

Cuando los rellenos estén cimentados sobre laderas naturales, y se prevea la presencia de agua en la zona de contacto del terreno con el relleno, se deberán proyectar las obras necesarias para mantener drenado dicho contacto, de acuerdo con lo especificado en el apartado 330.6.1 del PG-3.

Podrán proyectarse drenes en el borde alto de dicho contacto; cuando la cimentación sea escalonada podrán asimismo disponerse en los escalones en que se prevea flujo de agua (véase figura 3.6). La pendiente longitudinal mínima de estos drenes será del uno por ciento (1%).



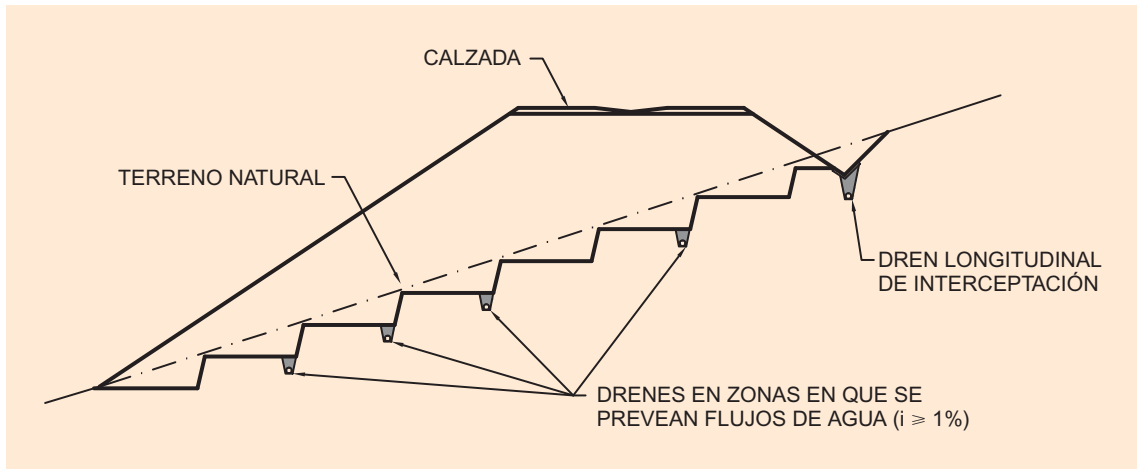


FIGURA 3.6. EMPLEO DE DRENES DE INTERCEPTACIÓN EN EL CIMIENTO DE UN RELLENO

Al proyectar estos drenes, debe tenerse en cuenta que la construcción del relleno puede alterar la distribución de las zonas de afloramiento de las aguas en el terreno natural bajo el mismo, por la eliminación de zonas permeables superficiales, obstrucción de capas permeables profundas, etc.

Lo especificado en este apartado también será de aplicación general para el drenaje del cimiento de la transición desmonte-relleno (véase figura 3.7).

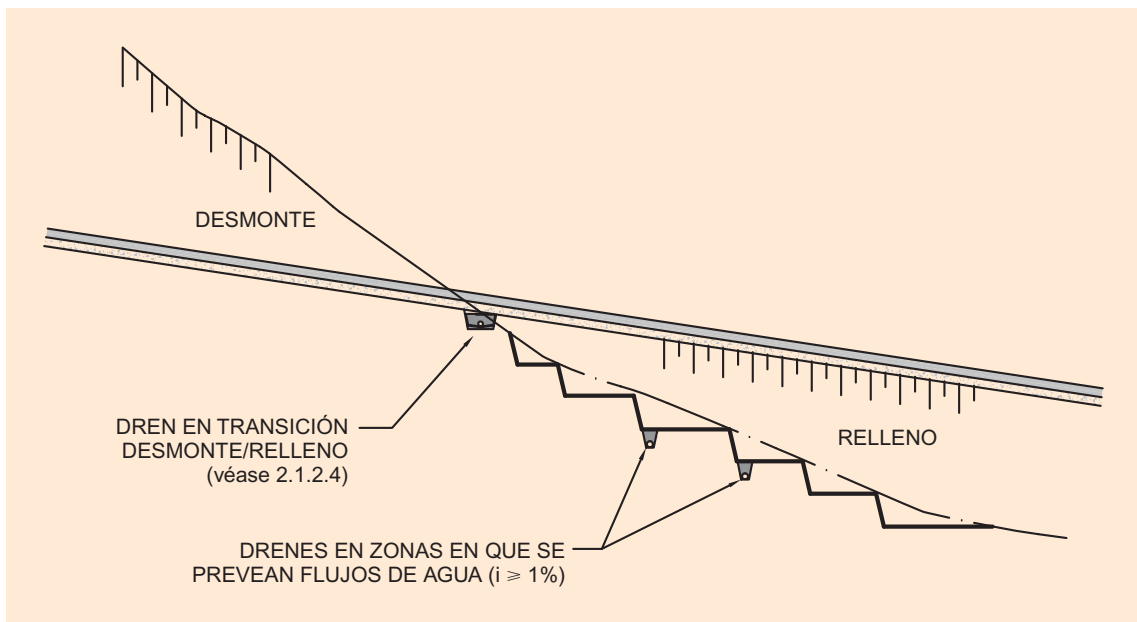


FIGURA 3.7. EMPLEO DE DRENES DE INTERCEPTACIÓN EN UNA TRANSICIÓN DESMONTE-RELLENO

### 3.11.2. DRENES LONGITUDINALES DE INTERCEPTACIÓN

Son zanjas drenantes que se disponen longitudinalmente a la carretera o elemento a proteger, aguas arriba de los mismos, con el fin de interceptar flujos de agua hacia éstos. Su profundidad deberá determinarse en el proyecto, en función de las condiciones hidrogeológicas existentes (véase figura 3.8).

Cuando el flujo a captar se encuentre a mayor profundidad que la alcanzable por una zanja drenante convencional, pueden llegar a construirse con maquinaria similar a la empleada para la ejecución de muros pantalla de hormigón, rellenándose generalmente con material granular.

En estos casos, excepcionales, que el proyecto deberá justificar de manera expresa, deberá estarse a lo especificado en el apartado 3.16 de estas recomendaciones. Debe tenerse en cuenta en la definición del proceso constructivo la posible influencia del empleo de lodos tixotrópicos en la permeabilidad del elemento en cuestión (y su evolución con el tiempo). Asimismo deberán considerarse las dificultades para la disposición de filtros, tuberías drenantes, etc.

En cualquier caso, el proyecto deberá analizar la estabilidad local y global de las obras, antes, durante y después de la construcción del dren longitudinal de interceptación.

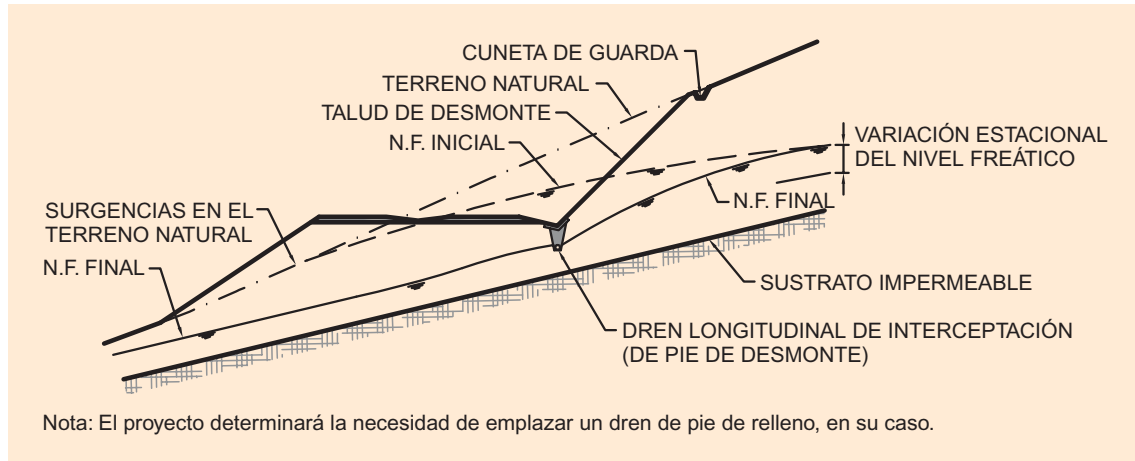


FIGURA 3.8. EJEMPLO DE DREN LONGITUDINAL DE INTERCEPTACIÓN

### 3.12. CONTRAFUERTE DRENANTES

Los contrafuertes drenantes son un sistema mixto de drenaje y refuerzo de aplicación en taludes de desmonte o espaldones de rellenos, que consta de zanjas drenantes orientadas según líneas de máxima pendiente de los mismos, que además actúan como contrafuertes.

Entre dichas zanjas y a diferentes alturas, pueden proyectarse, transversalmente a las primeras, otras de menor o igual profundidad (contrafuertes secundarios) que desagüen a las anteriores, contribuyendo además al refuerzo del paramento en cuestión.

Los contrafuertes se proyectarán con profundidad sensiblemente constante, o variable, en función de las características del terreno y de la importancia relativa de las funciones, de drenaje y refuerzo respectivamente, buscadas en cada aplicación particular. En la figura 3.9 se muestran ejemplos de contrafuertes de profundidad constante y variable.

#### 3.12.1. ASPECTOS RELATIVOS A LA FUNCIÓN DE REFUERZO

El campo de aplicación preferente de los contrafuertes drenantes son los desmontes con oscilaciones de humedad tales que se puedan provocar procesos de erosión e inestabilidad, así como la corrección de inestabilidades superficiales en espaldones de rellenos.

Estos elementos son adecuados, en general, en suelos fácilmente excavables y dotados de cierta cohesión. Normalmente se proyectarán con una profundidad suficiente como para penetrar en el sustrato estable, contribuyendo a una mejora resistente del talud en cuestión, según secciones transversales al eje de la carretera. En este sentido, resultan de gran importancia el espaciamiento y dimensiones de los contrafuertes y las características geotécnicas del material que los constituye.

El proyecto deberá estudiar de manera específica el proceso constructivo a emplear y las condiciones de estabilidad de las obras antes, durante y después de la construcción de los contrafuertes drenantes. En ocasiones puede resultar conveniente la construcción de un pequeño murete al pie de los contrafuertes.

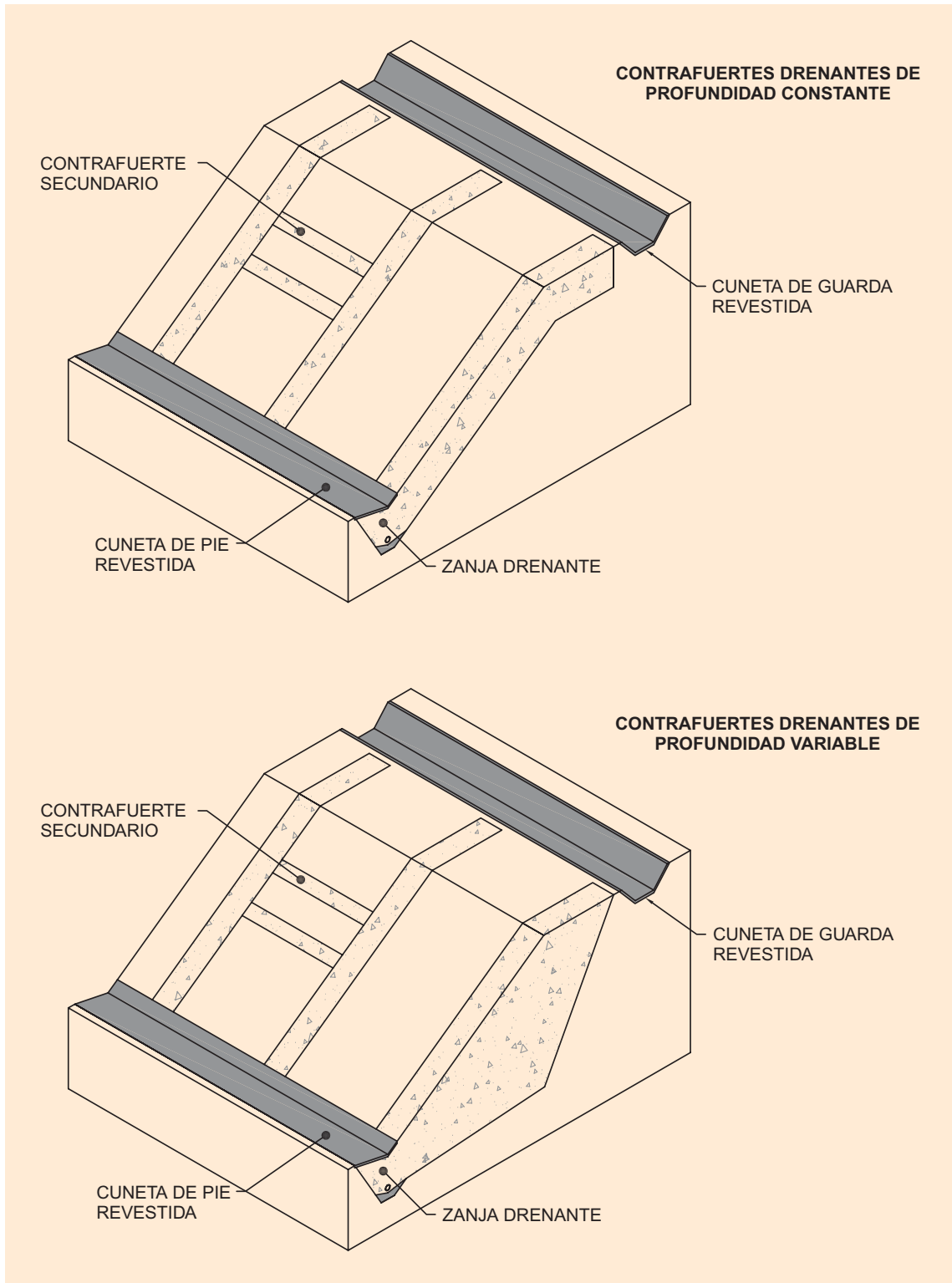


FIGURA 3.9. EJEMPLOS DE CONTRAFUERTE DRENANTES DE PROFUNDIDAD APROXIMADAMENTE CONSTANTE O VARIABLE

### 3.12.2. ASPECTOS RELATIVOS A LA FUNCIÓN DRENANTE

El fondo del contrafuerte debe tener una pendiente uniforme. El proyecto estudiará la conveniencia de impermeabilizar su fondo y colocar tubería drenante.

Para evitar la colmatación de los elementos drenantes, si el refuerzo y el terreno natural no cumplen las condiciones granulométricas del apartado 421.2.2 del PG-3, habrá de disponerse un filtro granular o geotextil. En este último caso no deberá producirse el punzonamiento ni la colmatación del mismo.

Al pie de los contrafuertes puede proyectarse una zanja drenante transversal a éstos que los conecte, que normalmente irá provista de tubería drenante en el fondo, a la que se conectarán las tuberías de los contrafuertes en su caso.

El proyecto incluirá medidas para evitar, en lo posible, la afluencia de aguas de escorrentía hacia los contrafuertes drenantes, disponiendo los elementos de drenaje superficial que sean necesarios, como cunetas de pie, de guarda, bajantes, etc.

### **3.13. DRENES CALIFORNIANOS**

Los drenes californianos son perforaciones de pequeño diámetro y gran longitud —en relación con su diámetro— efectuadas en el interior del terreno natural o de rellenos, dentro de las cuáles se colocan generalmente tubos, que en la mayoría de los casos, serán ranurados o perforados.

Cuando se ejecutan en un desmonte, ladera natural o relleno, su inclinación suele ser próxima a la horizontal, denominándose en consecuencia drenes subhorizontales. También pueden disponerse con mayor inclinación, llegando incluso hasta la vertical en galerías de drenaje.

El objetivo principal de un tratamiento mediante drenes californianos es el de reducir las presiones intersticiales de una zona determinada, agotar una bolsa de agua o rebajar el nivel freático.

#### **3.13.1. UBICACIÓN**

La ubicación de los drenes californianos se determinará en función de la naturaleza de los terrenos atravesados, para lo que deberán tenerse en cuenta sus condiciones hidrogeológicas. Buena parte del éxito de este tratamiento depende del acierto en su disposición, por lo que el conocimiento de la estructura geológica en la que se perforen resulta de capital importancia.

La posición y longitud del dren se definirá de forma que se atraviesen las posibles superficies de inestabilidad, discontinuidades, zonas diaclasadas, planos de fractura, mantos o capas permeables o bolsas de agua —en suma, superficies o volúmenes que contengan el agua a drenar—, prolongándose en general un mínimo de dos a tres metros (2 a 3 m) por el interior de dichas formaciones.

Los drenes subhorizontales pueden proyectarse en varios niveles, desde pies de desmonte y bermas intermedias, a media altura en taludes, etc. En ocasiones pueden perforarse durante la ejecución de las excavaciones, con el fin de actuar como elementos de estabilización por disminución de las presiones intersticiales en los taludes durante su construcción.

También pueden proyectarse retículas tipo, en función de las características de los terrenos a atravesar, que podrán ejecutarse en un proceso iterativo de densificación de una malla inicial más amplia.

#### **3.13.2. PERFORACIÓN**

La inclinación de la perforación, descendente hacia el talud, será como mínimo del tres por ciento (3%).

La perforación de los drenes californianos simultáneamente a la excavación de los desmontes, sobre todo en paramentos de altura superior al rango de maniobra de la maquinaria habitual para este tipo de trabajos, puede simplificar su ejecución y mejorar las condiciones de drenaje durante la propia excavación.

---

No deberán emplearse lodos tixotrópicos durante la perforación. Cuando sea necesario contener las paredes por atravesar tramos de falla, terrenos inestables, etc., se deberá emplear entubación provisional para estabilizar las paredes del taladro hasta la instalación del tubo definitivo.

El proyecto deberá determinar y definir en su caso, en función de la naturaleza de los terrenos atravesados, su disposición geológica y su estructura, la necesidad o no de filtro, de tipo mineral o geosintético, entre la pared de la perforación y el tubo. La colmatación del filtro puede suponer la práctica inutilización del dren californiano.

### **3.13.3. TUBOS**

En general, los drenes californianos se proyectarán con tubos en su interior, metálicos o de materiales plásticos, perforados o ranurados, con diámetro interior mínimo de cinco centímetros (5 cm). Las ranuras u orificios deberán disponerse a lo largo de aquellas zonas del tubo que, tras su ubicación en el interior del terreno, supongan captación de aguas, si bien normalmente podrán admitirse longitudes mayores de estas zonas con orificios o ranuras.

En cuanto a la elección del material de los tubos para drenes californianos, se tendrán en cuenta los movimientos esperables en el terreno, medidos transversalmente a su eje. Cuando se prevengan movimientos superiores a su radio, en general resultará conveniente la elección de drenes metálicos. El proyecto definirá el sistema de empalme de los tramos del tubo.

Deberá tenerse en cuenta que la rotura de un dren californiano puede suponer, con frecuencia, el vertido de las aguas captadas en el interior de los terrenos atravesados, precisamente en el lugar de dicha rotura, con frecuencia zonas falladas, alteradas o inestables, discontinuidades, superficies de deslizamiento, etc.

En general los dos o tres metros (2 ó 3 m) del tubo que queden más próximos a la boca del taladro no deben presentar orificios ni ranuras. El proyecto prescribirá el sellado del espacio anular exterior al tubo en la boca del taladro, con arcilla u otro material impermeable, de forma que se garantice que el agua salga por el interior del tubo sin dañar las paredes de la perforación.

Asimismo, podrán proyectarse drenes californianos sin tubo interior, principalmente en roca sana, donde no resulten esperables movimientos que supongan una obstrucción de la perforación, ni existan materiales que puedan taponarla. La disposición de este tipo de drenes sin tubo interior requerirá una justificación expresa en el proyecto de su adecuación e idoneidad, definiendo también su diámetro, que en general no será inferior al recomendado para los tubos.

El proyecto especificará las condiciones de conservación de los drenes californianos que incluirá su revisión periódica y siempre que sea posible, su limpieza con aire a presión.

### **3.13.4. AGUAS CAPTADAS**

Los caudales y el tiempo durante el que los drenes californianos aporten agua, dependerán de los volúmenes y condiciones de recarga de las zonas drenadas, así como de la permeabilidad de los materiales en cuestión. Cuando se dispongan como drenaje de materiales de baja permeabilidad, el alivio de presiones puede implicar un periodo de tiempo prolongado, normalmente de varios meses, siendo el caudal evacuado escaso.

El agua procedente de los drenes californianos deberá canalizarse adecuadamente, de manera que no afecte a los taludes o superficies por las que escurran las aguas captadas, proyectando en caso necesario tubos o bajantes conectadas a cunetas u otros elementos del drenaje superficial.

Cuando los drenes californianos se utilicen exclusivamente para procurar el alivio de presiones intersticiales en materiales de baja permeabilidad, siendo previsible la evacuación de caudales muy escasos durante la totalidad de la vida útil de la obra, el proyecto podrá justificar que no son necesarios los trabajos de sellado anular exterior, canalización, etc., referidos en este epígrafe.

### 3.14. POZOS

Los pozos son perforaciones verticales, revestidas o no, proyectadas para rebajar el nivel freático en sus inmediaciones, bien mediante desagüe por gravedad, bien mediante bombeo.

Son obras de ejecución poco frecuente, que requieren un buen conocimiento previo de la hidrogeología de la zona; su éxito depende en buena medida del mismo.

Pueden proyectarse con carácter de obra provisional o definitiva, para tratamiento de desmontes y cimiento de rellenos, tanto individualmente como formando alineaciones en las que, en general los pozos se conectarán entre sí.

Los pozos de drenaje deben disponerse de forma que se interpongan en el flujo de agua hacia el elemento a proteger. La profundidad, separación, diámetro y caudal en los mismos dependerá de las características hidrogeológicas de la zona a drenar, debiendo efectuarse siempre que sea posible, ensayos de campo previos. En todo caso como contraste de hipótesis, o cuando la realización de dichos ensayos no fuese factible, deberán emplearse fórmulas teóricas.

#### 3.14.1. REVESTIMIENTO

En el caso más general, los pozos se revestirán con tubos perforados o ranurados, rellenando el espacio anular exterior con material granular drenante.

Cuando exista una superficie de deslizamiento, o zona inestable, deberá procurarse que ni los propios pozos, ni sus posibles conexiones, la atraviesen. En caso contrario, este aspecto deberá tenerse en cuenta efectuando un dimensionamiento de su sección en consecuencia, puesto que la rotura de un pozo o conexión implicaría la acumulación de agua en una zona de donde pretende evacuarse.

Siempre que sea factible, y en todo caso en el fondo de los pozos visitables, el proyecto dispondrá una solera de hormigón y definirá su espesor, que será de al menos cincuenta centímetros (50 cm). Se rellenará con hormigón el espacio anular en la zona en la que se dispongan las conexiones, galerías o perforaciones de evacuación del agua o comunicación entre pozos. Asimismo podrán disponerse hormigones de forma (véase apartado 3.6) para la construcción de detalles de drenaje y conexiones.

Cuando los pozos sean visitables, sus dimensiones y demás características deberán permitir el acceso del personal y equipos de conservación.

Los pozos se cerrarán con tapas que impidan la entrada de agua de lluvia o escorrentía superficial.

#### 3.14.2. DESAGÜE

Los pozos pueden comunicarse entre sí mediante perforaciones o galerías ejecutadas desde la superficie del terreno o desde otros pozos, con el fin de que dispongan de drenaje por gravedad o de centralizar el sistema de bombeo. En caso de que no dispusieran de conexión, deberán desaguar independientemente o dotarse de sistemas de bombeo individuales.

