

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.

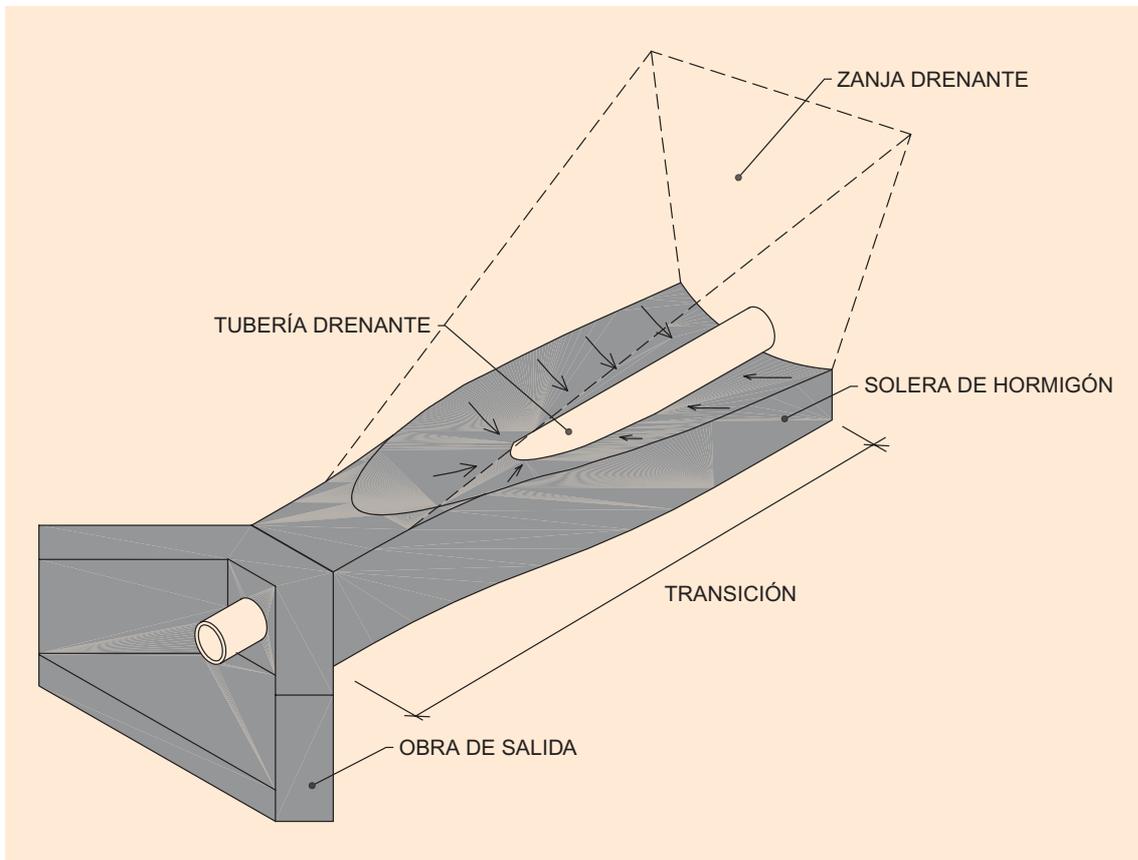


FIGURA 3.1. DESAGÜE DIRECTO DE UNA ZANJA DRENANTE

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).

