

<b>LIBRO:</b>	<b>PRY. PROYECTO</b>
<b>TEMA:</b>	<b>CAR. Carreteras</b>
<b>PARTE:</b>	<b>4. PROYECTO DE DRENAJE Y SUBDRENAJE</b>
<b>TÍTULO:</b>	03. Proyecto de Sistemas de Subdrenaje
<b>CAPÍTULO:</b>	001. Ejecución de Proyectos de Subdrenaje

## **A. CONTENIDO**

Esta Norma contiene los criterios para la ejecución de los proyectos de subdrenaje que realiza la Secretaría con recursos propios o mediante un Contratista de Servicios, con el fin de diseñar geométrica e hidráulicamente los diferentes sistemas para control del flujo subterráneo de agua.

## **B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN**

El proyecto de un sistema de subdrenaje comprende desde la ejecución de los trabajos de campo y la ingeniería de detalle necesaria para su diseño, de manera que se controle el flujo subterráneo de agua para la protección de la estructura del pavimento, estabilización de taludes de cortes, terraplenes, terracerías de acceso a puentes y laderas inestables; hasta la elaboración de planos descriptivos, especificaciones de construcción y otros documentos en los que se establezcan las características geométricas y de materiales de cada uno de los elementos que integran los sistemas de subdrenaje, para proporcionar al Contratista de Obra los lineamientos necesarios que le permitan su correcta ejecución.

Según su propósito, los elementos de un sistema de subdrenaje se clasifican como sigue:

### **B.1. SUBDRENES**

Consiste en elementos que forman una red colectora por medio de tubos perforados o ranurados, alojados dentro de una zanja, para recolectar el agua subterránea con objeto de controlarla y retirarla, minimizando su efecto negativo en las capas estructurales del pavimento.

Según su colocación, los subdrenes para carreteras se clasifican en:

#### **B.1.1. SUBDRENES LONGITUDINALES**

Son aquellos que se colocan paralelos al eje longitudinal de la carretera, coincidentes en su alineamiento horizontal y vertical, como se muestra en la Figura 1 a) de esta Norma.

#### **B.1.2. SUBDRENES TRANSVERSALES**

Son aquellos que se construyen perpendiculares o esviados con respecto al eje longitudinal de la carretera, como se muestra en la Figura 1 b) de esta Norma.