En el proyecto se definirá el sistema de desagüe a utilizar tanto durante la vida útil de las obras, como durante su construcción, debiendo ponderarse la factibilidad del drenaje gravitatorio, con las necesidades de conservación, mantenimiento y explotación de los sistemas de bombeo.

En las inmediaciones de los pozos equipados con sistemas de bombeo o auscultación que lo requieran, se dispondrán armarios o casetas para albergar los equipos y sistemas auxiliares, de acuerdo con la normativa correspondiente.

Si el desagüe se efectuara individualmente y por gravedad, previa justificación del proyecto específica para cada pozo, su interior en lugar de ser hueco, podría rellenarse con material granular drenante.

---

### 3.15. GALERÍAS DE DRENAJE

Son galerías generalmente subhorizontales, excavadas en el terreno natural y dotadas de dispositivos de captación y evacuación de aguas subterráneas.

Resultan obras poco frecuentes, que requieren un buen conocimiento previo de la estructura geológica y del comportamiento hidrogeológico de la zona; su éxito depende en buena medida del mismo.

Las galerías se proyectarán para favorecer la estabilización de desmontes y laderas naturales, procurando la interceptación de las aguas subterráneas, el rebajamiento de los niveles freáticos y la disminución de las presiones intersticiales en el interior de los terrenos en cuestión.

Deberán emplazarse en terrenos estables; en particular cuando procuren el drenaje de un deslizamiento, habrán de emplazarse bajo aquél, en un lugar no movilizado previamente. Si tuvieran que atravesar necesariamente una zona inestable, este aspecto se tendrá en cuenta en el dimensionamiento de su sección.

El proyecto deberá definir, en función de las características geológicas y geotécnicas de la ladera, al menos el trazado en planta y alzado de la galería, su sección transversal, el procedimiento constructivo a emplear, los tipos de sostenimiento y revestimiento en su caso y los sistemas de captación y desagüe.

En función de las características de los terrenos atravesados, las paredes de las galerías podrán precisar diferentes tipos de sostenimiento y revestimiento en su caso, debiendo presentar permeabilidad suficiente –que puede conseguirse incluso mediante oquedades, discontinuidades o perforaciones en las paredes–, para dejar pasar el agua a su interior, donde habrán de proyectarse sistemas para garantizar la evacuación de las aguas captadas por gravedad, al exterior.

Para incrementar su eficacia, suelen equiparse con baterías de drenes californianos dispuestos en forma de abanico hacia zonas concretas, disponerse en combinación con pozos de drenaje, etc.

En general, es recomendable disponer una solera hormigonada con ligera pendiente transversal y un canal para la evacuación de las aguas con pendiente longitudinal suficiente.

Siempre que sea posible las galerías serán visitables, permitiendo sus dimensiones y demás características el acceso del personal y equipos de conservación. La entrada de la galería se cerrará con una puerta o reja, de tal modo que se posibilite la evacuación de las aguas y se impida el acceso de animales.

### 3.16. TRABAJOS GEOTÉCNICOS ESPECÍFICOS

La ejecución de ciertos trabajos típicamente geotécnicos puede dar lugar, como objetivo principal de los mismos o como complemento de otros (estabilización, refuerzo, contención, etc.), a una mejora de las condiciones de drenaje de las obras, que incluso sólo se pueda obtener por medio de estas técnicas.

Entre estos trabajos pueden citarse:

- Pantallas verticales de impermeabilización de bentonita-cemento, hormigón u otros materiales, que aíslan una zona de los flujos de agua subterránea.
- Técnicas de mejora del terreno, que habitualmente procuran el aumento de la capacidad de soporte, la consolidación de los suelos, la corrección de asentos y otros aspectos, basándose o llevando aparejada en buena parte de los casos, una mejora de las condiciones de drenaje de los terrenos, como las columnas de grava, los drenes verticales prefabricados o de arena, etc.
- Técnicas de rebajamiento de niveles freáticos, tales como achiques, lanzas de drenaje con vacío interior (también conocidas como well points), que normalmente se aplicarán con carácter temporal, pero que en casos singulares podrán ser permanentes.

- Otras técnicas de mejora del terreno que en su aplicación suponen un cambio de los flujos de agua o de las condiciones de permeabilidad, como la electroósmosis, la congelación artificial de suelos y los tratamientos con jet grouting u otros tipos de inyecciones.

Este tipo de trabajos, que no son el objeto de este documento, requieren una definición completa en el proyecto, adaptada a la singularidad de cada caso. Para aquellas unidades de obra que estén incluidas en el PG-3, se deberán cumplir las prescripciones establecidas en el mismo.

### **3.17. OTROS ELEMENTOS O SISTEMAS DE DRENAJE SUBTERRÁNEO**

En ocasiones, puede resultar conveniente la disposición de otros elementos o sistemas de drenaje diferentes de los indicados en los apartados 3.1 a 3.16 de estas recomendaciones.

El proyecto deberá 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. Para ello deberá contar con la aprobación de la Dirección General de Carreteras.

En todo caso el proyecto deberá analizar los siguientes aspectos:

- Justificación expresa de la necesidad y adecuación del elemento o sistema propuesto a la problemática planteada.
- 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.
- 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 recepción 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 en su caso.
- 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, tales como taludes en desmonte, rellenos, etc.), antes, durante y después de la ejecución de los trabajos en cuestión.
- Descripción de las principales actividades de conservación.
- Necesidad, tipo y frecuencia de limpieza, mantenimiento y reparaciones.
- Necesidad, tipo y frecuencia de la auscultación, cuando fuera de aplicación.





En el proyecto se especificarán aquellos aspectos que se consideren más significativos para el adecuado funcionamiento de los sistemas de drenaje durante las fases de construcción y explotación de la carretera.

En aquellas unidades de obra que dispusieran de artículo o referencia expresa en el PG-3, se observará lo especificado en los mismos.

## 4.1. CONSTRUCCIÓN

En relación con la construcción, el proyecto estará con carácter general a lo indicado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya, y prescribirá que los sistemas de drenaje subterráneo no se usen en ningún caso con funciones diferentes de aquellas para las que hubieran sido proyectados, ni aún en situaciones provisionales de obra.

Asimismo especificará las condiciones de acopio y almacenamiento en su caso, de los materiales y productos para la ejecución de los trabajos de drenaje subterráneo.

En la apertura y ejecución de zanjas para drenaje subterráneo se estará, con carácter general, a lo especificado en los artículos 321 y 420 del PG-3.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares indicará expresamente la necesidad de la comprobación topográfica de los fondos de las zanjas antes de proceder a su relleno. En caso de emplearse zanjadoras, estas deberán contar con sistemas de control de nivelación que garanticen este aspecto.

El proyecto especificará que la colocación de conductos se efectúe del desagüe hacia aguas arriba, además prescribirá que las zanjas no deben permanecer abiertas más tiempo del estrictamente necesario y que se deben impermeabilizar superficialmente, en su caso, tan pronto como sea posible.

Por su propia naturaleza, ciertos elementos de drenaje subterráneo entrarán en funcionamiento por sí mismos tan pronto hayan sido concluidos (drenes californianos, pantallas drenantes, pozos, etc.). El proyecto deberá estudiar las fases de construcción de forma que estén resueltos con carácter previo, sus desagües, conexiones, afecciones a otras zonas de las obras, etc. Asimismo deberá contemplar la ejecución coordinada del drenaje de estabilización con las explanaciones, siempre que sea posible.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares especificará, en función del sistema de drenaje subterráneo de que se trate, los procedimientos a emplear para la comprobación de su funcionamiento una vez se haya concluido. La verificación de la integridad de las tuberías podrá llevarse a cabo visualmente cuando sea posible, o por otro medio que haya sido sancionado por la práctica (introducción y extracción de torpedo, cámara de televisión, etc.).

Deberá reflejarse en planos la disposición de los sistemas de drenaje subterráneo realmente construidos, con la precisión necesaria para permitir los trabajos de limpieza, mantenimiento y conservación, así como para facilitar la realización o autorización de obras posteriores. Este aspecto resulta de especial importancia en obras que puedan quedar ocultas o que resulten de difícil acceso. En este sentido, el proyecto puede determinar la conveniencia de que se instalen hitos u otro tipo de referencias en el terreno, para facilitar la localización de dichas obras.

---

## 4.2. CONSERVACIÓN

El proyecto deberá tener en cuenta las necesidades de conservación al definir un determinado sistema de drenaje subterráneo y describir las operaciones necesarias en los anejos correspondientes.

El proyecto habrá de considerar aspectos geométricos tales como diámetros y otras dimensiones de sus elementos, radios de curvatura, distancias entre arquetas, pozos y otros puntos de desagüe, y cualesquiera otros que sean necesarios para posibilitar las operaciones de conservación, mantenimiento y limpieza. En todo caso, los valores que resulten deben ser iguales o más favorables para la realización de dichas operaciones que los establecidos en este documento.

En los correspondientes anejos deberán indicarse los procedimientos de limpieza que se consideren más adecuados en cada caso. En este sentido, para la limpieza de las tuberías drenantes se puede recomendar maquinaria de trabajo en seco o mediante agua a presión con útiles específicos. El empleo de agua a presión suele determinar la introducción, en mayor o menor medida, de agua en el terreno, lo cual habrá de tenerse en cuenta para la planificación de este tipo de operaciones. En materiales sensibles al agua, o cuando los drenes se encuentren en contacto directo con el terreno (por ejemplo los californianos sin filtro), será preferible en general efectuar la limpieza mediante aire a presión.

Se prescribirá que periódicamente, y tras episodios de lluvia especialmente intensos, se proceda a la inspección de los sistemas de drenaje subterráneo de la carretera para verificar su funcionamiento, y a su limpieza.

La frecuencia de las operaciones de inspección y limpieza se establecerá en función de condicionantes locales (caudales drenados, comportamiento de los filtros, sedimentación de partículas en los conductos, etc.). El proyecto deberá efectuar una estimación inicial de dicha frecuencia, que habrá de contrastarse durante la explotación de la carretera.

### 4.2.1. AUSCULTACIÓN

El fallo de los sistemas de drenaje subterráneo puede resultar de difícil detección, ya que en muchos casos se trata de sistemas no accesibles y de funcionamiento ocasional.

Un sistema de drenaje subterráneo con obstrucciones, pérdidas o roturas, puede resultar incluso más perjudicial para el conjunto de las obras que su propia inexistencia, ya que aparte de su ineficiencia puede llegar a invertir su funcionamiento, provocando la entrada de agua en los lugares de donde pretendiera evacuarse.

El proyecto, de acuerdo con los criterios especificados en este documento, determinará en su caso la necesidad de realizar la auscultación de determinados sistemas del drenaje subterráneo de las obras, el tipo de lecturas a realizar, su frecuencia y cuantas otras cuestiones fueran necesarias.

En este sentido conviene hacer constar que si después de varios días de lluvia no se recogen caudales en los drenes, no se detecta un incremento de los niveles de agua en los pozos, etc., esto puede suponer un indicio de mal funcionamiento del sistema de drenaje, o de que las aguas infiltradas siguen un recorrido diferente del previsto en el proyecto.

Cuando los caudales o la propia naturaleza de los datos lo permitan, la realización de aforos en los sistemas de drenaje subterráneo puede constituir una herramienta útil para la detección de anomalías en su funcionamiento. En el drenaje de estabilización, los aforos, las lecturas de niveles piezométricos, etc., constituyen un elemento importante para la auscultación general de las obras.

Resulta conveniente referir los datos tomados en cada fecha (caudales, niveles piezométricos, etc.) al instante en que se produjeron las lluvias y al valor de las precipitaciones, pues los sistemas de drenaje subterráneo suelen presentar retrasos, por lo general de varios días, entre precipitación y drenaje.

## APÉNDICE 1. DEFINICIONES

**ARCÉN.** A los efectos de este documento se define como la franja longitudinal contigua a la calzada, dotada de firme, pero no destinada al uso de vehículos automóviles más que en circunstancias excepcionales.

**BERMA.** Franja longitudinal, afirmada o no, comprendida entre el borde exterior del arcén y la cuneta o talud.

**CALZADA.** Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos. Se compone de uno o de varios carriles.

**COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD.** Cociente entre caudal de agua a través de una sección de área unitaria (velocidad media) y gradiente hidráulico, determinado en un punto del terreno, o sobre una muestra de suelo o roca. Depende de la naturaleza del material, de su grado de saturación y de su anisotropía.

**DESMONTE.** Parte de la explanación situada bajo el terreno original.

**DREN.** Elemento de drenaje subterráneo cuya función es la captación de aguas freáticas o de infiltración.

**EXPLANACIÓN.** Zona de terreno realmente ocupada por la carretera, en la que se ha modificado el terreno original.

**EXPLANADA.** Superficie sobre la que se apoya el firme, no perteneciente a su estructura.

**FIRME.** Conjunto de capas ejecutadas con materiales seleccionados, y generalmente tratados, que constituye la superestructura de la plataforma, resiste las cargas del tráfico y permite que la circulación tenga lugar con seguridad y comodidad.

**FRENTE DE HELADA.** Superficie límite entre suelos congelados y no congelados, que varía durante el transcurso de la helada.

**GRADIENTE HIDRÁULICO.** Cociente de la diferencia de nivel piezométrico entre dos puntos dividida por la distancia entre ambos, medida según el recorrido del flujo en cuestión.

**MEDIANA.** Franja longitudinal situada entre dos plataformas separadas, no destinada a la circulación.

**PAVIMENTO.** Parte superior de un firme, que debe resistir los esfuerzos producidos por la circulación, proporcionando a esta una superficie de rodadura cómoda y segura.

**PLATAFORMA.** Zona de la carretera destinada al uso de los vehículos, formada por la calzada, los arcenes y las bermas afirmadas.

**PROFUNDIDAD DE HELADA.** Profundidad máxima de penetración del frente de helada, a considerar a los efectos de este documento.

---

**RELLENO.** Obra constituida por tongadas de suelos o rocas, construida para elevar la rasante de la carretera respecto del terreno original. De acuerdo con lo especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes, (PG-3), en función de sus características se clasifican en rellenos de tipo terraplén, todo-uno o pedraplén.

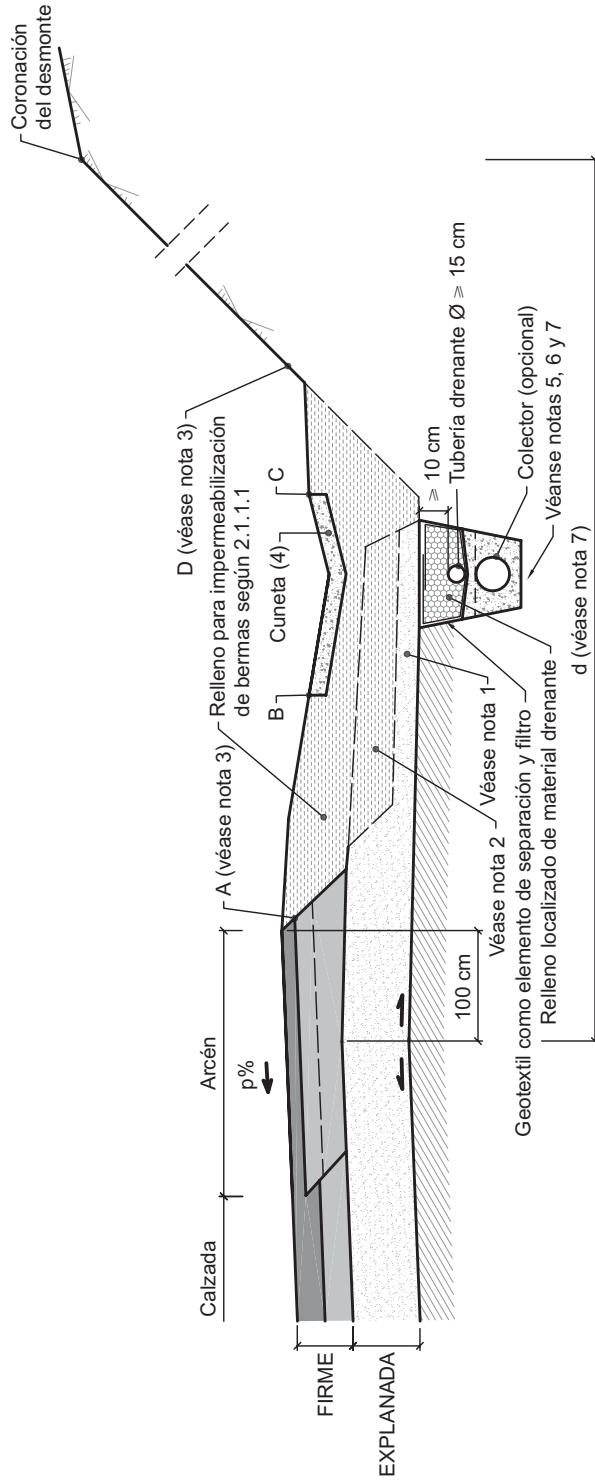
**SUSCEPTIBILIDAD DE LOS SUELOS A LA HELADA.** Propiedad que presentan algunos suelos, cuando se congelan, por la que experimentan cambios de volumen significativos y desarrollan lentejones de hielo en su interior.

## **APÉNDICE 2.**

---

**DETALLES DE DRENAJE SUBTERRÁNEO PARA  
EL PROYECTO DE SECCIONES TRANSVERSALES TIPO**

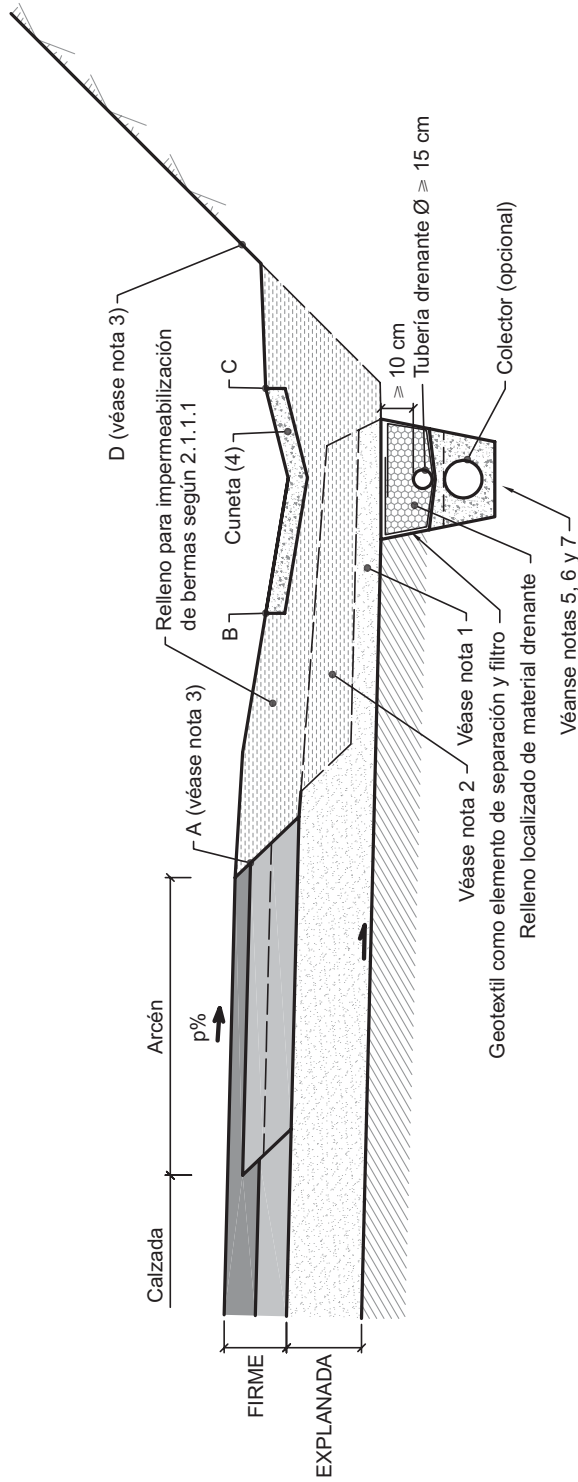
## DETALLE ED01 (véase apartado 2.1.2.5)



## NOTAS

1. El espesor mínimo de la explanada será de veinte centímetros (20 cm). Por razones constructivas podrá extenderse hasta el pie del desmonte.
2. Esta capa podrá estar constituida preferiblemente por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), o en su defecto será prolongación de la explanada.
3. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniéndose entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
4. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya.  
Deberá revestirse en todo caso cuando el material de la capa especificada en la nota 2 sea prolongación de la explanada. Cuando el espesor del relleno para impermeabilización de bermas bajo la cuneta, sea inferior a veinte centímetros (20 cm), el proyecto estudiará la necesidad de garantizar la impermeabilidad de la cuneta, mediante sellado de sus juntas, extensión de lámina impermeable bajo la misma, etc.
5. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), la profundidad de la zanja drenante de la figura deberá revisarse en consecuencia.
6. Respecto a la posibilidad de sustitución de la zanja drenante por una pantalla drenante, se estará a lo especificado en el apartado 2.1.2.4 (véase la variante de esta sección con pantalla drenante en el apéndice 4).
7. En general, en los casos en que simultáneamente se cumpla que:
  - La cuneta esté revestida.
  - Las obras se encuentren en zona pluviométrica 6 ó 7 de la figura 2.2.
  - La distancia d, acotada en este detalle sea inferior a diez metros (10 m),
 o en aquellos otros en los que el proyecto justifique expresamente que la no disposición de la zanja drenante no dará lugar a acumulación de aguas, en lugar del detalle de drenaje ED01 podrá utilizarse el ED03.

**DETALLE ED11** (véase apartado 2.1.2.5)

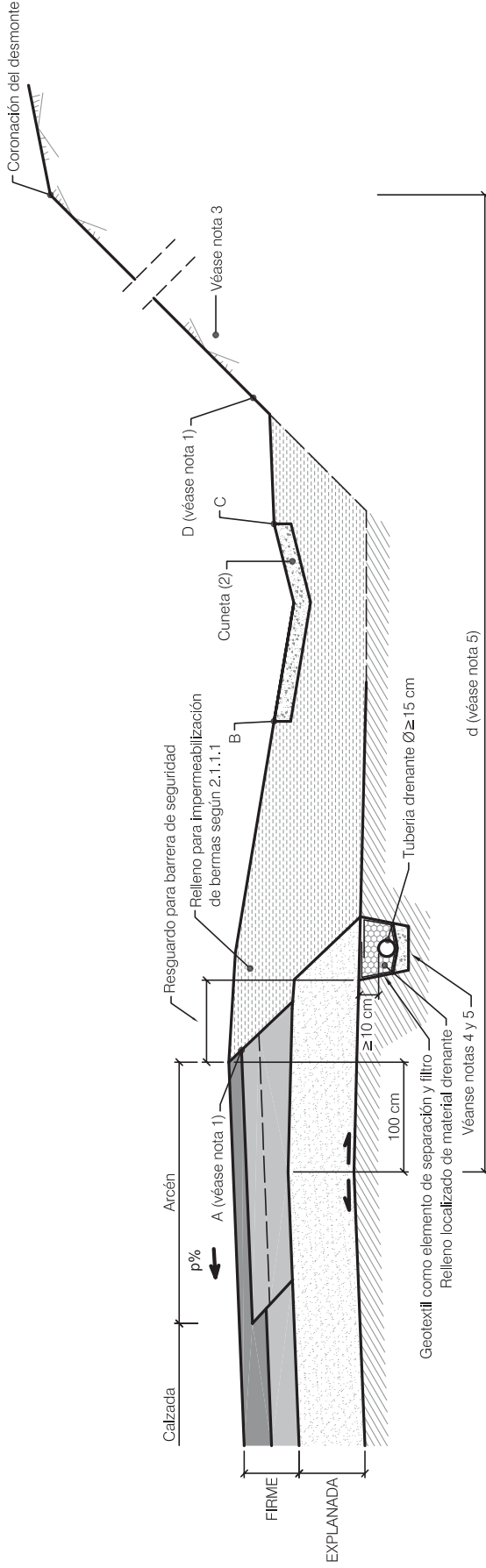


**NOTAS**

1. El espesor mínimo de la prolongación de la explanada será de veinte centímetros (20 cm). Por razones constructivas podrá extenderse hasta el pie del desmonte.
2. Esta capa podrá estar constituida preferiblemente por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), o en su defecto será prolongación de la explanada.
3. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniéndose entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
4. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya.  
Deberá revestirse en todo caso cuando el material de la capa especificada en la nota 2 sea prolongación de la explanada. Cuando el espesor del relleno para impermeabilización de bermas bajo la cuneta sea inferior a veinte centímetros (20 cm), el proyecto estudiará la necesidad de garantizar la impermeabilidad de la cuneta, mediante sellado de sus juntas, extensión de lámina impermeable bajo la misma, etc.
5. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), la profundidad de la zanja drenante de la figura deberá revisarse en consecuencia.
6. Respecto a la posibilidad de sustitución de la zanja drenante por una pantalla drenante, se estará a lo especificado en el apartado 2.1.2.4 (véase la variante de esta sección con pantalla drenante en el apéndice 4).
7. En los casos en que simultáneamente se cumpla que:
  - La cuneta esté revestida.
  - Las obras se encuentren en zona pluviométrica 6 ó 7 de la figura 2.2.
  - El proyecto justifique expresamente que la no disposición de la zanja drenante no dará lugar a acumulación de aguas,
 en lugar del detalle de drenaje ED11 podrá utilizarse el ED13.