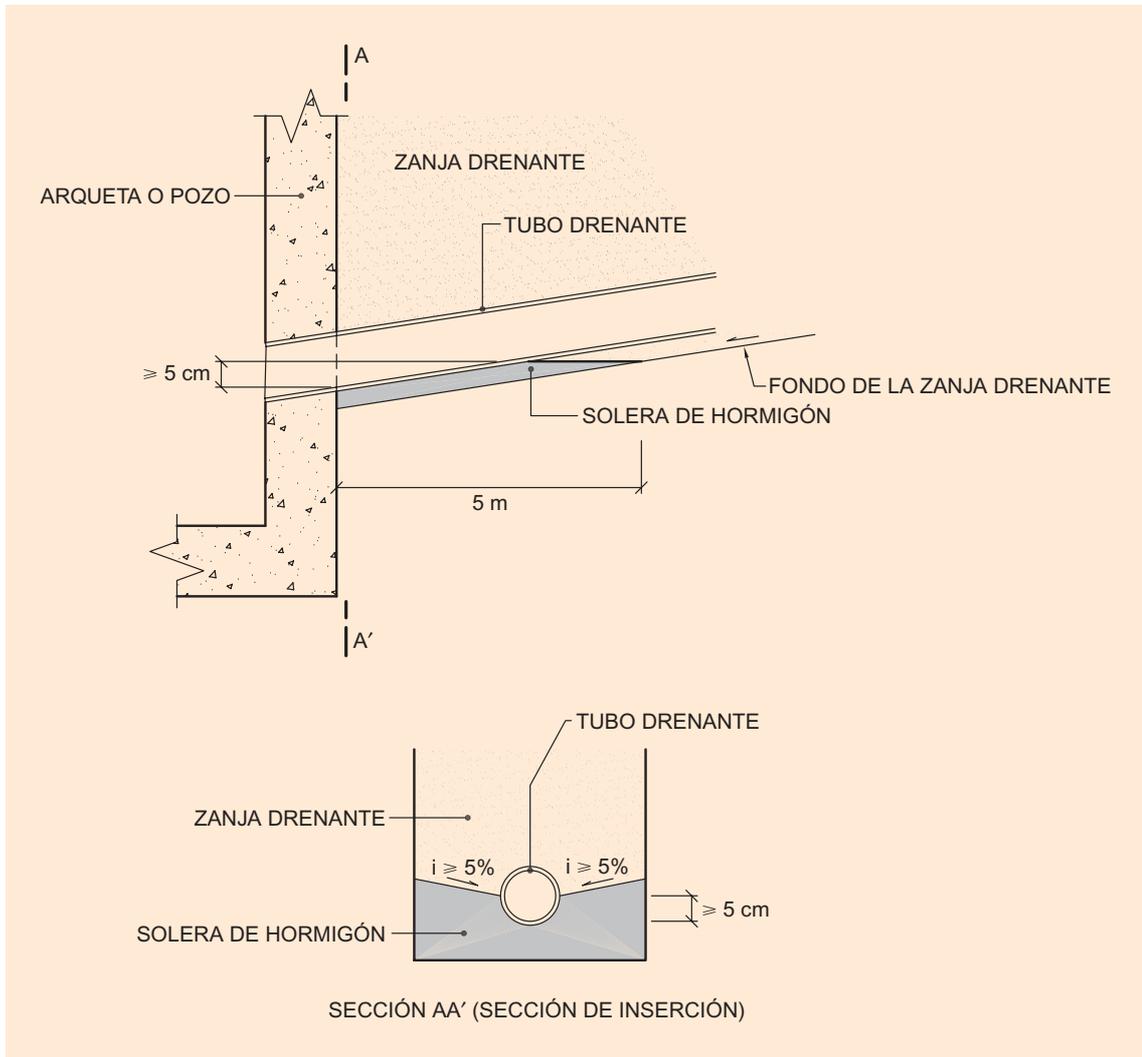


FIGURA 3.2. DETALLE DE LA ZONA DE INSERCIÓN

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).

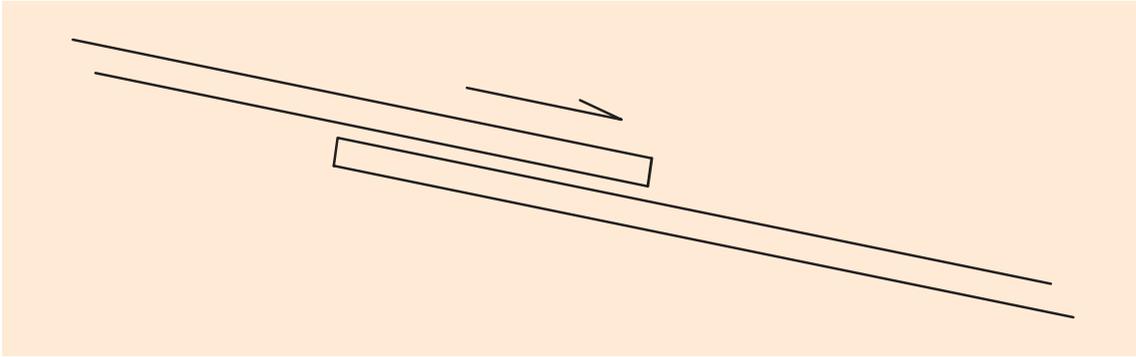


FIGURA 3.3. COLOCACIÓN DE LÁMINAS EN ZONAS DE SOLAPE

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).