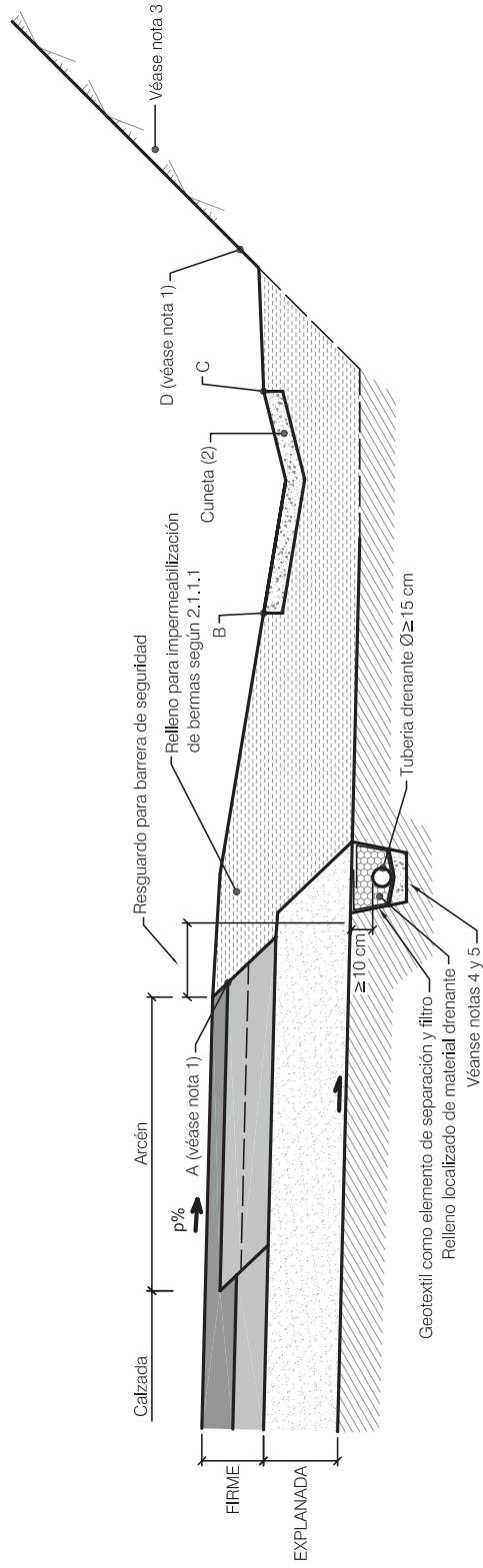
## DETALLE ED02 (véase apartado 2.1.2.5)



## NOTAS

1. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
2. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Cuando la cuneta no esté revestida, el espacio que ocupa en la figura estará constituido por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
3. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje ED02 no será de aplicación, salvo justificación expresa del proyecto.
4. Respecto a la posibilidad de sustitución de la zanja drenante por una pantalla drenante, se estará a lo especificado en el apartado 2.1.2.4 (véase la variante de esta sección con pantalla drenante en el apéndice 4).
5. En general, en los casos en que simultáneamente se cumpla que:
  - La cuneta esté revestida.
  - Las obras se encuentren en zona pluviométrica 6 ó 7 de la figura 2.2.
  - La distancia  $d$ , acotada en este detalle sea inferior a diez metros (10 m),
 o en aquellos otros en los que el proyecto justifique expresamente que la no disposición de la zanja drenante no dará lugar a acumulación de aguas, en lugar del detalle de drenaje ED02 podrá utilizarse el ED03.

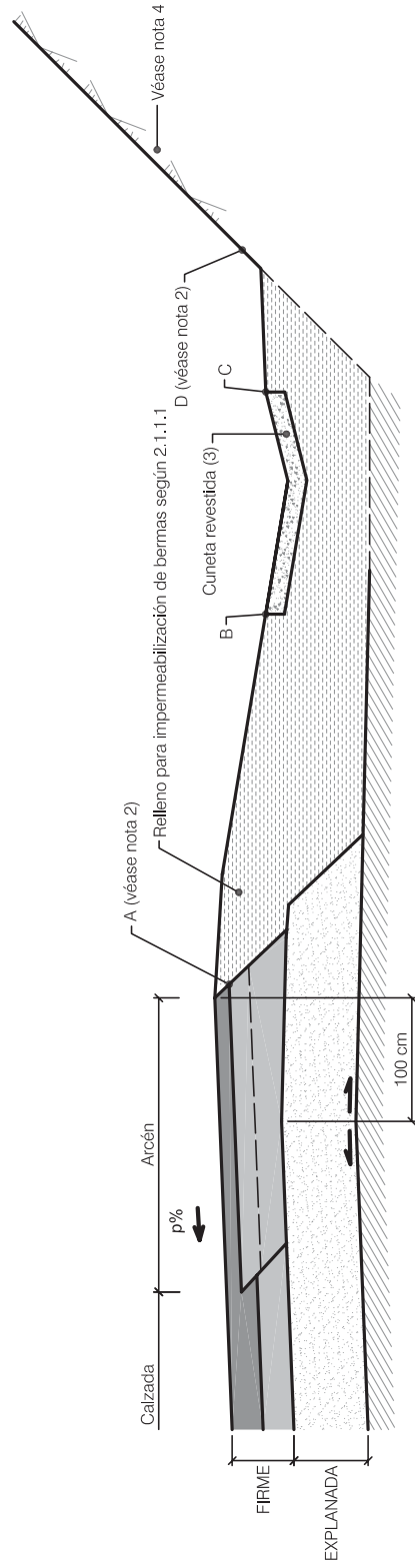
**DETALLE ED12** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTAS**

1. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniéndose entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
2. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Cuando la cuneta no esté revestida, el espacio que ocupa en la figura estará constituido por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
3. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje ED12 no será de aplicación, salvo justificación expresa del proyecto.
4. Respecto a la posibilidad de sustitución de la zanja drenante por una pantalla drenante, se estará a lo especificado en el apartado 2.1.2.4 (véase la variante de esta sección con pantalla drenante en el apéndice 4).
5. En los casos en que simultáneamente se cumpla que:
  - La cuneta esté revestida.
  - Las obras se encuentren en zona pluviométrica 6 ó 7 de la figura 2.2.
  - El proyecto justifique expresamente que la no disposición de la zanja drenante no dará lugar a acumulación de aguas,
 en lugar del detalle de drenaje ED12 podrá utilizarse el ED13.

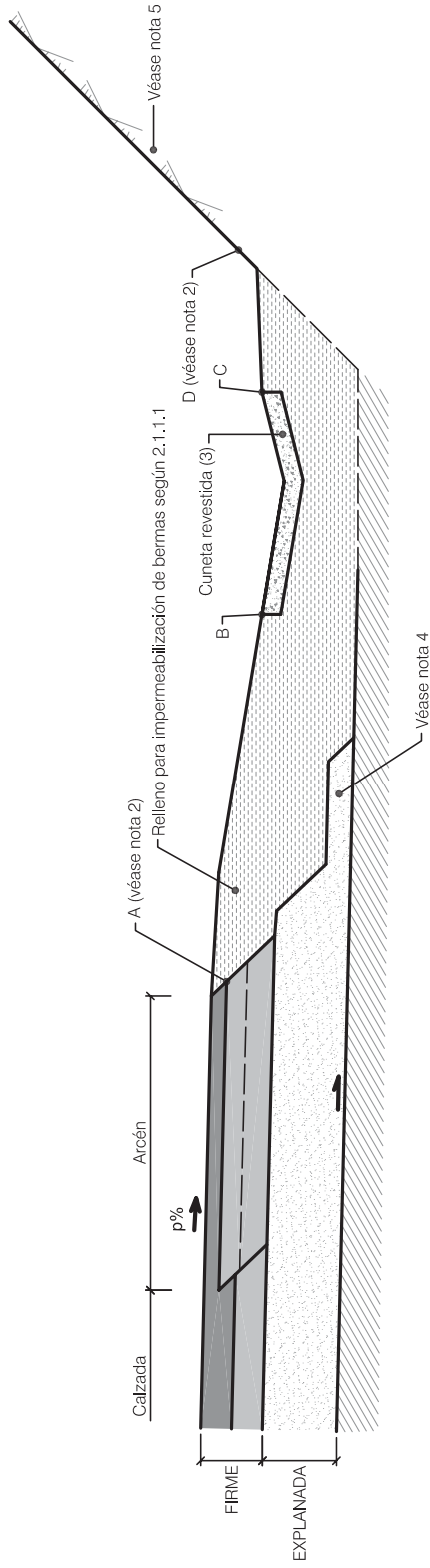
## DETALLE ED03 (véase apartado 2.1.2.5)



### NOTAS

1. Este detalle de drenaje sólo será de aplicación, cuando se cumplan los requisitos especificados en la nota 7 del detalle ED01 o en la nota 5 del ED02.
2. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
3. La cuneta deberá revestirse en todo caso.
4. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje ED03 no será de aplicación.

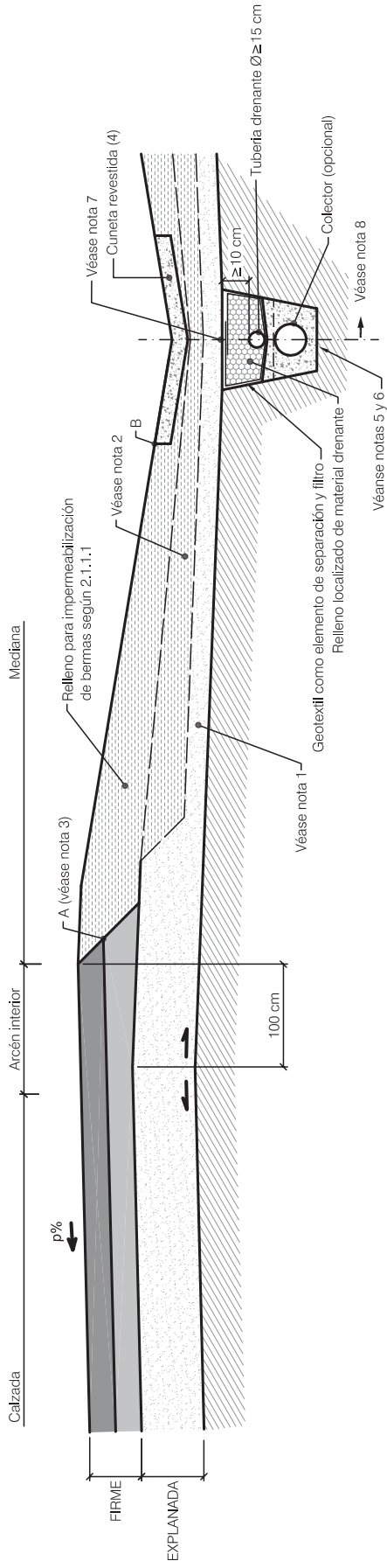
**DETALLE ED13** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTAS**

1. Este detalle de drenaje sólo será de aplicación, cuando se cumplan los requisitos especificados en la nota 7 del detalle ED11, o en la nota 5 del ED12.
2. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
3. La cuneta deberá revestirse en todo caso.
4. El espesor mínimo de la prolongación de la explanada, será de veinte centímetros (20 cm).
5. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje ED13 no será de aplicación.

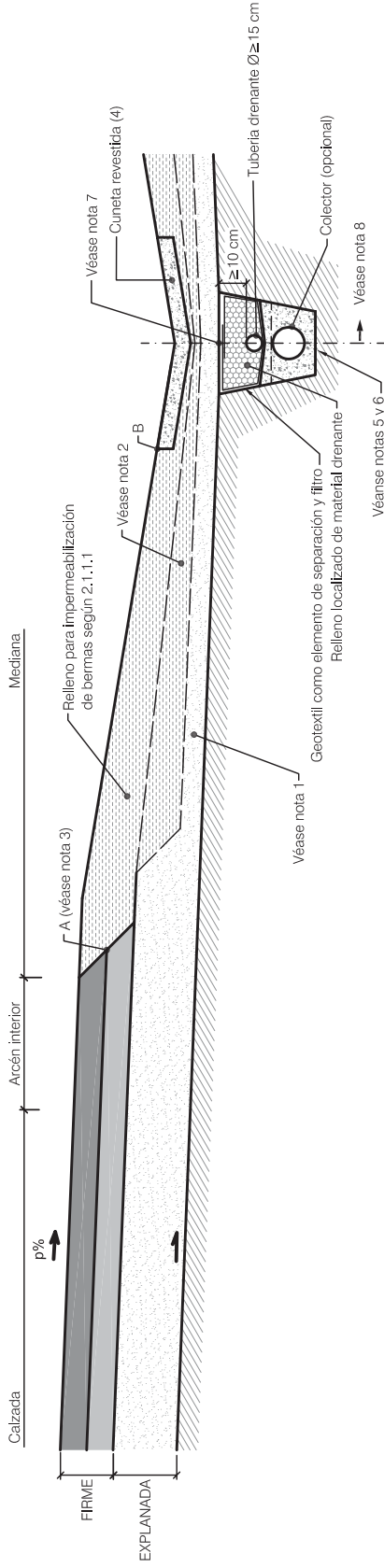
## DETALLE EM01 (véase apartado 2.1.2.5)



### NOTAS

1. El espesor mínimo de la prolongación de la explanada será de veinte centímetros (20 cm).
2. Esta capa podrá estar constituida preferiblemente por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1) o en su defecto será prolongación de la explanada.
3. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
4. La cuneta deberá revestirse en todo caso. Cuando la explanada se prolongue en todo su espesor bajo la cuneta (véase nota 2) el proyecto estudiará la necesidad de garantizar la impermeabilidad de la cuenta, mediante sellado de sus juntas, extensión de lámina impermeable bajo la misma, etc.
5. Cuando se precise una zanja drenante para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), la profundidad de la zanja drenante de la figura deberá revisarse en consecuencia.
6. Respecto a la posibilidad de sustitución de la zanja drenante por una pantalla drenante, se estará a lo especificado en el apartado 2.1.2.4.
7. El eje de la zanja drenante vendrá definido por la intersección de las superficies por donde se considera que discurren las aguas (superficie de contacto de la explanada con el suelo de la explanación u obra de tierra subyacente).
8. La continuación de este detalle hacia la parte derecha de la figura podrá ser simétrica espejular de este mismo detalle EM01, o del EM11, según el sentido de la pendiente transversal de la calzada.

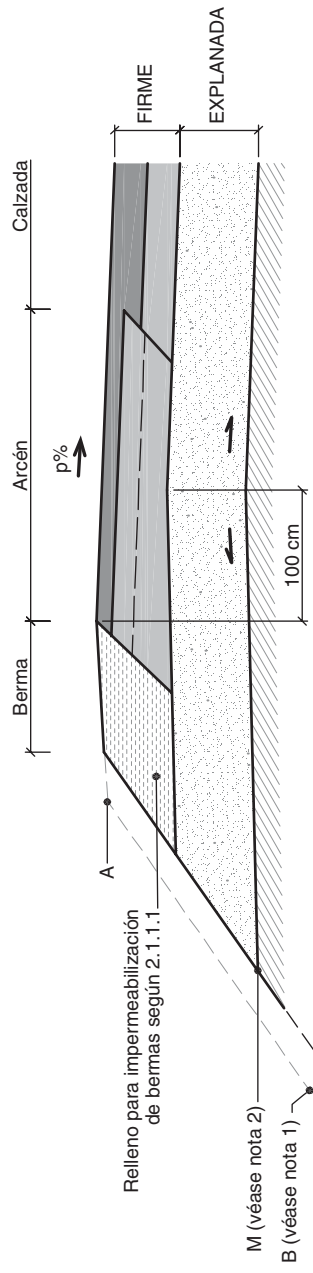
**DETALLE EM11** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTAS**

1. El espesor mínimo de la explanada será de veinte centímetros (20 cm).
2. Esta capa podrá estar constituida preferiblemente por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1) o en su defecto será prolongación de la explanada.
3. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
4. La cuneta deberá revestirse en todo caso. Cuando la explanada se prolongue en todo su espesor bajo la cuneta (véase nota 2) el proyecto estudiará la necesidad de garantizar la impermeabilidad de la cuenta, mediante sellado de sus juntas, extensión de lámina impermeable bajo la misma, etc.
5. Cuando se precise una zanja drenante para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), la profundidad de la zanja drenante de la figura deberá revisarse en consecuencia.
6. Respecto a la posibilidad de sustitución de la zanja drenante por una pantalla drenante, se estará a lo especificado en el apartado 2.1.2.4.
7. El eje de la zanja drenante vendrá definido por la intersección de las superficies por donde se considera que discurren las aguas (superficie de contacto de la explanada con el suelo de la explanación u obra de tierra subyacente).
8. La continuación de este detalle hacia la parte derecha de la figura podrá ser simetría espejular del detalle EM01.

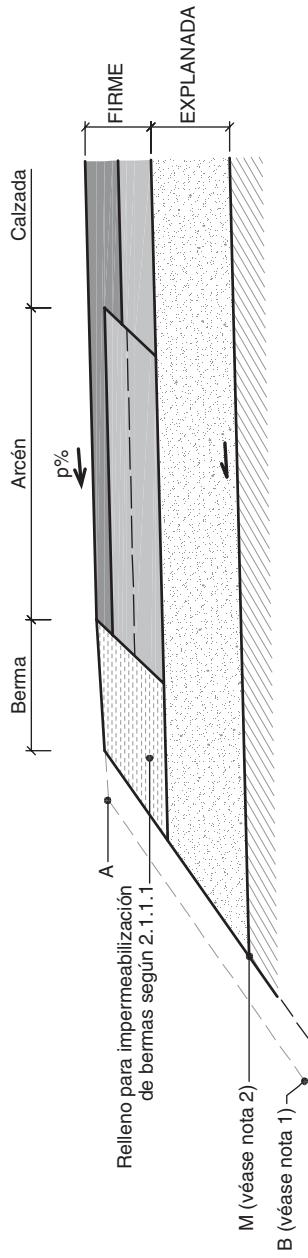
## DETALLE ER01 (véase apartado 2.1.2.5)



### NOTA

1. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, con el espesor definido en el proyecto, uniéndose entre sí los puntos A y B.
2. Para que se produzca la evacuación de las aguas infiltradas a través del espaldón, la cota del punto M deberá encontrarse por encima del terreno natural. Además deberá garantizarse que no se produzcan encharcamientos o acumulaciones de agua al pie de la sección, que puedan provocar la entrada de aguas en la misma a través de la capa por la que discurren las aguas infiltradas. En caso de no cumplirse simultáneamente estas dos premisas, el detalle de drenaje ER01 no será de aplicación.

**DETALLE ER11** (véase apartado 2.1.2.5)

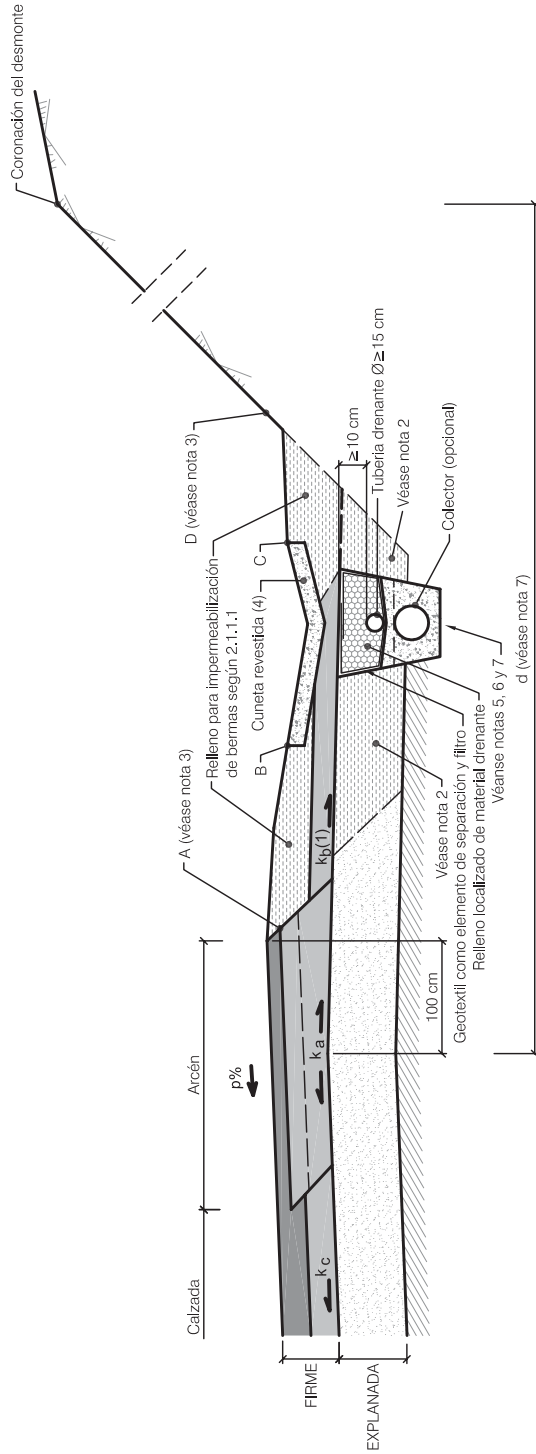


**NOTA**

1. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, con el espesor definido en el proyecto, uniéndose entre sí los puntos A y B.
2. Para que se produzca la evacuación de las aguas infiltradas a través del espaldón, la cota del punto M deberá encontrarse por encima del terreno natural. Además deberá garantizarse que no se produzcan encharcamientos o acumulaciones de agua al pie de la sección, que puedan provocar la entrada de aguas en la misma a través de la capa por la que discurren las aguas infiltradas. En caso de no cumplirse simultáneamente estas dos premisas, el detalle de drenaje ER11 no será de aplicación.