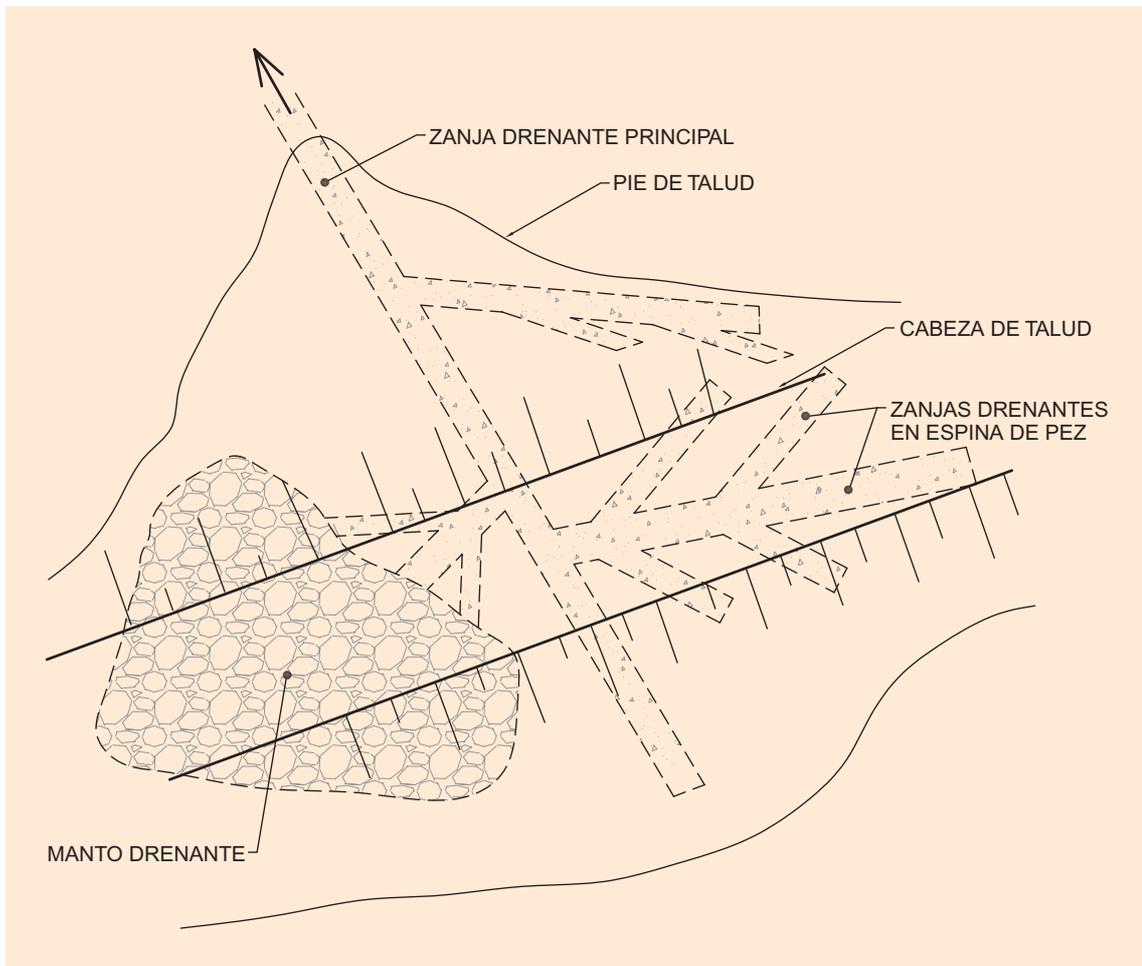


FIGURA 3.4. COMBINACIÓN DE UN MANTO DRENANTE CON DRENES EN ESPINA DE PEZ

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.