## DETALLE FD01 (véase apartado 2.1.2.5)

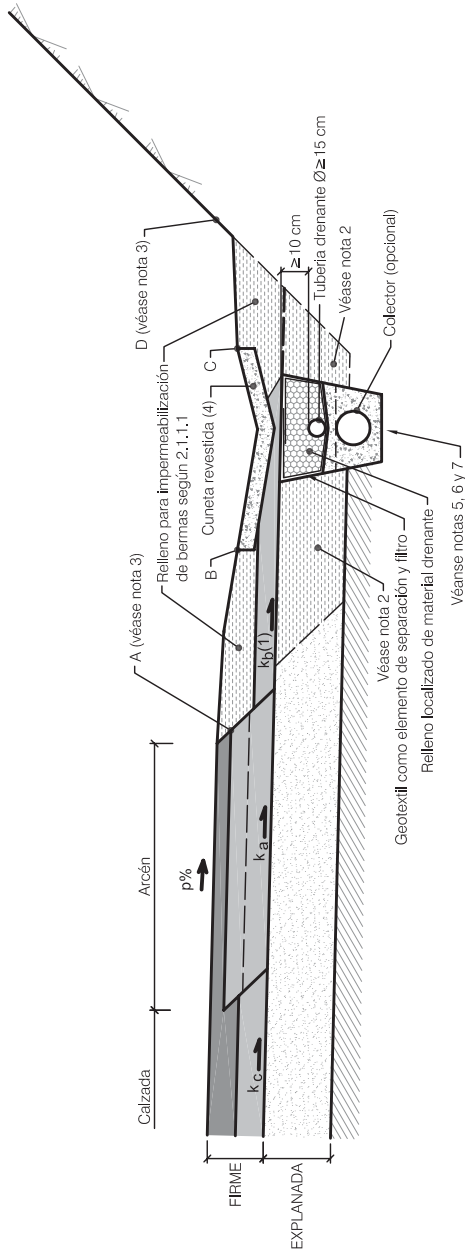


### NOTAS

1. El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zahorra artificial o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_g$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).  
Siendo ( $e_b$ ,  $k_b$ ) el espesor y el coeficiente de permeabilidad de esta capa, cuando el firme bajo el pavimento del arcén esté constituido por dos materiales distintos, de espesores y coeficientes de permeabilidad ( $e_{a,inf}$ ,  $k_{a,inf}$ ) el situado en la parte inferior y ( $e_{a,sup}$ ,  $k_{a,sup}$ ) el situado en la parte superior, y se cumpla que  $k_{a,sup} > k_{a,inf}$  entonces se proyectará esta capa de manera que:
  - $e_b \geq e_{a,inf} + 10$  cm, en el contacto entre berma y arcén
  - $k_b \geq k_{a,sup}$
 en este caso, las capas bajo el arcén se proyectarán de forma que la interfaz entre los materiales referidos tenga pendiente vertiente hacia el exterior de la calzada.  
Si no se alcanzase el espesor mínimo de relleno para impermeabilización de bermas, la berma se revestirá.
2. Esta capa será preferiblemente prolongación de la explanada o en su defecto estará constituida por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
3. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniéndose

- entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
4. La cuneta deberá revestirse en todo caso. El proyecto estudiará la necesidad de garantizar la impermeabilidad de la cuneta, mediante sellado de sus juntas, extensión de lámina impermeable bajo la misma, etc.
5. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para el rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), la profundidad de la zanja drenante de la figura deberá revisarse en consecuencia.
6. Respecto a la posibilidad de sustitución de la zanja drenante por una pantalla drenante, se estará a lo especificado en el apartado 2.1.2.4 (véase la variante de esta sección con pantalla drenante en el apéndice 4).
7. En general, en los casos en que simultáneamente se cumpla que:
  - La cuneta esté revestida.
  - Las obras se encuentren en zona pluviométrica 6 ó 7 de la figura 2.2.
  - La distancia  $d$ , acotada en la figura sea inferior a diez metros (10 m), o en aquellos otros en los que el proyecto justifique expresamente que la no disposición de la zanja drenante no dará lugar a acumulación de aguas, en lugar del detalle de drenaje FD01 podrá utilizarse el FD03.

**DETALLE FD11** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTAS**

1. El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zahorra artificial o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_a$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).

Siendo  $(e_b, k_b)$  el espesor y el coeficiente de permeabilidad de esta capa, cuando el firme bajo el pavimento del arcén esté constituido por dos materiales distintos, de espesores y coeficientes de permeabilidad  $(e_{a,inf}, k_{a,inf})$  el situado en la parte inferior y  $(e_{a,sup}, k_{a,sup})$  el situado en la parte superior, y se cumpla que  $k_{a,sup} > k_{a,inf}$  entonces se proyectará esta capa de manera que:

- $e_b \geq e_{a,inf} + 10$  cm, en el contacto entre berma y arcén
- $k_b \geq k_{a,sup}$

en este caso, las capas bajo el arcén se proyectarán de forma que la interfaz entre los materiales referidos tenga pendiente vertiente hacia el exterior de la calzada.

Si no se alcanzase el espesor mínimo de relleno para impermeabilización de bermas, la berma se revestirá.

2. Esta capa será preferiblemente prolongación de la explanada o en su defecto estará constituida por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).

3. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniéndose

entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.

4. La cuneta deberá revestirse en todo caso. El proyecto estudiará la necesidad de garantizar la impermeabilidad de la cuneta, mediante sellado de sus juntas, extensión de lámina impermeable bajo la misma, etc.

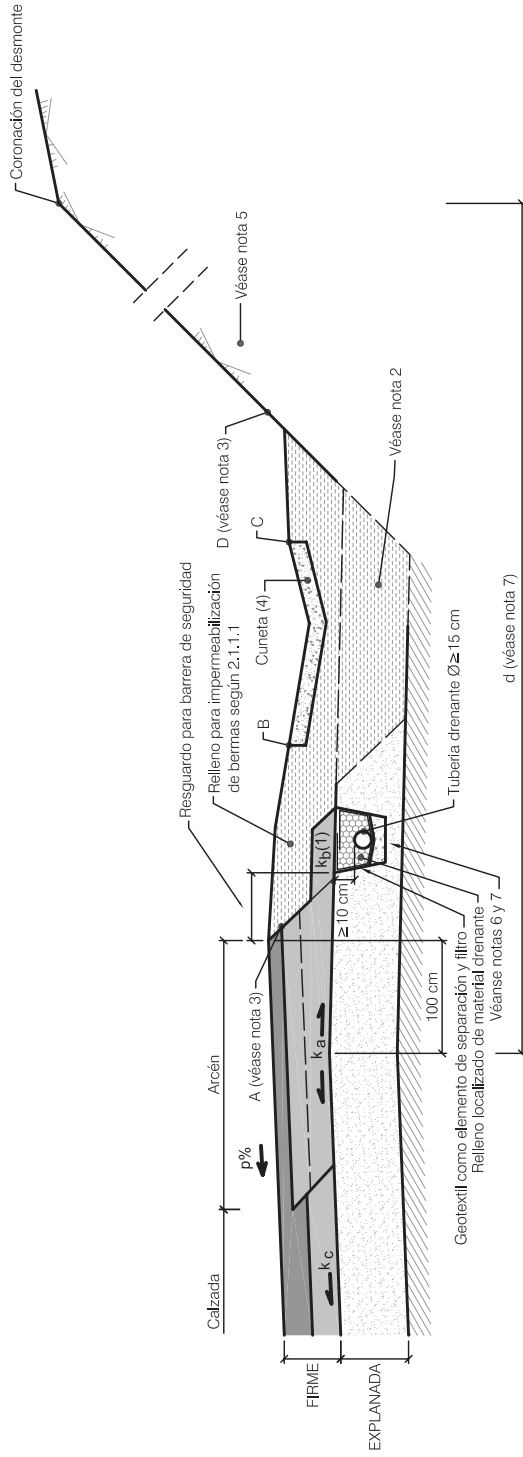
5. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para el rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), la profundidad de la zanja drenante de la figura deberá revisarse en consecuencia.

6. Respecto a la posibilidad de sustitución de la zanja drenante por una pantalla drenante, se estará a lo especificado en el apartado 2.1.2.4 (véase la variante de esta sección con pantalla drenante en el apéndice 4).

7. En los casos en que simultáneamente se cumpla que:

- La cuneta esté revestida.
  - Las obras de encuentren en zona pluviométrica 6 ó 7 de la figura 2.2.
  - El proyecto justifique expresamente que la no disposición de la zanja drenante no dará lugar a acumulación de aguas,
- en lugar del detalle de drenaje FD11 podrá utilizarse el FD13.

## DETALLE FD02 (véase apartado 2.1.2.5)



## NOTAS

1. El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zanja artificial, o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_g$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).

Siendo ( $e_b$ ,  $k_b$ ) el espesor y el coeficiente de permeabilidad de esta capa, cuando el firme bajo el pavimento del arcén esté constituido por dos materiales distintos, de espesores y coeficientes de permeabilidad ( $e_{a,inf}$ ,  $k_{a,inf}$ ) el situado en la parte inferior y ( $e_{a,sup}$ ,  $k_{a,sup}$ ) el situado en la parte superior, y se cumpla que  $k_{a,sup} > k_{b,inf}$ , entonces se proyectará esta capa de manera que:

- $e_b \geq e_{a,inf} + 10$  cm, en el contacto entre berma y arcén
- $k_b \geq k_{a,sup}$

en este caso, las capas bajo el arcén se proyectarán de forma que la interfaz entre los materiales referidos tenga pendiente vertiente hacia el exterior de la calzada.

Si no se alcanzase el espesor mínimo de relleno para impermeabilización de bermas, la berma se revestirá.

2. Esta capa podrá estar constituida preferiblemente por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1) o en su defecto será prolongación de la explanada.

3. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniéndose entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.

4. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Deberá revestirse en todo caso cuando la explanada se prolongue bajo la cuneta (véase nota 2).

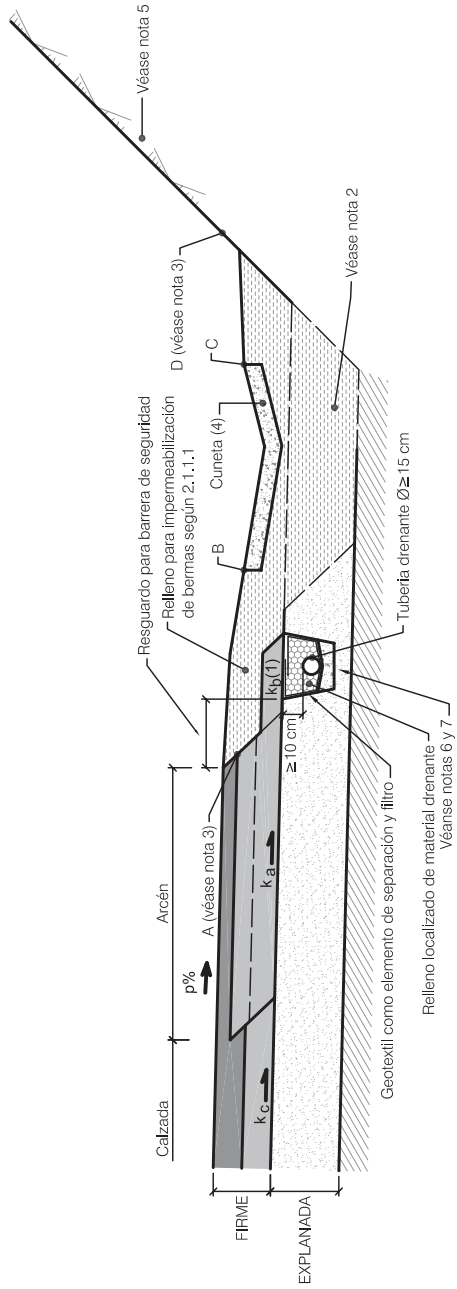
5. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para el rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje FD02 no será de aplicación, salvo justificación expresa del proyecto.

6. Respecto a la posibilidad de sustitución de la zanja drenante por una pantalla drenante, se estará a lo especificado en el apartado 2.1.2.4 (véase la variante de esta sección con pantalla drenante en el apéndice 4).

7. En general, en los casos en que simultáneamente se cumpla que:
  - La cuneta esté revestida.
  - Las obras se encuentren en zona pluviométrica 6 ó 7 de la figura 2.2.
  - La distancia d, acotada en este detalle a sea inferior a diez metros (10 m),

o en aquellos otros en los que el proyecto justifique expresamente que la no disposición de la zanja drenante no dará lugar a acumulación de aguas, en lugar del detalle de drenaje FD02 podrá utilizarse el FD03.

**DETALLE FD12** (véase apartado 2.1.2.5)

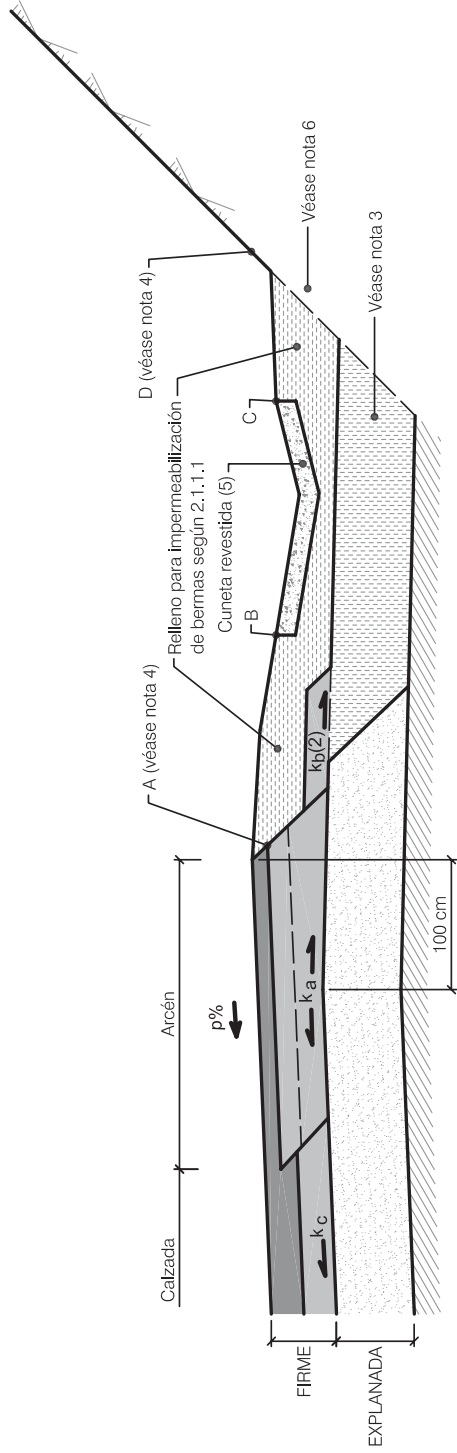


**NOTAS**

1. El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zanja artificial, o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_g$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).  
Siendo  $(e_b, k_b)$  el espesor y el coeficiente de permeabilidad de esta capa, cuando el firme bajo el pavimento del arcén esté constituido por dos materiales distintos, de espesores y coeficientes de permeabilidad  $(e_{a,inf}, k_{a,inf})$  el situado en la parte inferior y  $(e_{a,sup}, k_{a,sup})$  el situado en la parte superior, y se cumpla que  $k_{a,sup} > k_{a,inf}$  entonces se proyectará esta capa de manera que:  
  - $e_b \geq e_{a,inf} + 10$  cm, en el contacto entre berma y arcén
  - $k_b \geq k_{a,sup}$
 en este caso, las capas bajo el arcén se proyectarán de forma que la interfaz entre los materiales referidos tenga pendiente vertiente hacia el exterior de la calzada.  
 Si no se alcanzase el espesor mínimo de relleno para impermeabilización de bermas, la berma se revestirá.
2. Esta capa podrá estar constituida preferiblemente por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1) o en su defecto será prolongación de la explanada.
3. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniéndose

- entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
4. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial. Deberá revestirse en todo caso cuando el material bajo cuneta sea prolongación de la explanada (véase nota 2).
5. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para el rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje FD12 no será de aplicación, salvo justificación expresa del proyecto.
6. Respecto a la posibilidad de sustitución de la zanja drenante por una pantalla drenante, se estará a lo especificado en el apartado 2.1.2.4 (véase la variante de esta sección con pantalla drenante en el apéndice 4).
7. En los casos en que simultáneamente se cumpla que:
  - La cuneta esté revestida.
  - Las obras se encuentren en zona pluviométrica 6 ó 7 de la figura 2.2.
  - El proyecto justifique expresamente que la no disposición de la zanja drenante no dará lugar a acumulación de aguas,
 en lugar del detalle de drenaje FD12 podrá utilizarse el FD13.

## DETALLE FD03 (véase apartado 2.1.2.5)



### NOTAS

1. Este detalle de drenaje sólo será de aplicación cuando se cumplan los requisitos especificados en la nota 7 del detalle FD01, o en la nota 7 del FD02.
2. El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zahorra artificial o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_s$ . También podrá ser el mismo material que el especificado en la nota 3, siempre que se cumpla  $k_b \geq k_s$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).

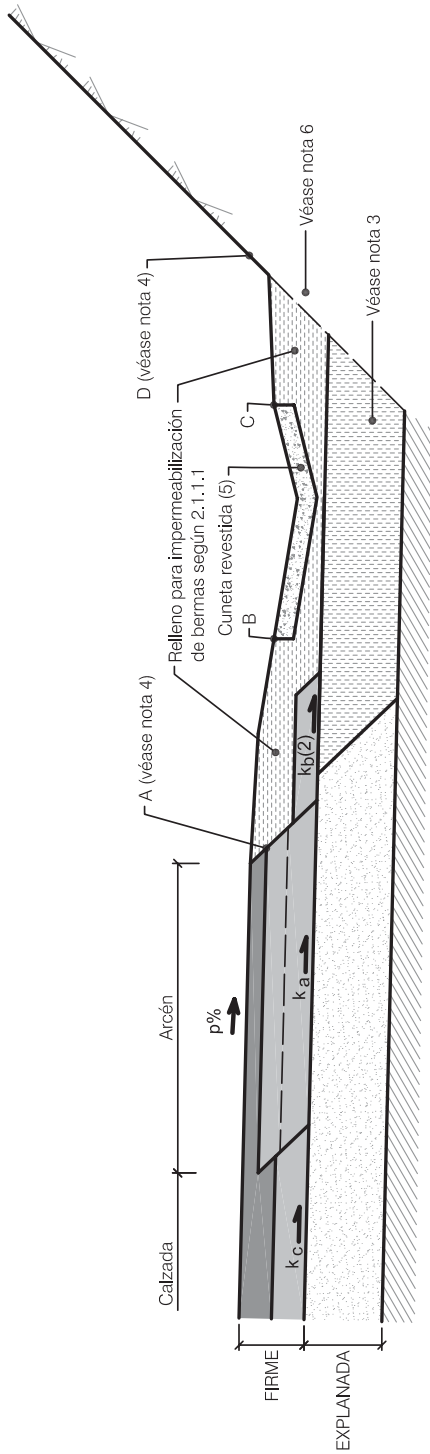
Siendo ( $e_b$ ,  $k_b$ ) el espesor y el coeficiente de permeabilidad de esta capa, cuando el firme bajo el pavimento del arcén esté constituido por dos materiales distintos, de espesores y coeficientes de permeabilidad ( $e_{a,inf}$ ,  $k_{a,inf}$ ) el situado en la parte inferior y ( $e_{a,sup}$ ,  $k_{a,sup}$ ) el situado en la parte superior, y se cumpla que  $k_{a,sup} > k_{a,inf}$  entonces se proyectará esta capa de manera que:

- $e_b \geq e_{a,inf} + 10$  cm, en el contacto entre berma y arcén
- $k_b \geq k_{a,sup}$

en este caso, las capas bajo el arcén se proyectarán de forma que la interfaz entre los materiales referidos tenga pendiente vertiente hacia el exterior de la calzada.

3. Si no se alcanzase el espesor mínimo de relleno para impermeabilización de bermas, la berma se revestirá.
3. Se utilizarán suelos adecuados o seleccionados cuyo cernido por el tamiz 0,080 UNE sea menor que el diez por ciento ( $\# 0,080 < 10\%$ ), o que el doce por ciento ( $\# 0,080 < 12\%$ ) cuando las obras se encuentren en la zona pluviométrica 7 de la figura 2.2.
4. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
5. La cuneta deberá revestirse en todo caso.
6. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje FD03 no será de aplicación.

**DETALLE FD13** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTAS**

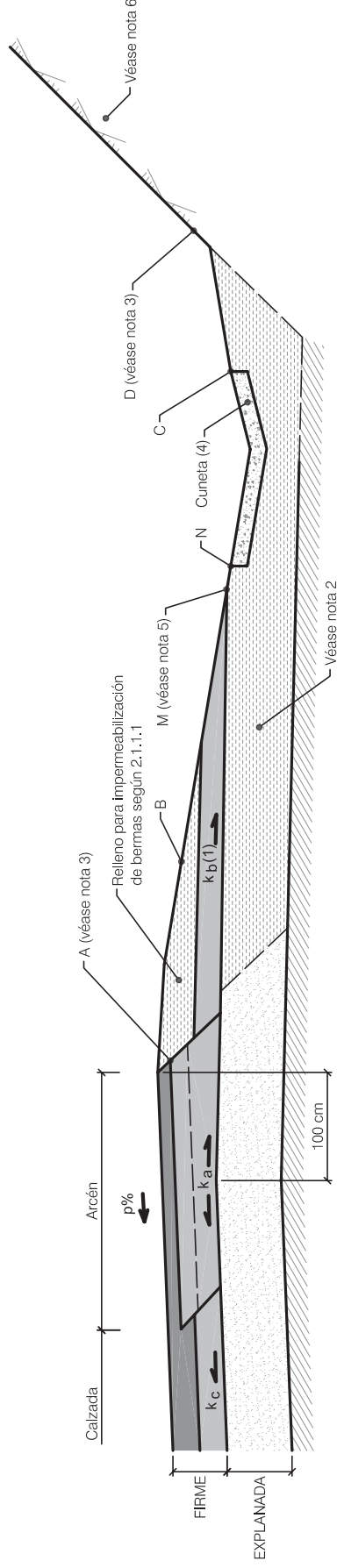
1. Este detalle de drenaje sólo será de aplicación cuando se cumplan los requisitos especificados en la nota 7 del detalle FD11, o en la nota 7 del FD12.
2. El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zahorra artificial o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_g$ . También podrá ser el mismo material que el especificado en la nota 3, siempre que se cumpla  $k_b \geq k_g$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).  
Siendo ( $e_b$ ,  $k_b$ ) el espesor y el coeficiente de permeabilidad de esta capa, cuando el firme bajo el pavimento del arcén esté constituido por dos materiales distintos, de espesores y coeficientes de permeabilidad ( $e_{a,inf}$ ,  $k_{a,inf}$ ) el situado en la parte inferior y ( $e_{a,sup}$ ,  $k_{a,sup}$ ) el situado en la parte superior, y se cumpla que  $k_{a,sup} > k_{a,inf}$  entonces se proyectará esta capa de manera que:  
 —  $e_b \geq e_{a,inf} + 10$  cm, en el contacto entre berma y arcén  
 —  $k_b \geq k_{a,sup}$

3. Se utilizarán suelos adecuados o seleccionados cuyo cerrado por el tamiz 0,080 UNE sea menor que el diez por ciento ( $< 10\%$ ), o que el doce por ciento ( $< 12\%$ ) cuando las obras se encuentren en la zona pluviométrica 7 de la figura 2.2.
4. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A. La cuneta deberá revestirse en todo caso.
5. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje FD13 no será de aplicación.

en este caso, las capas bajo el arcén se proyectarán de forma que la interfaz entre los materiales referidos tenga pendiente vertiente hacia el exterior de la calzada.

Si no se alcanzase el espesor mínimo de relleno para impermeabilización de bermas, la berma se revestirá.

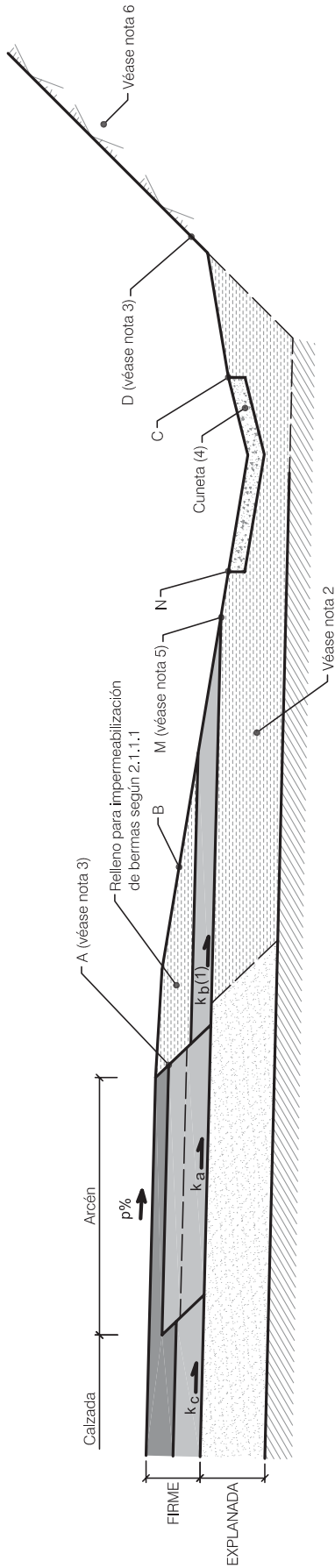
## DETALLE FD04 (véase apartado 2.1.2.5)



### NOTAS

1. El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zahorra artificial o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_g$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).  
Siendo ( $e_b$ ,  $k_b$ ) el espesor y el coeficiente de permeabilidad de esta capa, cuando el firme bajo el pavimento del arcén esté constituido por dos materiales distintos, de espesores y coeficientes de permeabilidad ( $e_{a,inf}$ ,  $k_{a,inf}$ ) el situado en la parte inferior y ( $e_{a,sup}$ ,  $k_{a,sup}$ ) el situado en la parte superior, y se cumpla que  $k_{a,sup} > k_{b,inf}$  entonces se proyectará esta capa de manera que:
  - $e_b \geq e_{a,inf} + 10$  cm, en el contacto entre berma y arcén
  - $k_b \geq k_{a,sup}$
 en este caso, las capas bajo el arcén se proyectarán de forma que la interfaz entre los materiales referidos tenga pendiente vertiente hacia el exterior de la calzada.  
Si no se alcanzase el espesor mínimo de relleno para impermeabilización de bermas, la berma se revestirá.
2. Esta capa podrá estar constituida preferiblemente por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1) o en su defecto será prolongación de la explanada.
3. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
4. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Deberá revestirse en todo caso cuando el material bajo cuneta sea prolongación de la explanada (véase nota 2).
5. El punto M deberá estar a mayor cota que el punto N.
6. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para el rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje FD04 no será de aplicación directa.

**DETALLE FD14** (véase apartado 2.1.2.5)

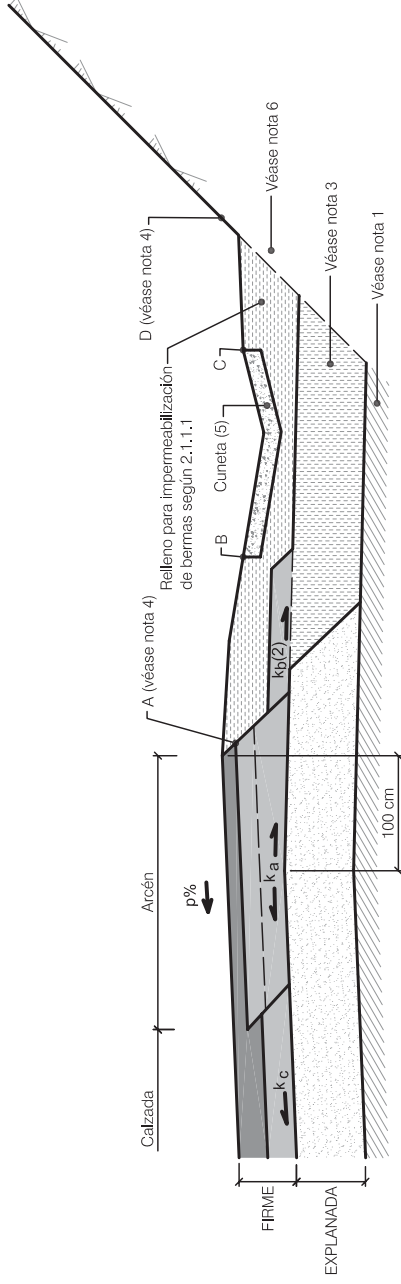


**NOTAS**

1. El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zahorra artificial o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_g$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).  
Siendo ( $e_b$ ,  $k_b$ ) el espesor y el coeficiente de permeabilidad de esta capa, cuando el firme bajo el pavimento del arcén esté constituido por dos materiales distintos, de espesores y coeficientes de permeabilidad ( $e_{a,inf}$ ,  $k_{a,inf}$ ) el situado en la parte inferior y ( $e_{a,sup}$ ,  $k_{a,sup}$ ) el situado en la parte superior, y se cumpla que  $k_{a,sup} > k_{a,inf}$  entonces se proyectará esta capa de manera que:
  - $e_b \geq e_{a,inf} + 10$  cm, en el contacto entre berma y arcén
  - $k_b \geq k_{a,sup}$
 en este caso, las capas bajo el arcén se proyectarán de forma que la interfaz entre los materiales referidos tenga pendiente vertiente hacia el exterior de la calzada.  
Si no se alcanzase el espesor mínimo de relleno para impermeabilización de bermas, la berma se revestirá.
2. Esta capa podrá estar constituida preferiblemente por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1) o en su defecto será prolongación de la explanada.
3. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
4. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Deberá revestirse en todo caso cuando el material bajo cuneta sea prolongación de la explanada (véase nota 2).
5. El punto M deberá estar a mayor cota que el punto N.
6. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para el rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje FD14 no será de aplicación directa.



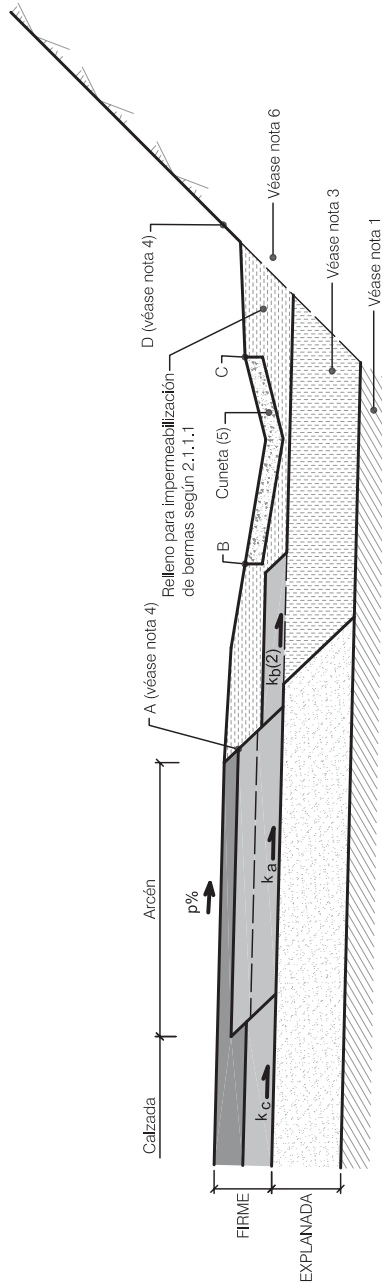
## DETALLE FD05 (véase apartado 2.1.2.5)



### NOTAS

- Esta sección únicamente será de aplicación cuando el suelo de la explanación esté constituido por:
  - Materiales de los tipos 1, 2 ó 3, según se definen la norma 6.1 IC Secciones de firme, cuyo cernido por el tamiz 0,080 UNE sea menor que el diez por ciento (# 0,080 < 10%), o que el doce por ciento (# 0,080 < 12%) cuando las obras se encuentren en la zona pluviométrica 7 de la figura 2.2.
  - Roca, previa justificación expresa del proyecto, de que es permeable por fracturación en un espesor mínimo de dos metros (2 m).
- El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zahorra artificial o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_a$ . También podrá ser el mismo material que el especificado en la nota 3, siempre que se cumpla  $k_b \geq k_a$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).  
Siendo ( $e_b$ ,  $k_b$ ) el espesor y el coeficiente de permeabilidad de esta capa, cuando el firme bajo el pavimento del arcén esté constituido por dos materiales distintos, de espesores y coeficientes de permeabilidad ( $e_{b,inf}$ ,  $k_{b,inf}$ ) el situado en la parte inferior y ( $e_{b,sup}$ ,  $k_{b,sup}$ ) el situado en la parte superior, y se cumpla que  $k_{b,sup} > k_{b,inf}$  entonces se proyectará esta capa de manera que:
  - $e_b \geq e_{b,inf} + 10$  cm, en el contacto entre berma y arcén
  - $k_b \geq k_{b,sup}$
- Se utilizarán suelos adecuados o seleccionados cuyo cernido por el tamiz 0,080 UNE sea menor que el diez por ciento (# 0,080 < 10%), o que el doce por ciento (# 0,080 < 12%) cuando las obras se encuentren en la zona pluviométrica 7 de la figura 2.2.
- Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B, deberá estar a menor cota que el A.
- Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Cuando la cuneta no esté revestida, el espacio que ocupa en la figura estará constituido por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
- Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de explanada (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje FD05 no será de aplicación.

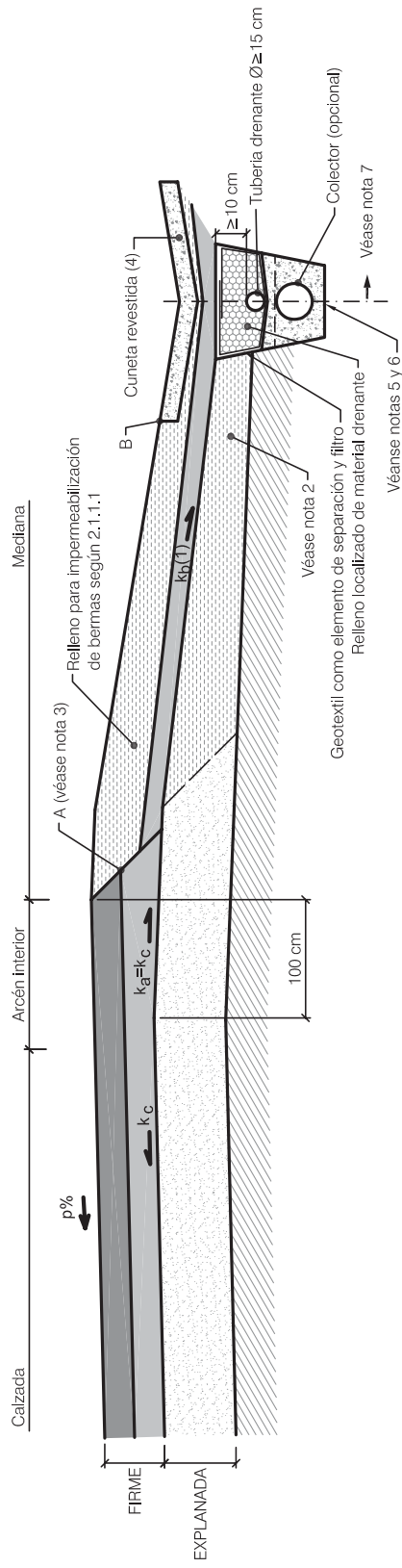
**DETALLE FD15** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTAS**

1. Esta sección únicamente será de aplicación cuando el suelo de la explanación esté constituido por:
  - Materiales de los tipos 1, 2 ó 3, según se definen la norma 6.1 IC Secciones de firme, cuyo cernido por el tamiz 0,080 UNE sea menor que el diez por ciento (# 0,080 < 10%), o que el doce por ciento (# 0,080 < 12%) cuando las obras se encuentren en la zona pluviométrica 7 de la figura 2.2.
  - Roca, previa justificación expresa del proyecto, de que es permeable por fracturación en un espesor mínimo de dos metros (2 m).
2. El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zahorra artificial o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_g$ . También podrá ser el mismo material que el especificado en la nota 3, siempre que se cumpla  $k_b \geq k_g$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).  
Siendo ( $e_v, k_b$ ) el espesor y el coeficiente de permeabilidad de esta capa, cuando el firme bajo el pavimento del arcén esté constituido por dos materiales distintos, de espesores y coeficientes de permeabilidad ( $e_{a,inf}, k_{a,inf}$ ) el situado en la parte inferior y ( $e_{a,sup}, k_{a,sup}$ ) el situado en la parte superior, y se cumpla que  $k_{a,sup} > k_{a,inf}$  entonces se proyectará esta capa de manera que:
  - $e_b \geq e_{a,inf} + 10$  cm, en el contacto entre berma y arcén
  - $k_b \geq k_{a,sup}$
3. Se utilizarán suelos adecuados o seleccionados cuyo cernido por el tamiz 0,080 UNE sea menor que el diez por ciento (# 0,080 < 10%), o que el doce por ciento (# 0,080 < 12%) cuando las obras se encuentren en la zona pluviométrica 7 de la figura 2.2.
4. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
5. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Cuando la cuneta no esté revestida, el espacio que ocupa en la figura estará constituido por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
6. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de explanación (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje FD15 no será de aplicación.

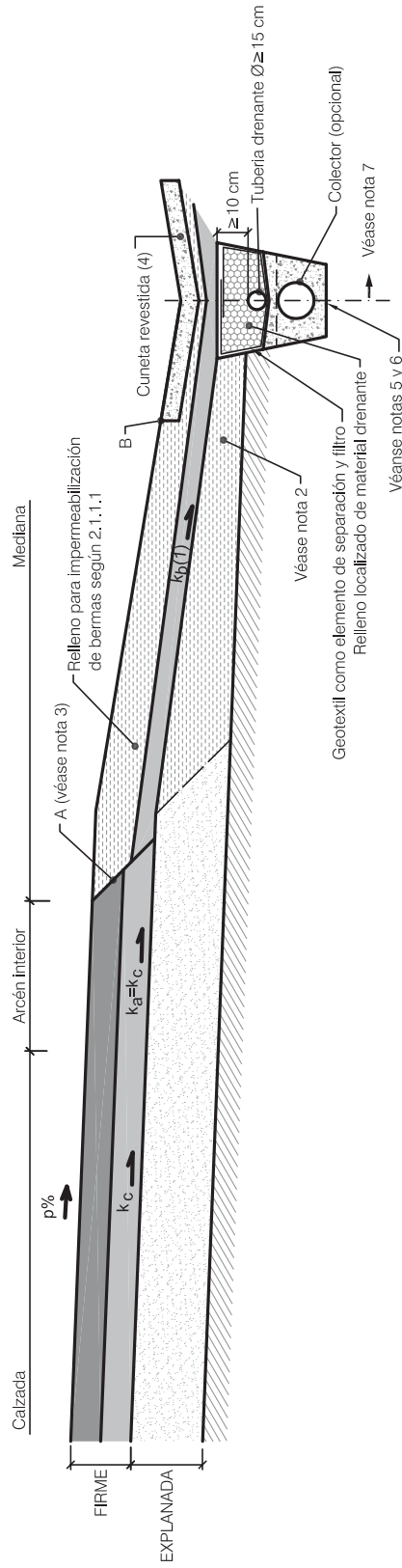
## DETALLE FM01 (véase apartado 2.1.2.5)



### NOTAS

1. El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zorra artificial o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_a$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).
2. Esta capa será preferiblemente prolongación de la explanada o en su defecto estará constituida por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
3. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
4. La cuneta deberá revestirse en todo caso. El proyecto estudiará la necesidad de garantizar la impermeabilidad de la cuneta, mediante sellado de sus juntas, extensión de lámina impermeable bajo la misma, etc.
5. Cuando la zanja drenante sea necesaria para el rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), la profundidad de la zanja drenante de la figura deberá revisarse en consecuencia.
6. Respecto a la posibilidad de sustitución de la zanja drenante por una pantalla drenante, se estará a lo especificado en el apartado 2.1.2.4.
7. La continuación de este detalle hacia la parte derecha de la figura podrá ser simétrica espejular de este mismo detalle FM01, ó del FM11, según el sentido de la pendiente transversal de la calzada.

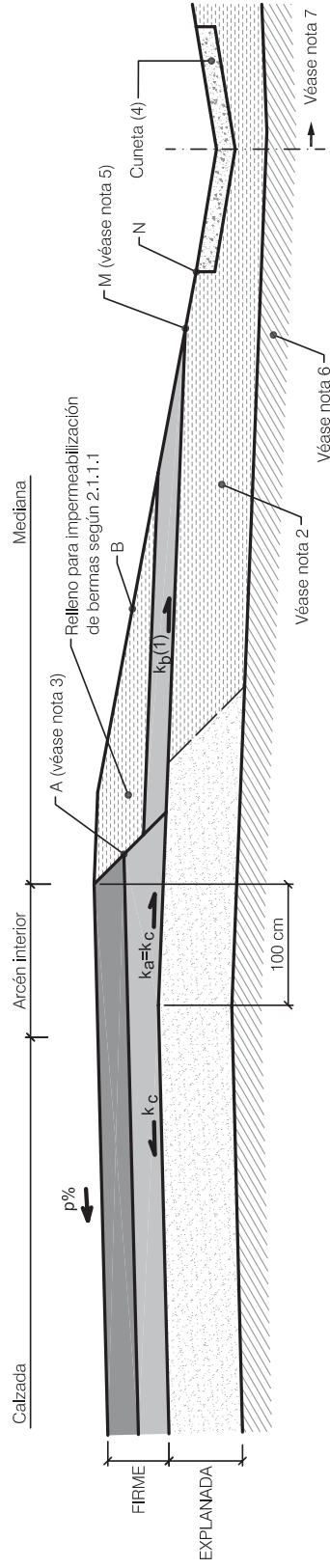
**DETALLE FM11** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTAS**

1. El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zorra artificial o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_g$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).
2. Esta capa podrá ser preferiblemente prolongación de la explanada o en su defecto estará constituida por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
3. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
4. La cuneta deberá revestirse en todo caso. El proyecto estudiará la necesidad de garantizar la impermeabilidad de la cuneta, mediante sellado de sus juntas, extensión de lámina impermeable bajo la misma, etc.
5. Cuando la zanja drenante sea necesaria para el rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), la profundidad de la zanja drenante de la figura deberá revisarse en consecuencia.
6. Respecto a la posibilidad de sustitución de la zanja drenante por una pantalla drenante, se estará a lo especificado en el apartado 2.1.2.4.
7. La continuación de este detalle hacia la parte derecha de la figura podrá ser simétrica espejular del detalle FM01.

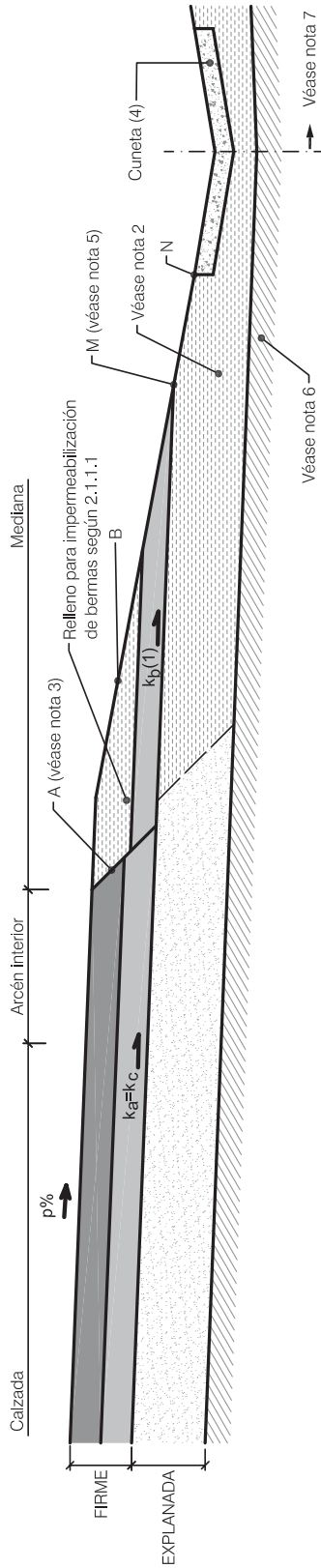
## DETALLE FM02 (véase apartado 2.1.2.5)



### NOTAS

1. El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zanja artificial o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_s$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).
2. Esta capa podrá estar constituida preferiblemente por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1) o en su defecto será prolongación de la explanada.
3. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniéndose entre sí los puntos A y B. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
4. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Deberá revestirse en todo caso cuando el material bajo cuneta sea prolongación de la explanada (véase nota 2).
5. El punto M deberá estar a mayor cota que el punto N.
6. Cuando se precise una zanja drenante para el rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje FM02 no será de aplicación directa.
7. La continuación de este detalle hacia la parte derecha de la figura podrá ser simétrica especular de este mismo detalle FM02, ó del FM12, según el sentido de la pendiente transversal de la calzada.

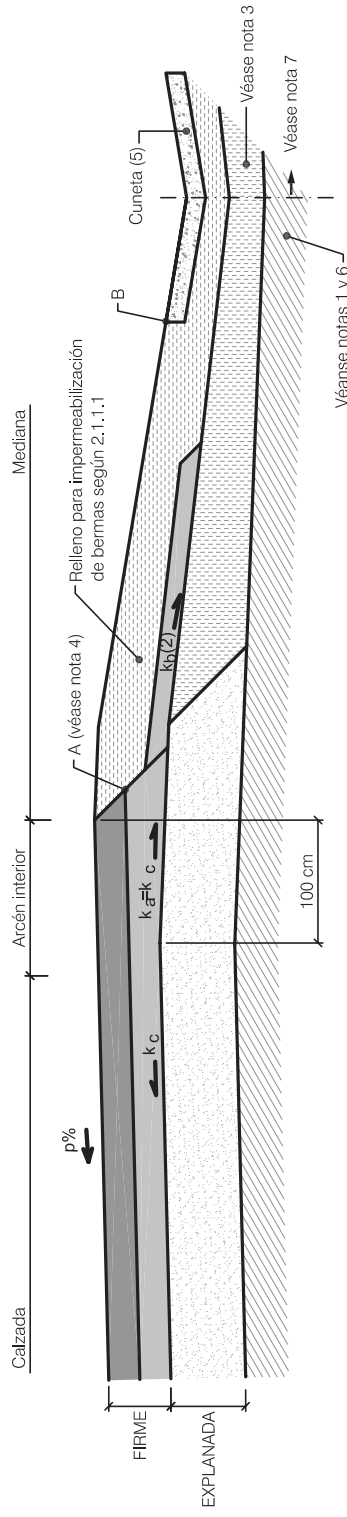
**DETALLE FM12** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTAS**

1. El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zanja artificial o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_a$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).
2. Esta capa podrá estar constituida preferiblemente por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1) o en su defecto será prolongación de la explanada.
3. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), teniendo en cuenta si los puntos A y B. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
4. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Deberá revestirse en todo caso cuando el material bajo cuneta sea prolongación de la explanada (véase nota 2).
5. El punto M deberá estar a mayor cota que el punto N.
6. Cuando se precise una zanja drenante para el rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje FM12 no será de aplicación directa.
7. La continuación de este detalle hacia la parte derecha de la figura podrá ser simétrica espejular del detalle FM02.