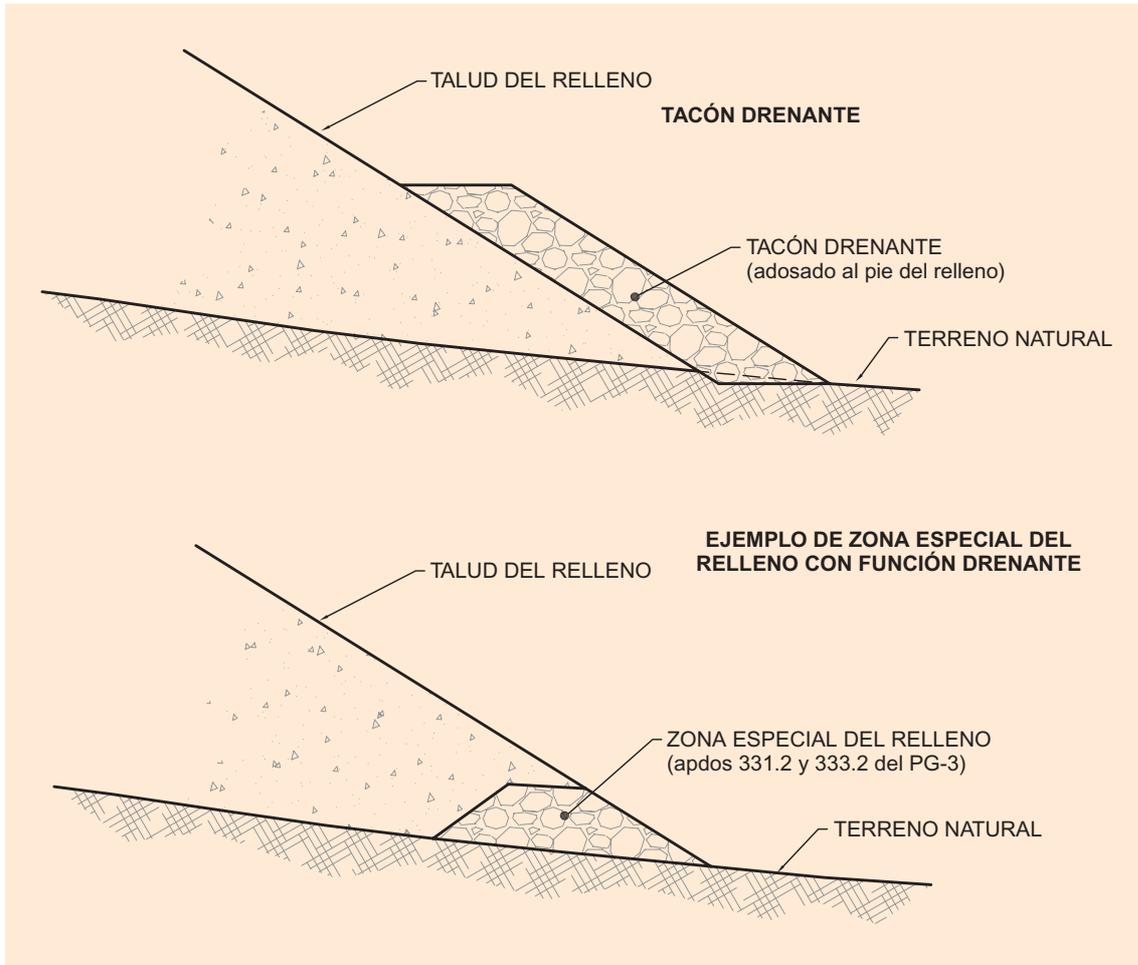


FIGURA 3.5. TACÓN DRENANTE Y EJEMPLO DE RELLENO CON ZONA ESPECIAL DRENANTE

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%).

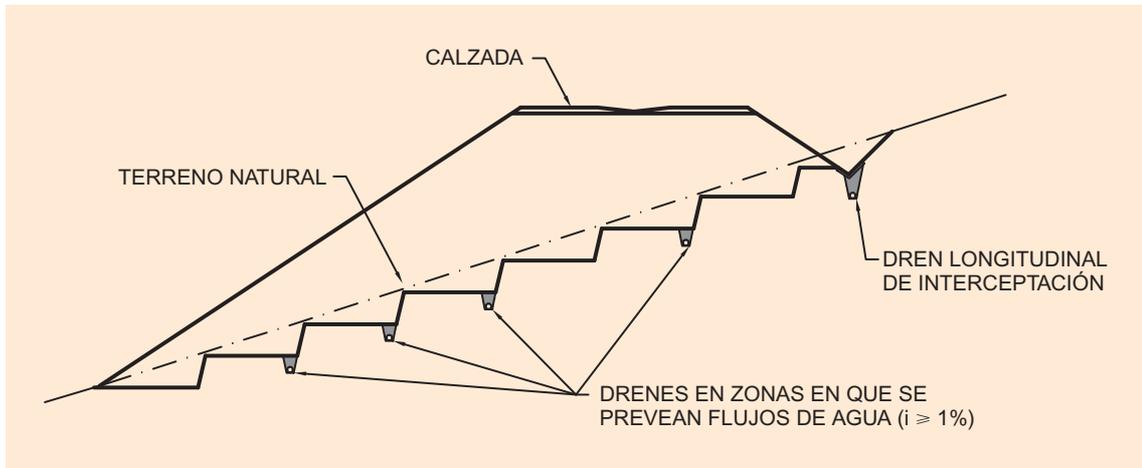


FIGURA 3.6. EMPLEO DE DRENES DE INTERCEPTACIÓN EN EL CIMIENTO DE UN RELLENO

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).