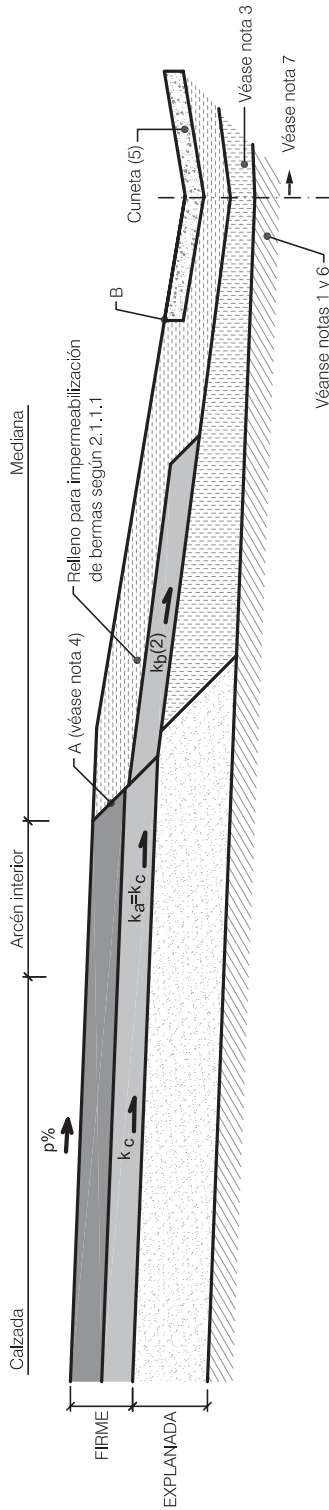
## DETALLE FM03 (véase apartado 2.1.2.5)



## NOTAS

1. Esta sección únicamente será de aplicación cuando el suelo de la explanación (desmontes) o de la obra de tierra subyacente (rellenos) esté constituido por:
  - Materiales de los tipos 1, 2 ó 3, según se definen en la norma 6.1 IC Secciones de firme, cuyo cernido por el tamiz 0,080 UNE sea menor que el diez por ciento (# 0,080 < 10%), o que el doce por ciento (# 0,080 < 12%) cuando las obras se encuentren en la zona pluviométrica 7 de la figura 2.2.
  - Roca, previa justificación expresa del proyecto, de que es permeable por fracturación en un espesor mínimo de dos metros (2 m).
2. El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zanorra artificial o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_s$ . También podrá ser el mismo material que el especificado en la nota 3, siempre que se cumpla  $k_b \geq k_s$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).
3. Se utilizarán suelos adecuados o seleccionados cuyo cernido por tamiz 0,080 UNE sea menor que el diez por ciento (# 0,080 < 10%), o que el doce por ciento (# 0,080 < 12%) cuando las obras se encuentren en la zona pluviométrica 7 de la figura 2.2.
4. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1) uniéndose entre sí los puntos A y B. El punto B, deberá estar a menor cota que el A.
5. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Cuando la cuneta no esté revestida, el espacio que ocupa en la figura estará constituido por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
6. Cuando se precise una zanja drenante para el rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje FM03 no será de aplicación directa.
7. La continuación de este detalle hacia la parte derecha de la figura, podrá ser simétrica especular de este mismo detalle FM03, ó del FM13, según el sentido de la pendiente transversal de la calzada.

**DETALLE FM13** (véase apartado 2.1.2.5)

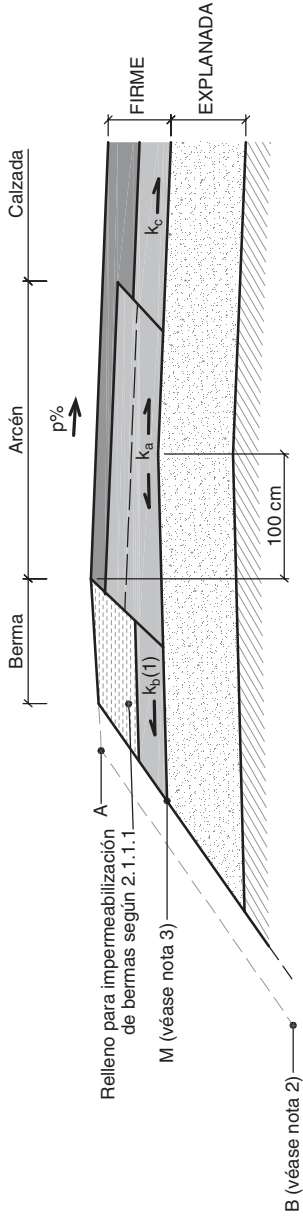


**NOTAS**

1. Esta sección únicamente será de aplicación cuando el suelo de la explanación (desmontes) o de la obra de tierra subyacente (rellenos) esté constituido por:
  - Materiales de los tipos 1, 2 ó 3, según se definen en la norma 6.1 IC Secciones de firme, cuyo cernido por el tamiz 0,080 UNE sea menor que el diez por ciento (# 0,080 < 10%), o que el doce por ciento (# 0,080 < 12%) cuando las obras se encuentren en la zona pluviométrica 7 de la figura 2.2.
  - Roca, previa justificación expresa del proyecto, de que es permeable por fracturación en un espesor mínimo de dos metros (2 m).
2. El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zorra artificial o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_a$ . También podrá ser el mismo material que el especificado en la nota 3, siempre que se cumpla  $k_b \geq k_a$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).
3. Se utilizarán suelos adecuados o seleccionados cuyo cernido por el tamiz 0,080 UNE sea menor que el diez por ciento (# 0,080 < 10%), o que el doce por ciento (# 0,080 < 12%) cuando las obras se encuentren en la zona pluviométrica 7 de la figura 2.2.
4. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniéndose entre sí los puntos A y B. El punto B, deberá estar a menor cota que el A.
5. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Cuando la cuneta no esté revestida, el espacio que ocupa en la figura estará constituido por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
6. Cuando se precise una zanja drenante para el rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje FM13 no será de aplicación directa.
7. La continuación de este detalle hacia la parte derecha de la figura, podrá ser simétrica especial del detalle FM03.



## DETALLE FR01 (véase apartado 2.1.2.5)



### NOTAS

1. El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zorra artificial o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_g$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).

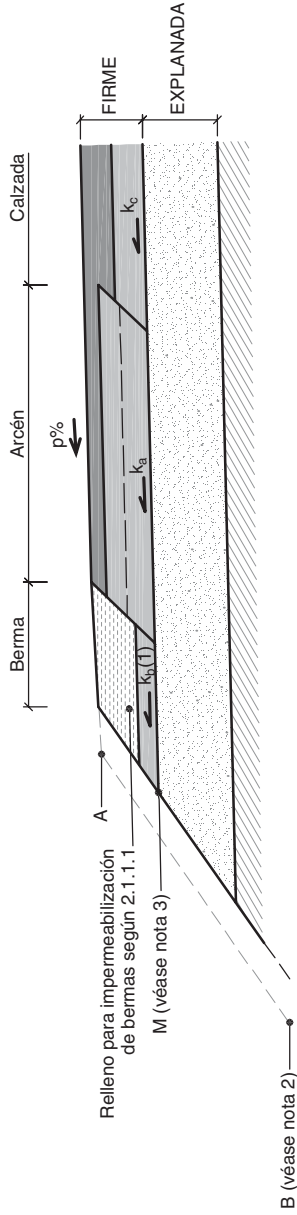
Siendo ( $e_b, k_b$ ) el espesor y el coeficiente de permeabilidad de esta capa, cuando el firme bajo el pavimento del arcén esté constituido por dos materiales distintos, de espesores y coeficientes de permeabilidad ( $e_{a,inf}, k_{a,inf}$ ) el situado en la parte inferior y ( $e_{a,sup}, k_{a,sup}$ ) el situado en la parte superior, y se cumpla que  $k_{a,sup} > k_{a,inf}$  entonces se proyectará esta capa de manera que:

- $e_b \geq e_{a,inf} + 10$  cm, en el contacto entre berma y arcén
- $k_b \geq k_{a,sup}$

en este caso, las capas bajo el arcén se proyectarán de forma que la interfaz entre los materiales referidos tenga pendiente vertiente hacia el exterior de la calzada.

2. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal con el espesor definido en el proyecto, uniéndolo entre sí los puntos A y B.
3. Para que se produzca la evacuación de las aguas infiltradas a través del espaldón, la cota del punto M deberá encontrarse por encima del terreno natural. Además deberá garantizarse que no se produzcan encharcamientos o acumulaciones de agua al pie de la sección, que puedan provocar la entrada de aguas en la misma a través de la capa por la que discurren las aguas infiltradas. En caso de no cumplirse simultáneamente estas dos premisas, el detalle de drenaje FR01 no será de aplicación.

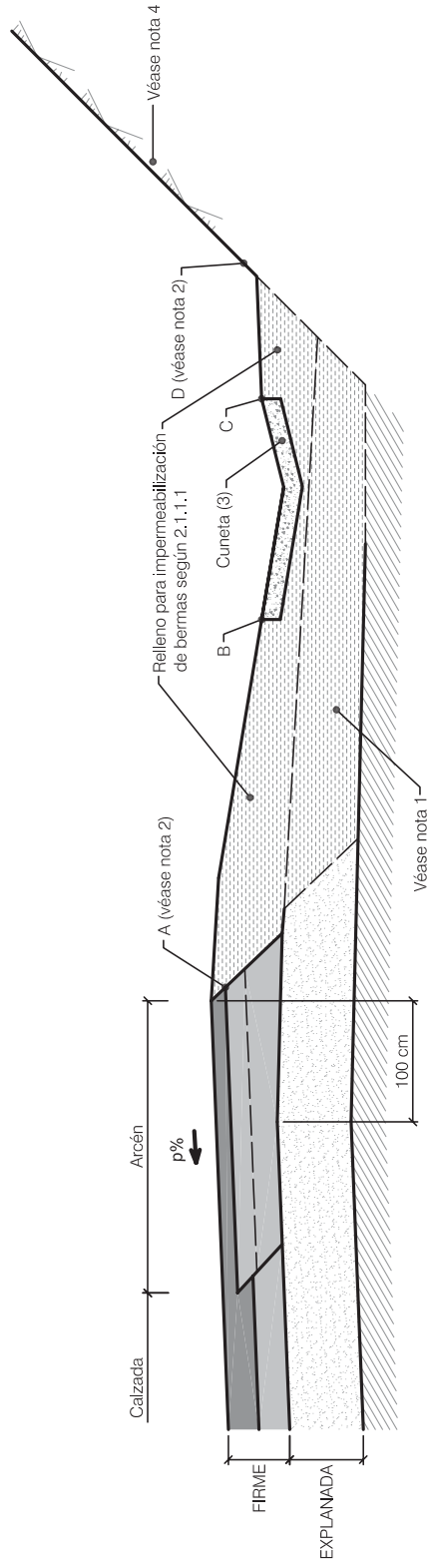
**DETALLE FR11** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTAS**

1. El material situado bajo el relleno para impermeabilización de bermas podrá ser una zahorra artificial o un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad  $k_b \geq k_a$ . El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).  
Siendo  $(e_b, k_b)$  el espesor y el coeficiente de permeabilidad de esta capa, cuando el firme bajo el pavimento del arcén esté constituido por dos materiales distintos, de espesores y coeficientes de permeabilidad  $(e_{a,inf}, k_{a,inf})$  el situado en la parte inferior y  $(e_{a,sup}, k_{a,sup})$  el situado en la parte superior, y se cumpla que  $k_{a,sup} > k_{a,inf}$  entonces se proyectará esta capa de manera que:  
 —  $e_b \geq e_{a,inf} + 10$  cm, en el contacto entre berma y arcén  
 —  $k_b \geq k_{a,sup}$
2. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal con el espesor definido en el proyecto, uniéndolo entre sí los puntos A y B.
3. Para que se produzca la evacuación de las aguas infiltradas a través del espaldón, la cota del punto M deberá encontrarse por encima del terreno natural. Además deberá garantizarse que no se produzcan encharcamientos o acumulaciones de agua al pie de la sección, que puedan provocar la entrada de aguas en la misma a través de la capa por la que discurren las aguas infiltradas. En caso de no cumplirse simultáneamente estas dos premisas, el detalle de drenaje FR11 no será de aplicación.

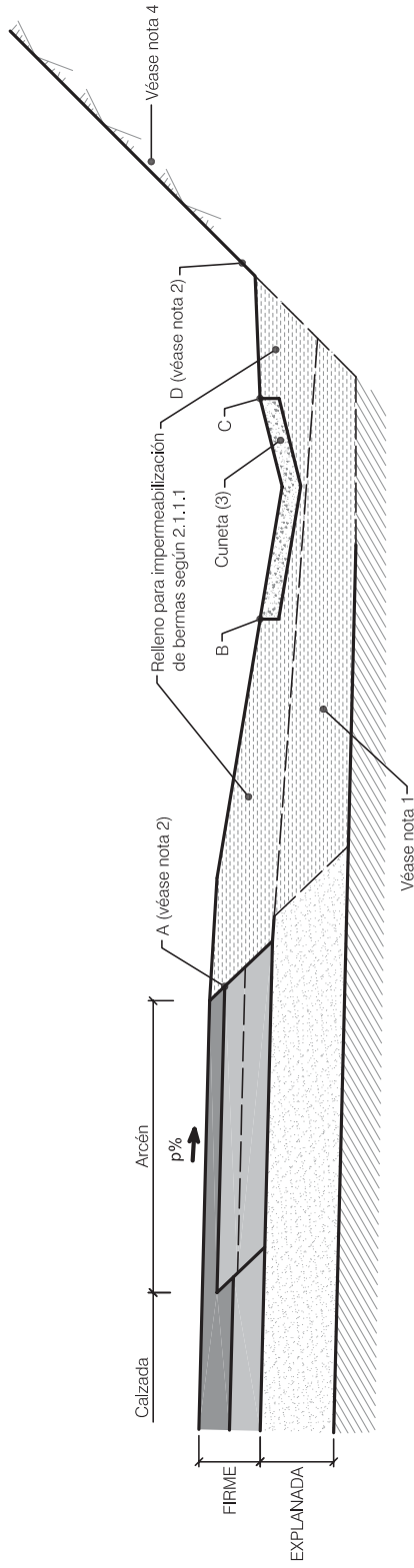
## DETALLE SD01 (véase apartado 2.1.2.5)



### NOTAS

1. Esta capa podrá estar constituida preferiblemente por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1) o en su defecto será un suelo tolerable, adecuado o seleccionado.
2. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
3. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Cuando la cuneta no esté revestida, el espacio que ocupa en la figura estará constituido por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
4. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje SD01 no será de aplicación directa.

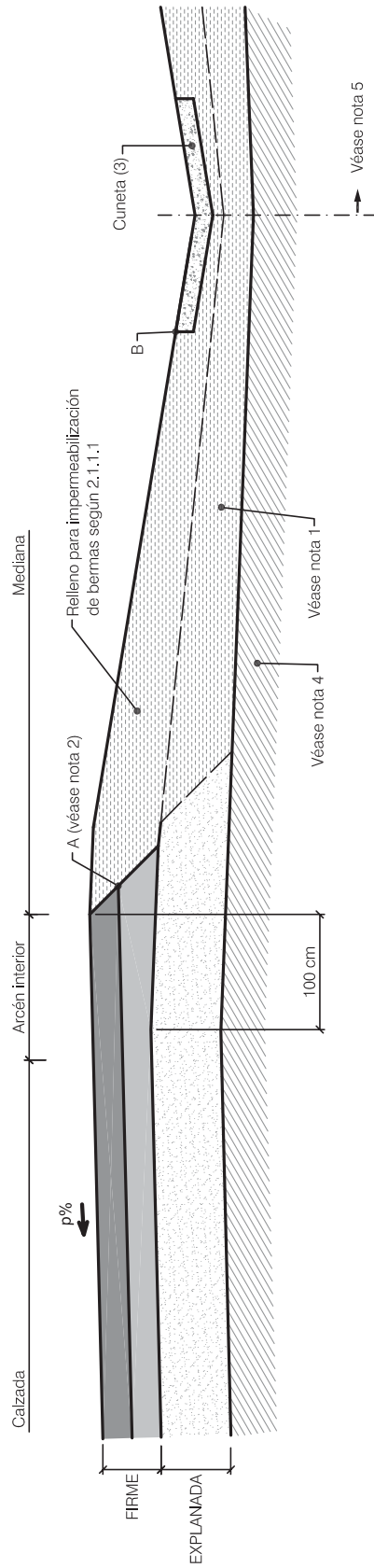
**DETALLE SD11** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTAS**

1. Esta capa podrá estar constituida preferiblemente por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1) o en su defecto será un suelo tolerable, adecuado o seleccionado.
2. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B y los puntos C y D. El punto B, deberá estar a menor cota que el A.
3. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Cuando la cuneta no esté revestida, el espacio que ocupa en la figura estará constituido por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
4. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje SD11 no será de aplicación directa.

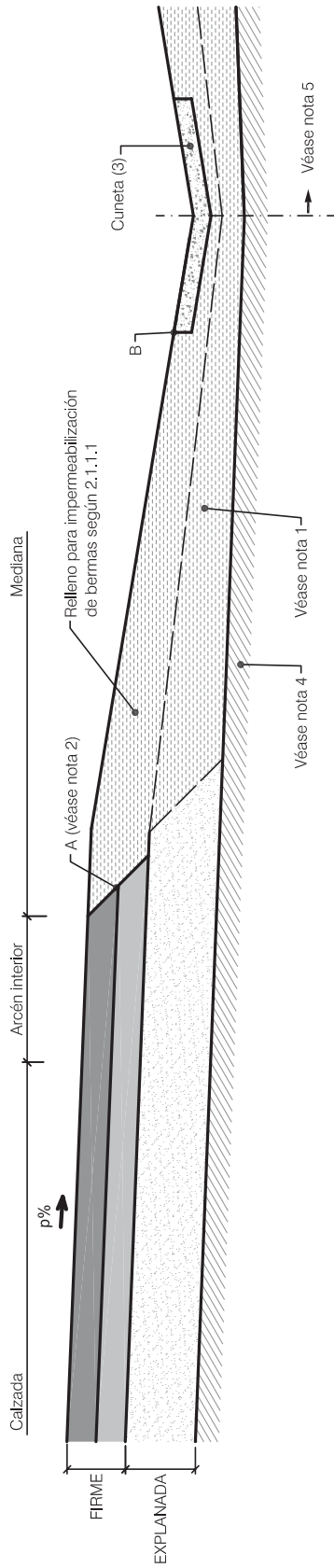
## DETALLE SM01 (véase apartado 2.1.2.5)



### NOTAS

1. Esta capa podrá estar constituida preferiblemente por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1) o en su defecto será un suelo tolerable, adecuado o seleccionado.
2. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
3. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Cuando la cuneta no esté revestida, el espacio que ocupa en la figura estará constituido por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
4. Cuando se precise una zanja drenante para el rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje SM01 no será de aplicación directa.
5. La continuación de este detalle hacia la parte derecha de la figura, podrá ser simétrica especial de este mismo detalle SM01 ó del SM11, según el sentido de la pendiente transversal de la calzada.

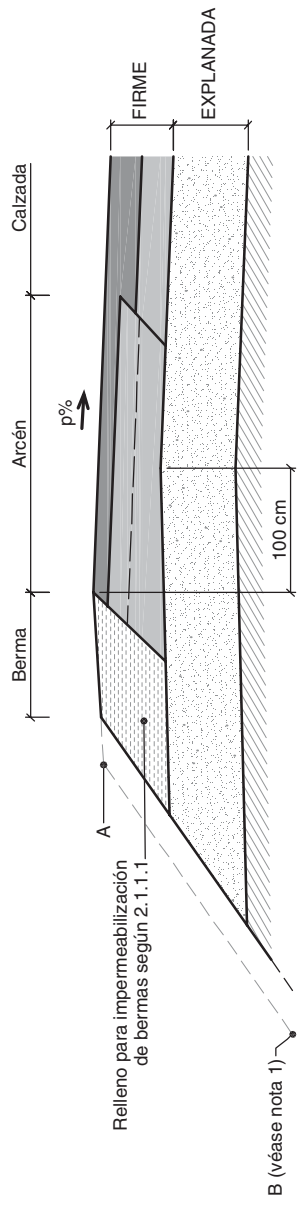
**DETALLE SM11** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTAS**

1. Esta capa podrá estar constituida preferiblemente por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1) o en su defecto será un suelo tolerable, adecuado o seleccionado.
2. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
3. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Cuando la cuneta no esté revestida, el espacio que ocupa en la figura estará constituido por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
4. Cuando se precise una zanja drenante para el rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje SM11 no será de aplicación directa.
5. La continuación de este detalle hacia la parte derecha de la figura, podrá ser simétrica especial del detalle SM01.

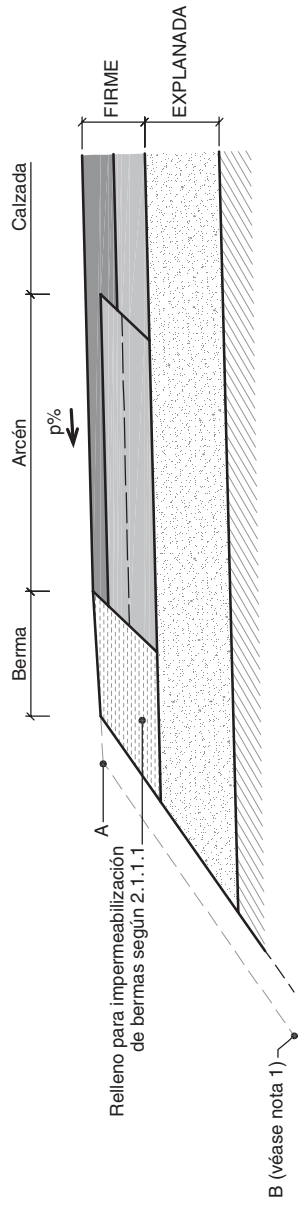
**DETALLE SR01** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTA**

1. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, con el espesor definido en el proyecto, uniéndose entre sí los puntos A y B.

**DETALLE SR11** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTA**

1. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, con el espesor definido en el proyecto uniéndose entre sí los puntos A y B.