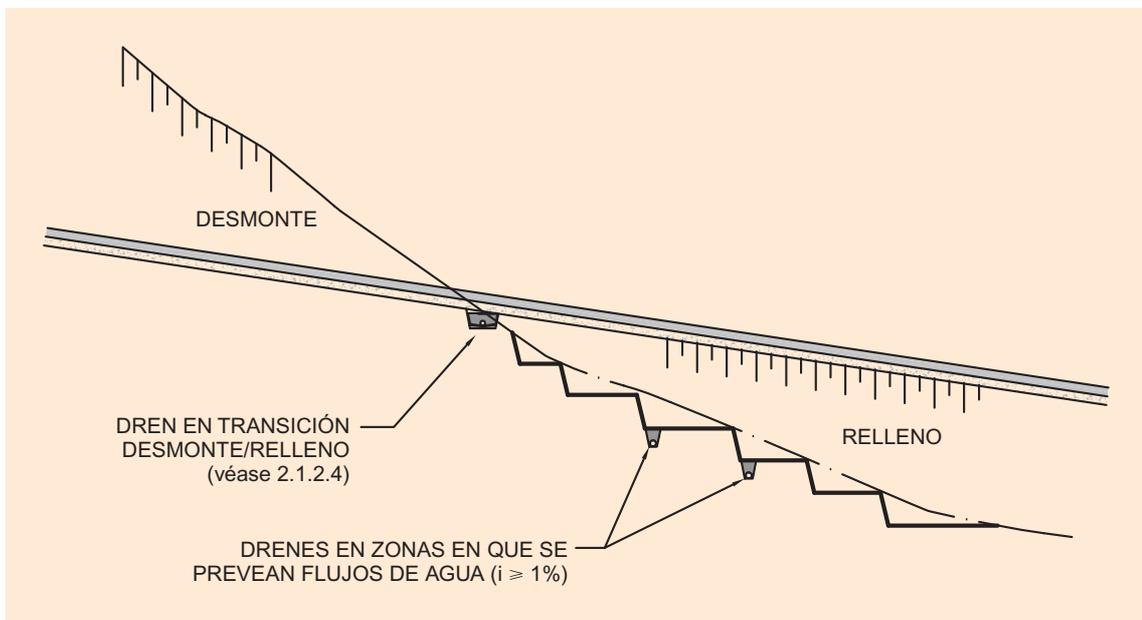


FIGURA 3.7. EMPLEO DE DRENES DE INTERCEPTACIÓN EN UNA TRANSICIÓN DESMONTE-RELLENO

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.

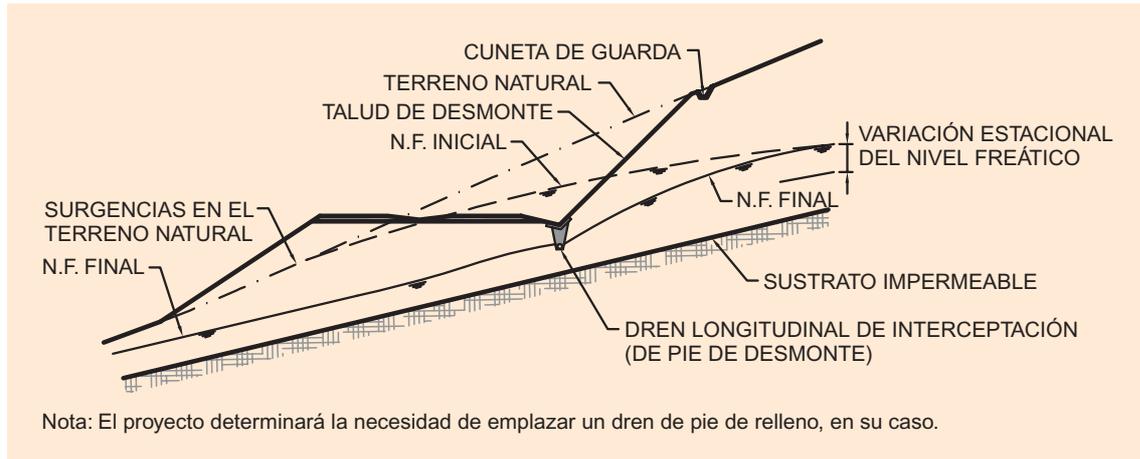


FIGURA 3.8. EJEMPLO DE DREN LONGITUDINAL DE INTERCEPTACIÓN

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.