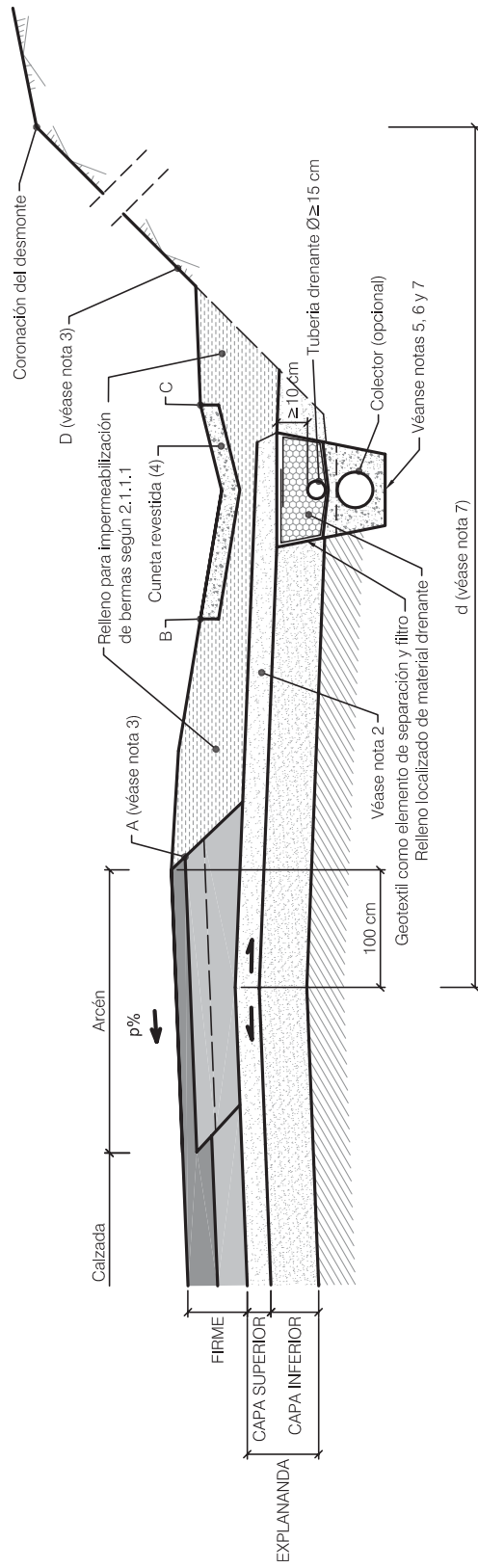


## **APÉNDICE 3.**

---

**VARIANTES A LOS DETALLES DE DRENAJE SUBTERRÁNEO,  
CASO E CON CAPA INFERIOR DE BAJA PERMEABILIDAD**

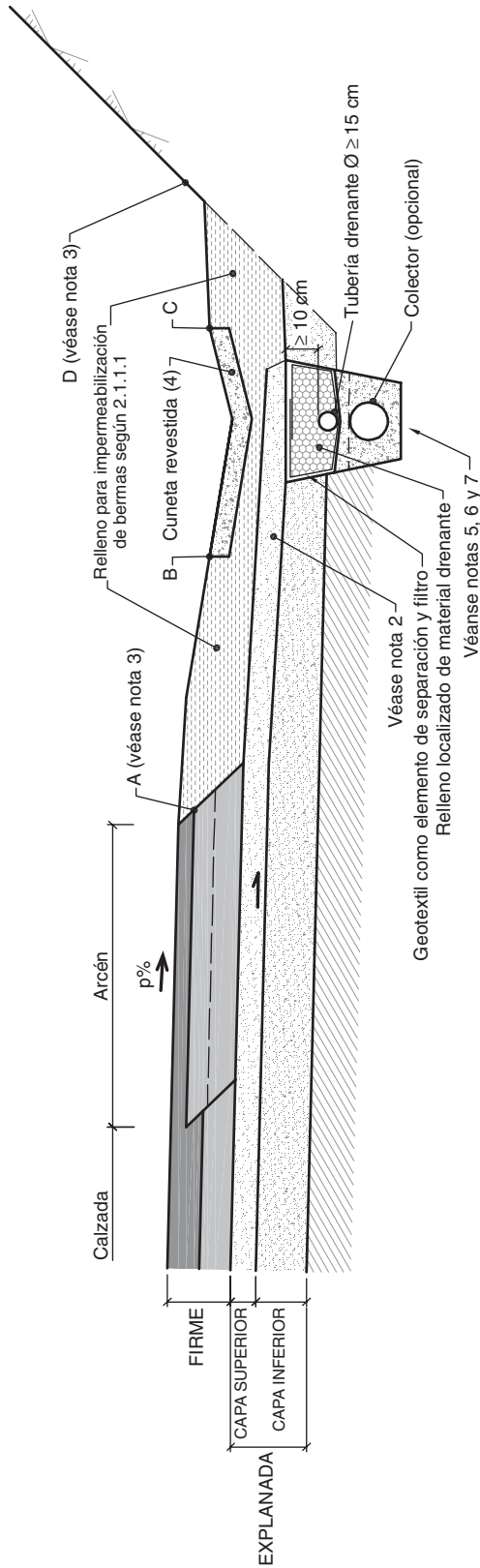
## VARIANTE AL DETALLE ED01 CON CAPA INFERIOR DE BAJA PERMEABILIDAD (véase apartado 2.1.2.5)



### NOTAS

1. Este detalle sólo será de aplicación cuando la explanada esté constituida por dos capas de materiales diferentes, siendo la capa inferior de permeabilidad más baja que la superior según se especifica en el apartado 2.1.2.1 (véase figura 2.4).
2. El espesor mínimo de la prolongación de la capa superior de la explanada será de veinte centímetros (20 cm). Por razones constructivas podrá extenderse hasta el pie del desmonte.
3. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
4. La cuneta deberá revestirse en todo caso. El proyecto estudiará la necesidad de garantizar la impermeabilidad de la cuneta mediante sellado de sus juntas, extensión de lámina impermeable bajo la misma, etc.
5. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), la profundidad de la zanja drenante de la figura deberá revisarse en consecuencia.
6. Respecto a la posibilidad de sustitución de la zanja drenante por una pantalla drenante, se estará a lo especificado en el apartado 2.1.2.4 (véase la variante de esta sección con pantalla drenante en el apéndice 4).
7. En general, en los casos en que simultáneamente se cumpla que:
  - La cuneta esté revestida.
  - Las obras se encuentren en zona pluviométrica 6 ó 7 de la figura 2.2.
  - La distancia d, acotada en este detalle sea inferior a diez metros (10 m),
 o en aquellos otros en los que el proyecto justifique expresamente que la no disposición de la zanja drenante no dará lugar a acumulación de aguas, en lugar de esta variante al detalle de drenaje ED01 podrá utilizarse la variante al detalle ED03 con capa inferior de baja permeabilidad.

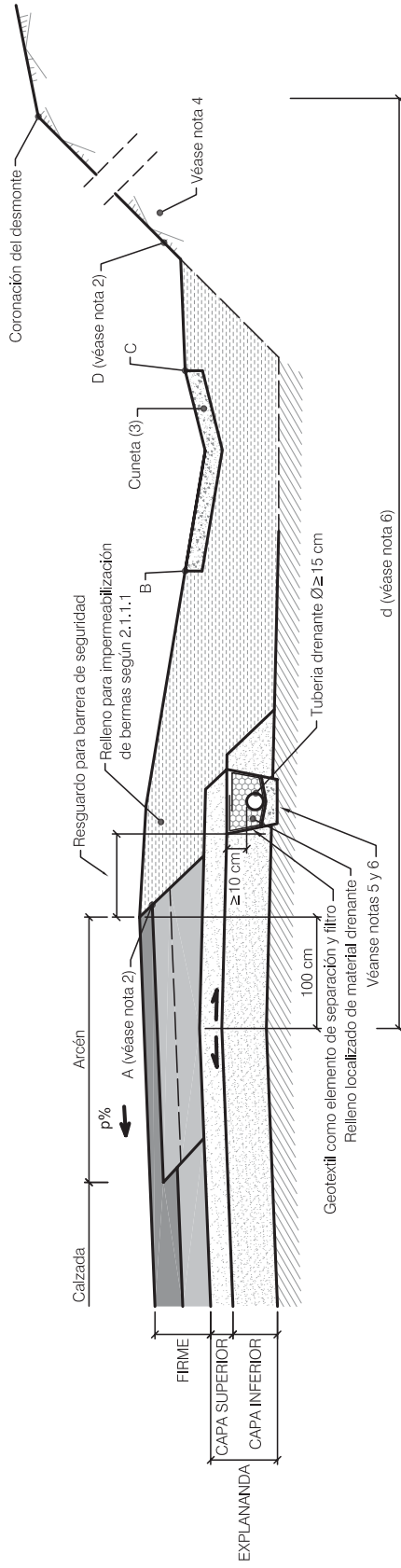
**VARIANTE AL DETALLE ED11 CON CAPA INFERIOR DE BAJA PERMEABILIDAD** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTAS**

1. Este detalle sólo será de aplicación cuando la explanada esté constituida por dos capas de materiales diferentes, siendo la capa inferior de permeabilidad más baja que la superior según se especifica en el apartado 2.1.2.1 (véase figura 2.4).
2. El espesor mínimo de la prolongación de la capa superior de la explanada será de veinte centímetros (20 cm). Por razones constructivas podrá extenderse hasta el pie del desmonte.
3. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
4. La cuneta deberá revestirse en todo caso. El proyecto estudiará la necesidad de garantizar la impermeabilidad de la cuneta mediante sellado de las juntas, extensión de lámina impermeable bajo la misma, etc.
5. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), la profundidad de la zanja drenante de la figura deberá revisarse en consecuencia.
6. Respecto a la posibilidad de sustitución de la zanja drenante por una pantalla drenante, se estará a lo especificado en el apartado 2.1.2.4 (véase la variante de esta sección con pantalla drenante en el apéndice 4).
7. En los casos en que simultáneamente se cumpla que:
  - La cuneta esté revestida.
  - Las obras de encuentran en zona pluviométrica 6 ó 7 de la figura 2.2.
  - El proyecto justifique expresamente que la no disposición de la zanja drenante no dará lugar a acumulación de aguas,
 en lugar esta variante al detalle de drenaje ED11 podrá utilizarse la variante al detalle ED13 con capa inferior de baja permeabilidad.

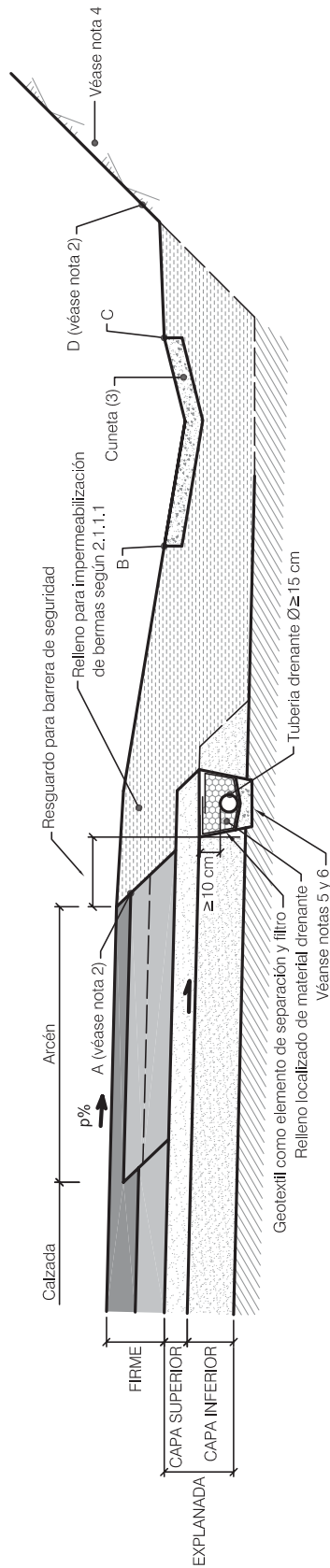
## VARIANTE AL DETALLE ED02 CON CAPA INFERIOR DE BAJA PERMEABILIDAD (véase apartado 2.1.2.5)



### NOTAS

- Este detalle sólo será de aplicación cuando la explanada esté constituida por dos capas de materiales diferentes, siendo la capa inferior de permeabilidad más baja que la superior según se especifica en el apartado 2.1.2.1 (véase figura 2.4).
- Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1), teniendo en cuenta si los puntos A y B y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
- Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Cuando la cuneta no esté revestida, el espacio que ocupa en la figura estará constituido por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
- Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), esta variante al detalle de drenaje ED02 no será de aplicación, salvo justificadamente.
- Respecto a la posibilidad de sustitución de la zanja drenante por una pantalla drenante, se estará a lo especificado en el apartado 2.1.2.4 (véase la variante de esta sección con pantalla drenante en el apéndice 4).
- En general, en los casos en que simultáneamente se cumpla que:
  - La cuneta esté revestida.
  - Las obras se encuentren en zona pluviométrica 6 ó 7 de la figura 2.2.
  - La distancia  $d$ , acotada en este detalle sea inferior a diez metros (10 m),
 o en aquellos otros en los que el proyecto justifique expresamente que la no disposición de la zanja drenante no dará lugar a acumulación de aguas, en lugar de esta variante al detalle de drenaje ED02 podrá utilizarse la variante al detalle ED03 con capa inferior de baja permeabilidad.

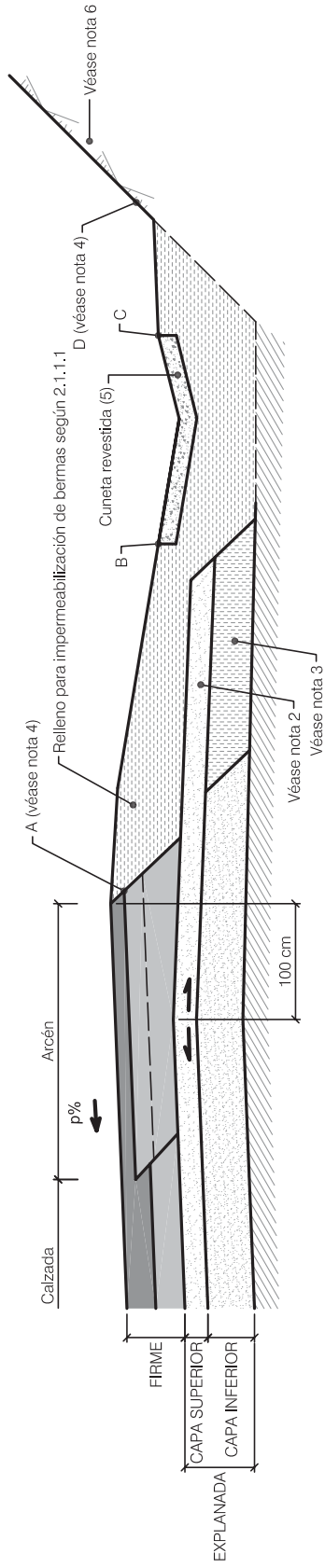
VARIANTE AL DETALLE ED12 CON CAPA INFERIOR DE BAJA PERMEABILIDAD (véase apartado 2.1.2.5)



NOTAS

1. Este detalle sólo será de aplicación cuando la explanada esté constituida por dos capas de materiales diferentes, siendo la capa inferior de permeabilidad más baja que la superior según se especifica en el apartado 2.1.2.1 (véase figura 2.4).
  2. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
  3. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Cuando la cuneta no esté revestida, el espacio que ocupa en la figura estará constituido por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
  4. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), esta variante al detalle de drenaje ED12 no será de aplicación, salvo justificación expresa del proyecto.
  5. Respecto a la posibilidad de sustitución de la zanja drenante por una pantalla drenante, se estará a lo especificado en el apartado 2.1.2.4 (véase la variante de esta sección con pantalla drenante en el apéndice 4).
  6. En los casos en que simultáneamente se cumpla que:
    - La cuneta esté revestida.
    - Las obras de encuentran en zona pluviométrica 6 ó 7 de la figura 2.2.
    - El proyecto justifique expresamente que la no disposición de la zanja drenante no dará lugar a acumulación de aguas,
- en lugar de esta variante al detalle de drenaje ED12 podrá utilizarse la variante al detalle ED13 con capa inferior de baja permeabilidad.

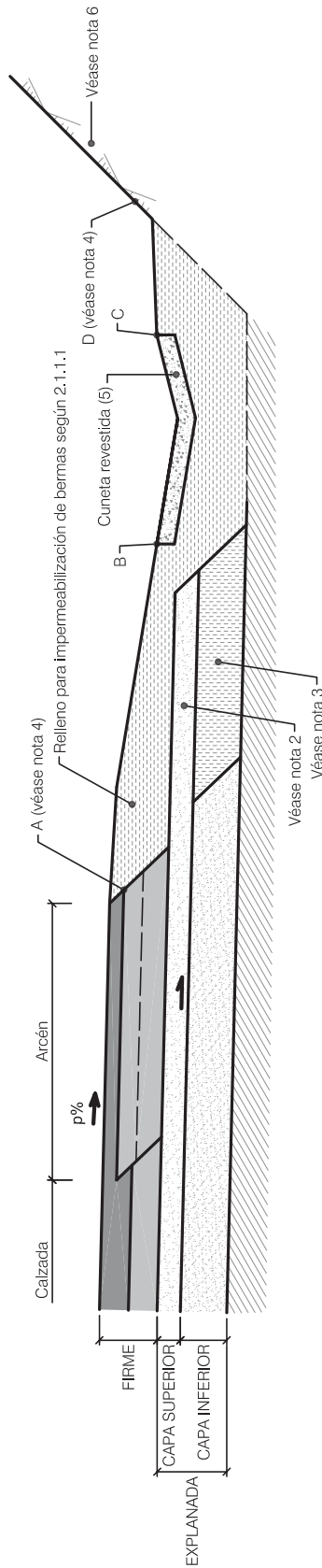
**VARIANTE AL DETALLE ED03 CON CAPA INFERIOR DE BAJA PERMEABILIDAD** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTAS**

1. Este detalle de drenaje sólo será de aplicación cuando la explanada esté constituida por dos capas de materiales diferentes, siendo la capa inferior de permeabilidad más baja que la superior según se especifica en el apartado 2.1.2.1 (véase figura 2.4) y se cumplan los requisitos especificados en la nota 7 de la variante al detalle ED01 o en la nota 6 de la variante al detalle ED02.
2. El espesor mínimo de la prolongación de la capa superior de la explanada será de veinte centímetros (20 cm).
3. El material de esta capa podrá ser el mismo que el de la capa superior de la explanada o bien un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad mayor que él.
4. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
5. La cuneta deberá revestirse en todo caso.
6. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), la variante al detalle de drenaje ED03 con capa inferior de baja permeabilidad, no será de aplicación.

**VARIANTE AL DETALLE ED13 CON CAPA INFERIOR DE BAJA PERMEABILIDAD** (véase apartado 2.1.2.5)



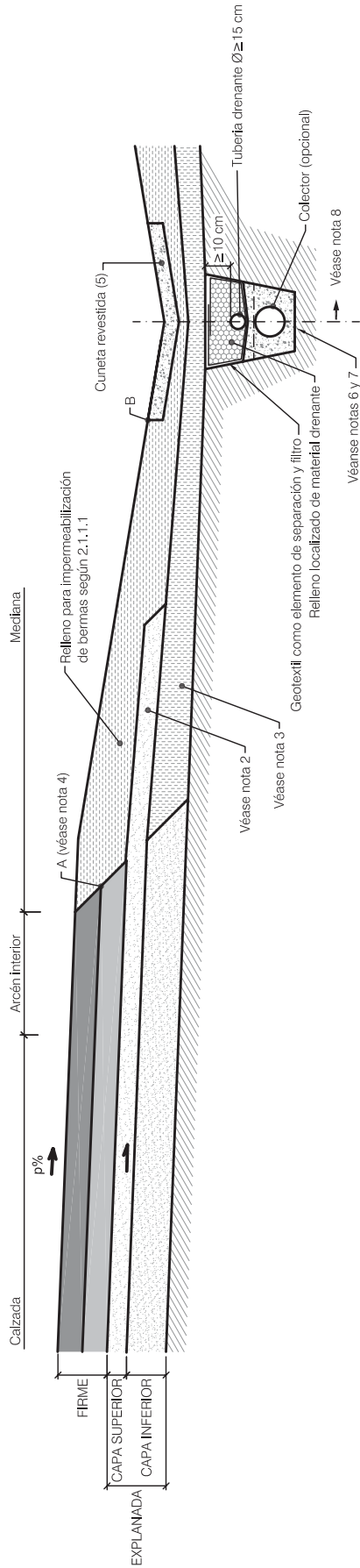
**NOTAS**

1. Este detalle de drenaje sólo será de aplicación cuando la explanada esté constituida por dos capas de materiales diferentes, siendo la capa inferior de permeabilidad más baja que la superior según se especifica en el apartado 2.1.2.1 (véase figura 2.4) y se cumplan los requisitos especificados en la nota 7 de la variante al detalle ED11, o en la nota 6 de la variante al detalle ED12.
2. El espesor mínimo de la prolongación de la capa superior de la explanada será de veinte centímetros (20 cm).
3. El material de esta capa podrá ser el mismo que el de la capa superior de la explanada o bien un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad mayor que él.
4. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B, y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
5. La cuneta deberá revestirse en todo caso.
6. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), la variante al detalle de drenaje ED13 con capa inferior de baja permeabilidad, no será de aplicación.





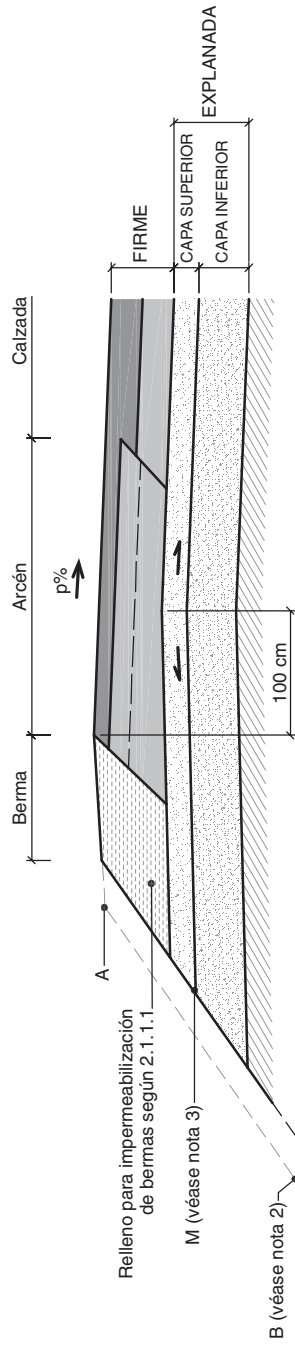
**VARIANTE AL DETALLE EM11 CON CAPA INFERIOR DE BAJA PERMEABILIDAD (véase apartado 2.1.2.5)**



**NOTAS**

1. Este detalle de drenaje sólo será de aplicación cuando la explanada esté constituida por dos capas de materiales diferentes, siendo la capa inferior de permeabilidad más baja que la superior según se especifica en el apartado 2.1.2.1 (véase figura 2.4).
2. El espesor mínimo de la prolongación de la capa superior de la explanada será de veinte centímetros (20 cm).
3. El material de esta capa podrá ser un suelo adecuado o seleccionado con coeficiente de permeabilidad mayor que el del material de la capa superior de la explanada. También podrá ser el mismo material que el de la capa superior de la explanada. El espesor mínimo de esta capa será de veinte centímetros (20 cm).
4. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniéndose entre sí los puntos A y B. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
5. La cuneta deberá revestirse en todo caso. El proyecto estudiará la necesidad de garantizar la impermeabilidad de la cuneta, mediante sellado de sus juntas, extensión de lámina impermeable bajo la misma, etc.
6. Cuando se precise una zanja drenante para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), la profundidad de la zanja drenante de la figura deberá revisarse en consecuencia.
7. Respecto a la posibilidad de sustitución de la zanja drenante por una pantalla drenante, se estará a lo especificado en el apartado 2.1.2.4.
8. La continuación de este detalle hacia la parte derecha de la figura podrá ser simétrica respecto de la variante al detalle EM01 con capa inferior de baja permeabilidad.