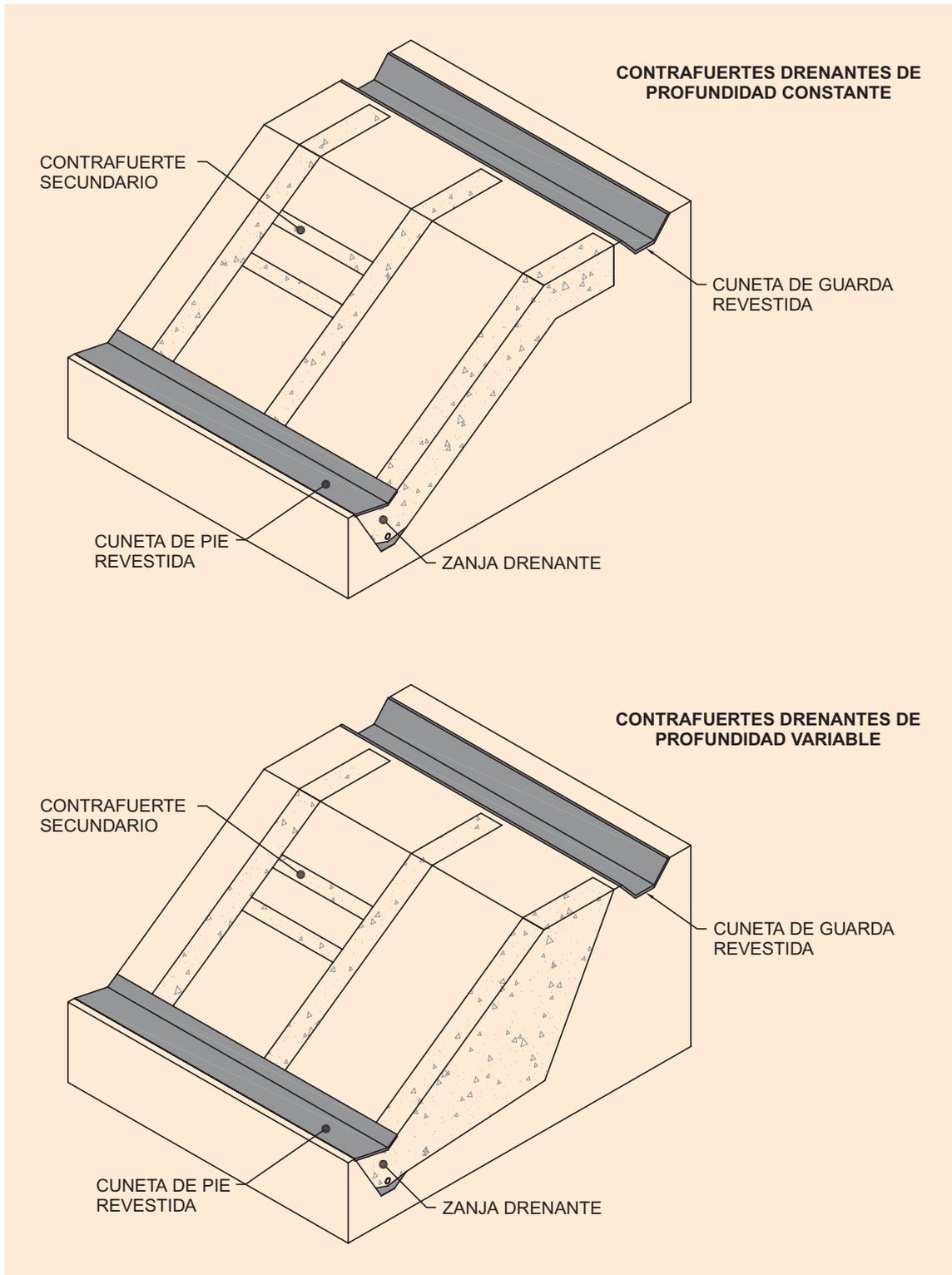


FIGURA 3.9. EJEMPLOS DE CONTRAFUERTE DRENANTES DE PROFUNDIDAD APROXIMADAMENTE CONSTANTE O VARIABLE

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 asentamientos 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.