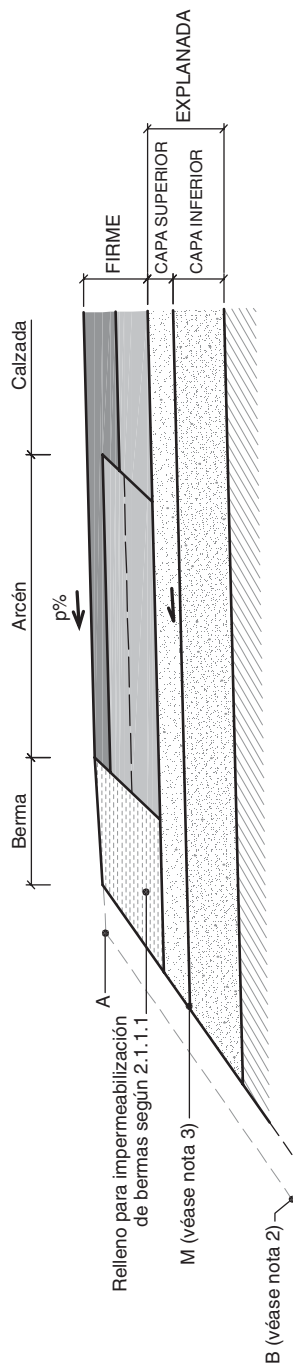
**VARIANTE AL DETALLE ER01 CON CAPA INFERIOR DE BAJA PERMEABILIDAD** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTAS**

1. Este detalle de drenaje sólo será de aplicación cuando la explanada esté constituida por dos capas de materiales diferentes, siendo la capa inferior de permeabilidad más baja que la superior según se especifica en el apartado 2.1.2.1 (véase figura 2.4).
2. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, con el espesor definido en el proyecto, uniéndolo entre sí los puntos A y B.
3. Para que se produzca la evacuación de las aguas infiltradas a través del espaldón, la cota del punto M deberá encontrarse por encima del terreno natural. Además deberá garantizarse que no se produzcan encharcamientos o acumulaciones de agua al pie de la sección, que puedan provocar la entrada de aguas en la misma a través de la capa por la que discurren las aguas infiltradas. En caso de no cumplirse simultáneamente estas dos premisas, esta variante al detalle de drenaje ER01 no será de aplicación.

**VARIANTE AL DETALLE ER11 CON CAPA INFERIOR DE BAJA PERMEABILIDAD** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTAS**

1. Este detalle de drenaje sólo será de aplicación cuando la explanada esté constituida por dos capas de materiales diferentes, siendo la capa inferior de permeabilidad más baja que la superior según se especifica en el apartado 2.1.2.1 (véase figura 2.4).
2. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, con el espesor definido en el proyecto, uniéndolo entre sí los puntos A y B.
3. Para que se produzca la evacuación de las aguas infiltradas a través del espaldón, la cota del punto M deberá encontrarse por encima del terreno natural. Además deberá garantizarse que no se produzcan encharcamientos o acumulaciones de agua al pie de la sección, que puedan provocar la entrada de aguas en la misma a través de la capa por la que discurren las aguas infiltradas. En caso de no cumplirse simultáneamente estas dos premisas, esta variante al detalle de drenaje ER11 no será de aplicación.

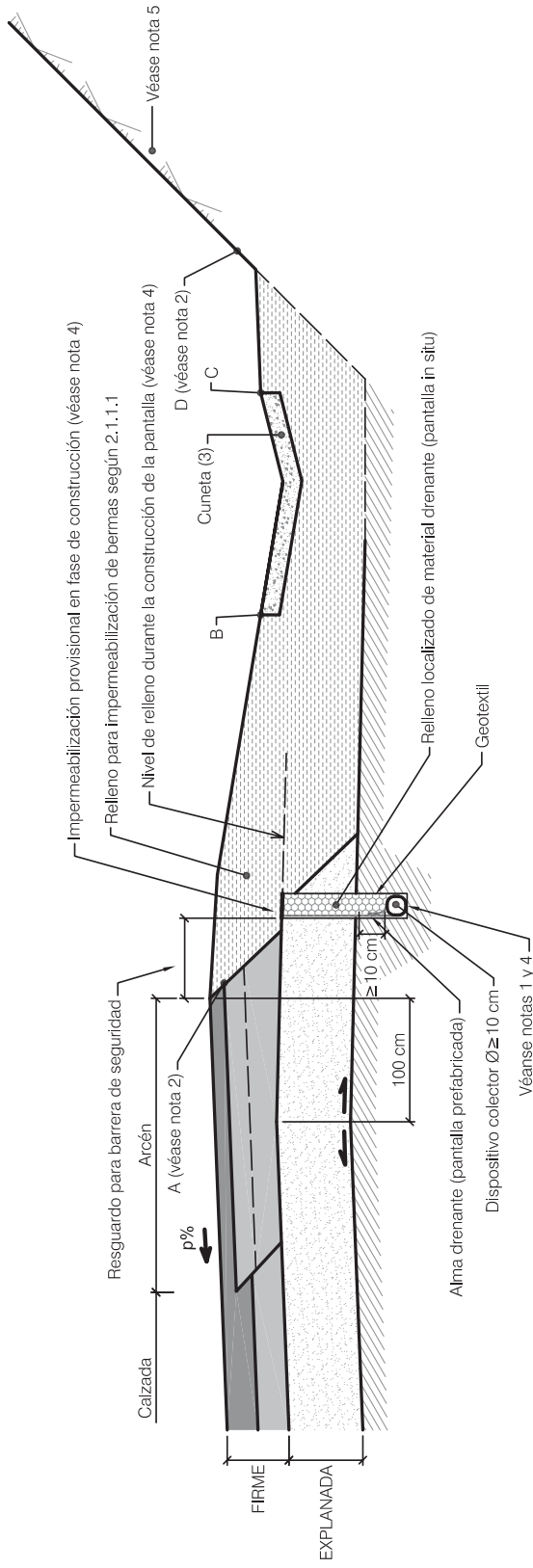


## **APÉNDICE 4.**

---

**VARIANTES CON PANTALLA DRENANTE DE LOS DETALLES ED01-ED02,  
ED11-ED12, FD01-FD02, FD11-FD12 Y ED01-ED02, ED11-ED12  
CON CAPA INFERIOR DE BAJA PERMEABILIDAD**

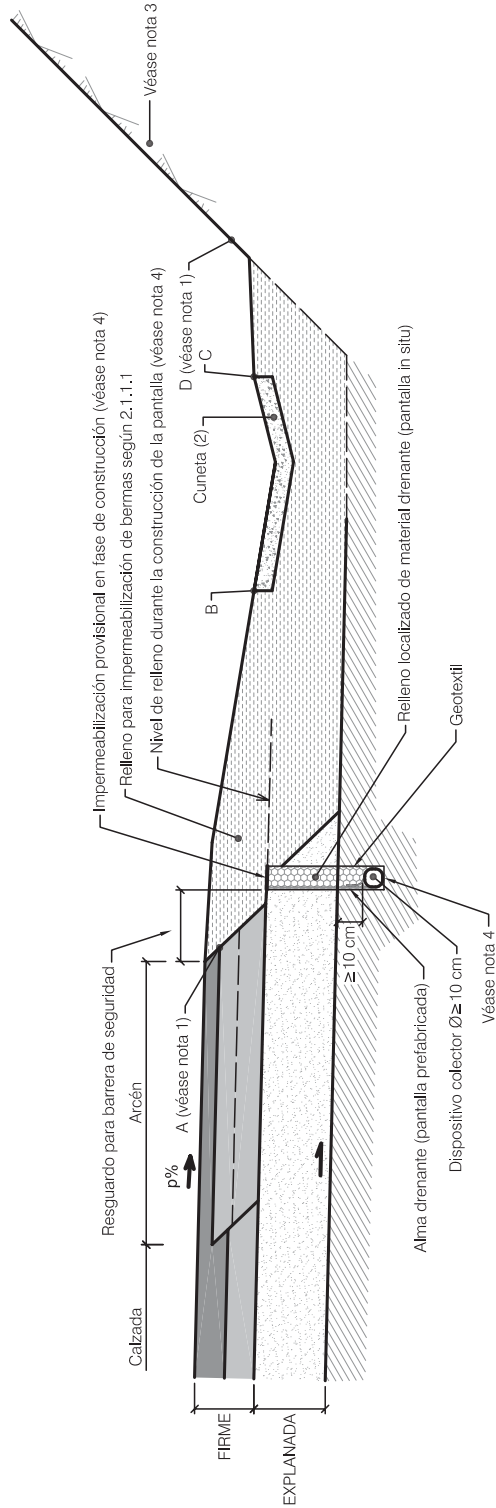
## DETALLES ED01 ó ED02 CON PANTALLA DRENANTE (véase apartado 2.1.2.5)



### NOTAS

1. El detalle de drenaje ED01 ó ED02 con pantalla drenante, sólo será de aplicación cuando sea necesario dar continuidad a secciones tipo ED11 ó ED12 con pantalla drenante.
2. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
3. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Cuando la cuneta no esté revestida, el espacio que ocupa en la figura estará constituido por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
4. Se deben definir las fases del proceso constructivo de la pantalla drenante en relación con el resto de elementos de la sección transversal.
5. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje ED01 ó ED02 con pantalla drenante, no será de aplicación.

**DETALLES ED11 ó ED12 CON PANTALLA DRENANTE (véase apartado 2.1.2.5)**

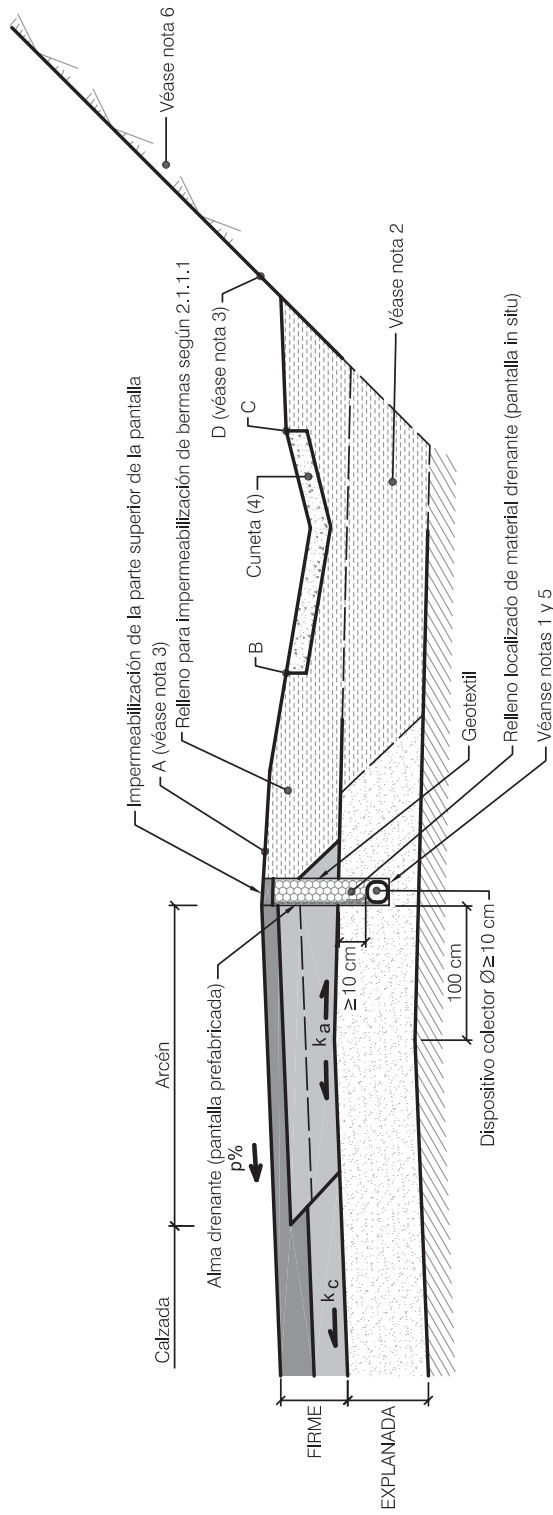


**NOTAS**

1. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B y los puntos C y D. El punto B, deberá estar a menor cota que el A.
2. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Cuando la cuneta no esté revestida, el espacio que ocupa en la figura estará constituido por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
3. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje ED11 ó ED12 con pantalla drenante, no será de aplicación.
4. Se deben definir las fases del proceso constructivo de la pantalla drenante en relación con el resto de elementos de la sección transversal.



**DETALLES FD01 ó FD02 CON PANTALLA DRENANTE** (véase apartado 2.1.2.5)

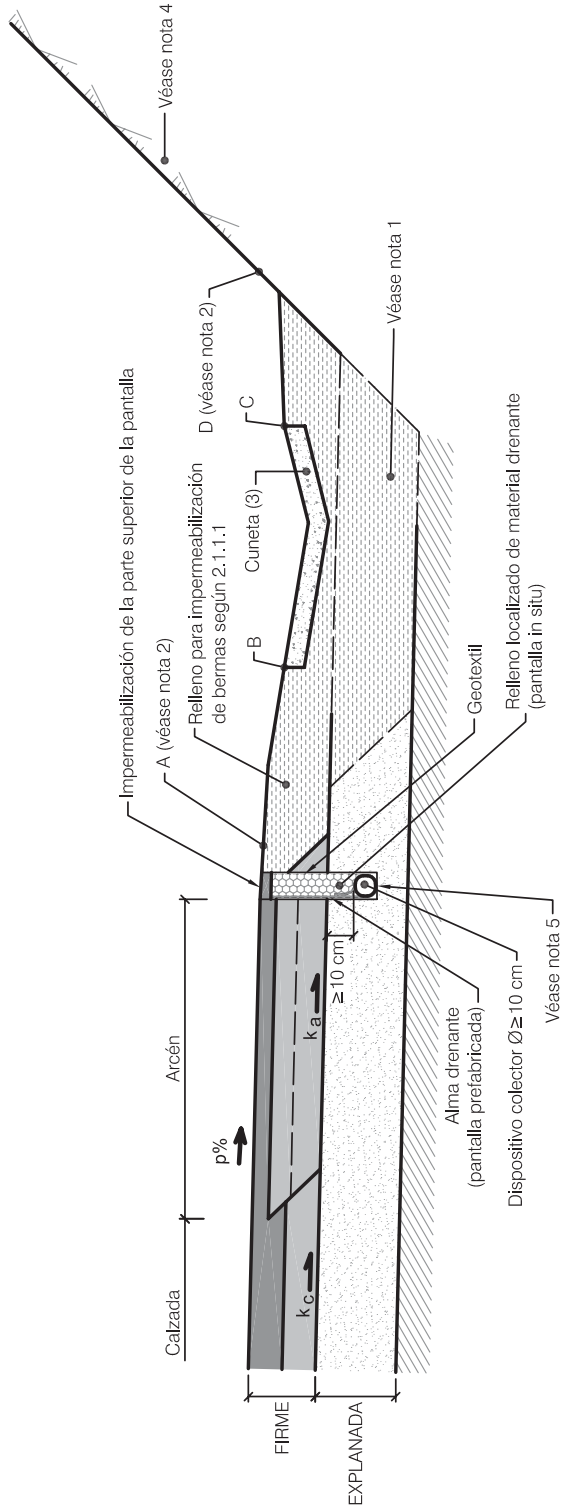


**NOTAS**

1. El detalle de drenaje FD01 ó FD02 con pantalla drenante, sólo será de aplicación cuando sea necesario dar continuidad a secciones tipo FD11 ó FD12 con pantalla drenante.  
 Cuando el firme bajo el pavimento del arcén esté constituido por dos materiales distintos, de coeficiente de permeabilidad  $k_{a,inf}$  el situado en la parte inferior y  $k_{a,sup}$  el situado en la parte superior, y se cumpla que  $k_{a,sup} > k_{a,inf}$ , entonces, estas capas se proyectarán de forma que su interfaz tenga pendiente vertiente hacia el exterior de la calzada.
2. Esta capa podrá estar constituida preferiblemente por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1) o en su defecto será prolongación de la explanada.
3. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
4. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Deberá revestirse en todo caso cuando el material bajo el relleno para impermeabilización de bermas sea prolongación de la explanada (véase nota 2).
5. Se deben definir las fases del proceso constructivo de la pantalla drenante en relación con el resto de elementos de la sección transversal
6. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para el rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje FD01 ó FD02 con pantalla drenante, no será de aplicación.

El punto A se encontrará al menos a cincuenta centímetros (50 cm) —medidos horizontalmente— del borde exterior de la pantalla.

**DETALLES FD11 ó FD12 CON PANTALLA DRENANTE** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTAS**

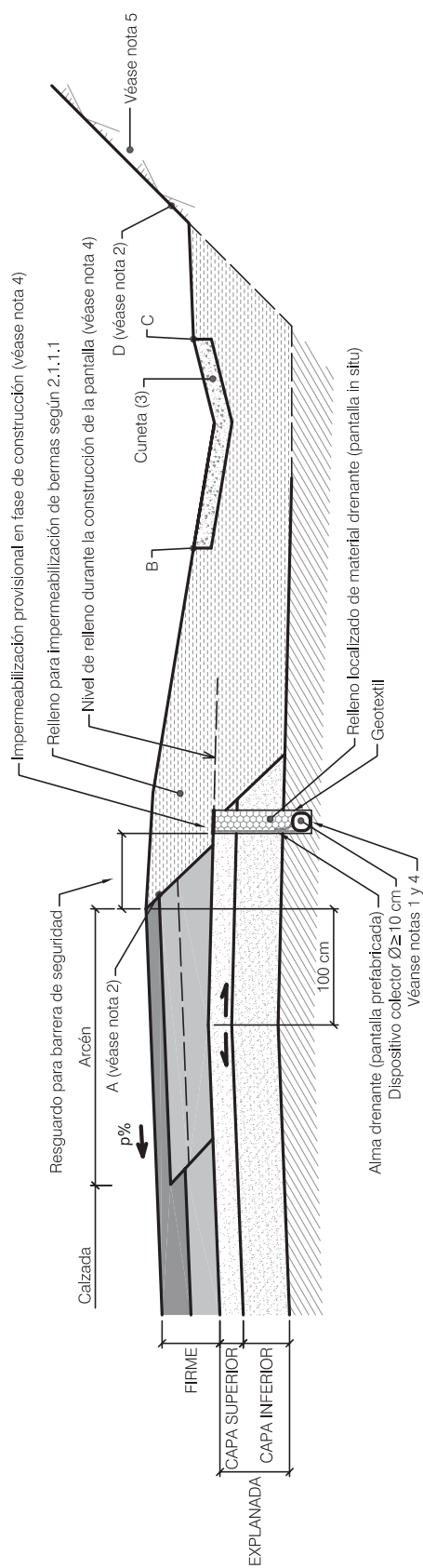
1. Esta capa podrá estar constituida preferiblemente por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1) o en su defecto será prolongación de la explanada.
2. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B y los puntos C y D. El punto B estará a menor cota que el A. El punto A se encontrará al menos a cincuenta centímetros (50 cm) —medidos horizontalmente— del borde exterior de la pantalla.
3. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Dre-
4. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para el rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje FD11 ó FD12 con pantalla drenante, no será de aplicación.
5. Se deben definir las fases del proceso constructivo de la pantalla drenante en relación con el resto de elementos de la sección transversal.

naje superficial o aquella que la sustituya. Deberá revestirse en todo caso cuando el material bajo el relleno para impermeabilización de bermas sea prolongación de la explanada (véase nota 1).

4. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para el rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje FD11 ó FD12 con pantalla drenante, no será de aplicación.

5. Se deben definir las fases del proceso constructivo de la pantalla drenante en relación con el resto de elementos de la sección transversal.

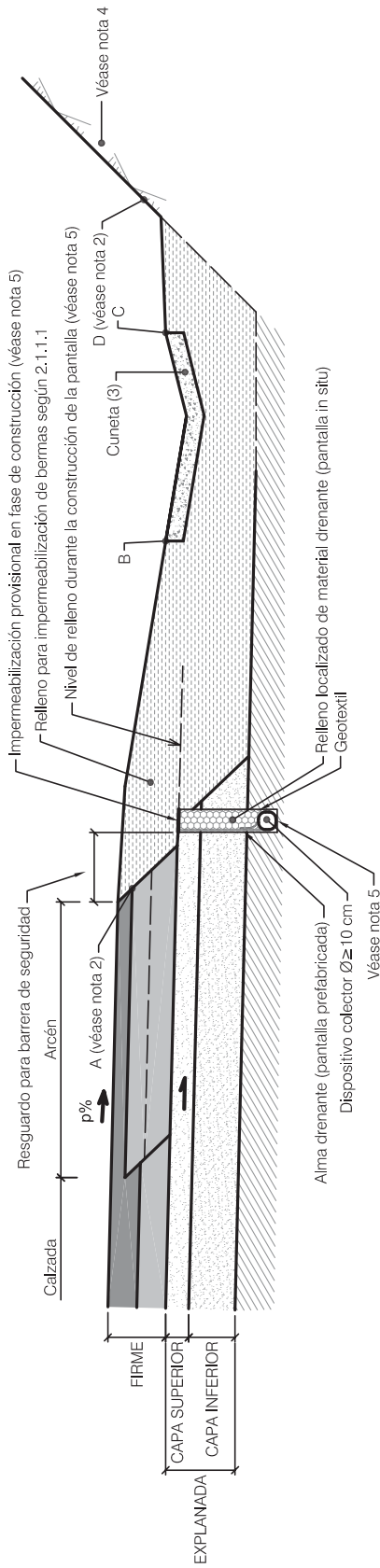
## DETALLES ED01 ó ED02 CON CAPA INFERIOR DE BAJA PERMEABILIDAD Y PANTALLA DRENANTE (véase apartado 2.1.2.5)



### NOTAS

1. Este detalle de drenaje sólo será de aplicación cuando la explanada esté constituida por dos capas de materiales diferentes, siendo la capa inferior de permeabilidad más baja que la superior según se especifica en el apartado 2.1.2.1 (véase figura 2.4), y sea necesario dar continuidad a secciones tipo ED11 ó ED12 con capa inferior de baja permeabilidad y pantalla drenante.
2. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B y los puntos C y D. El punto B deberá estar a menor cota que el A.
3. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Cuando la cuneta no esté revestida, el espacio que ocupa en la figura estará constituido por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
4. Se deben definir las fases del proceso constructivo de la pantalla drenante en relación con el resto de elementos de la sección transversal.
5. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje ED01 ó ED02 con capa inferior de baja permeabilidad y pantalla drenante, no será de aplicación.

**DETALLES ED11 ó ED12 CON CAPA INFERIOR DE BAJA PERMEABILIDAD Y PANTALLA DRENANTE** (véase apartado 2.1.2.5)



**NOTAS**

1. Este detalle de drenaje sólo será de aplicación cuando la explanada esté constituida por dos capas de materiales diferentes, siendo la capa inferior de permeabilidad más baja que la superior según se especifica en el apartado 2.1.2.1 (véase figura 2.4).
2. Se podrá considerar la colocación de tierra vegetal, siempre que se respete el espesor mínimo del relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1), uniendo entre sí los puntos A y B y los puntos C y D. El punto B, deberá estar a menor cota que el A.
3. Necesidad de revestimiento de cuneta: conforme a lo especificado en la norma 5.2 IC Drenaje superficial o aquella que la sustituya. Cuando la cuneta no esté revestida, el espacio que ocupa en la figura estará constituido por relleno para impermeabilización de bermas (véase apartado 2.1.1.1).
4. Cuando se precise una zanja a pie de desmonte como elemento de drenaje de estabilización (véase apartado 2.2.2), o para rebajamiento del nivel freático bajo la explanada (véase apartado 2.2.1), el detalle de drenaje ED11 ó ED12 con capa inferior de baja permeabilidad y pantalla drenante, no será de aplicación.
5. Se deben definir las fases del proceso constructivo de la pantalla drenante en relación con el resto de elementos de la sección transversal.