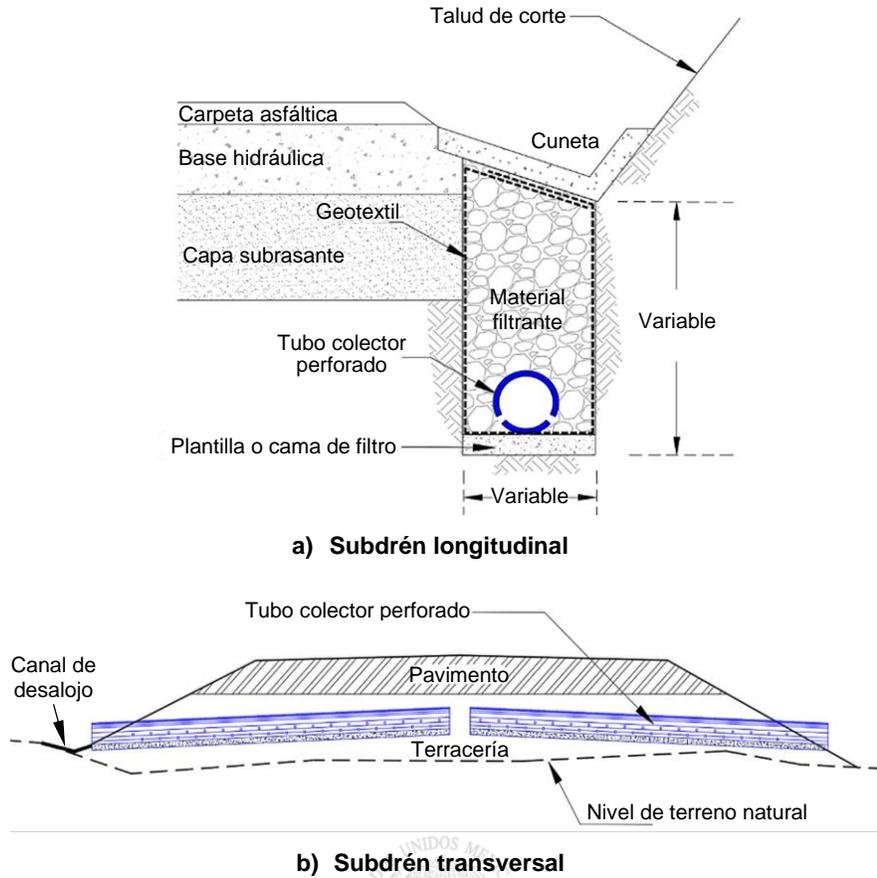


FIGURA 1.- Subdrenes

## B.2. GEODRENES

Consiste en una red colectora de elementos prefabricados, los cuales podrán estar ligados, con o sin tubos perforados, para la conducción del agua, como se muestra en la Figura 2 de esta Norma. Utilizan geotextiles permeables para filtrar el agua subterránea, evitando la migración de finos.

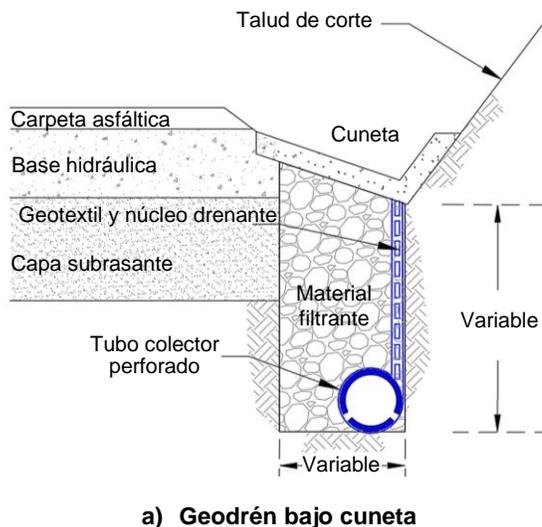
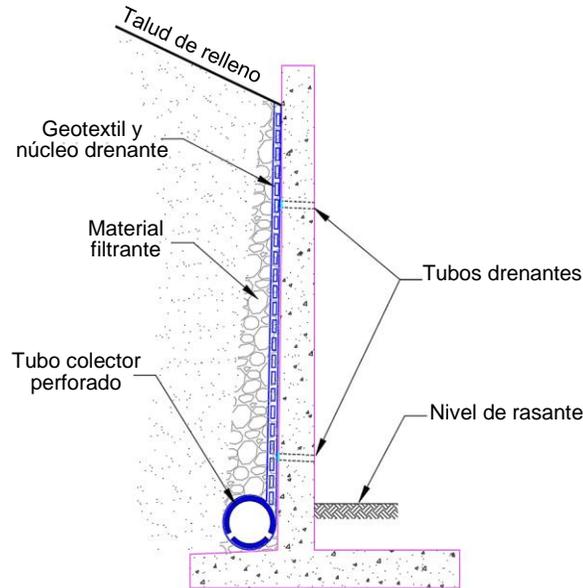


FIGURA 2.- Geodrén prefabricado



b) Geodrén en muro de contención

FIGURA 2.- Geodrén prefabricado (Continuación)

**B.3. CAPAS DRENANTES**

DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Consiste en una capa construida con materiales granulares de una determinada granulometría con características de filtro, que permite interceptar y drenar el agua que asciende de capas inferiores o que se infiltra a través de fisuras existentes en las obras complementarias de drenaje. Se complementan con un sistema para captación y desalajo de agua infiltrada mediante tubos perforados, como se muestra en la Figura 3 de esta Norma.

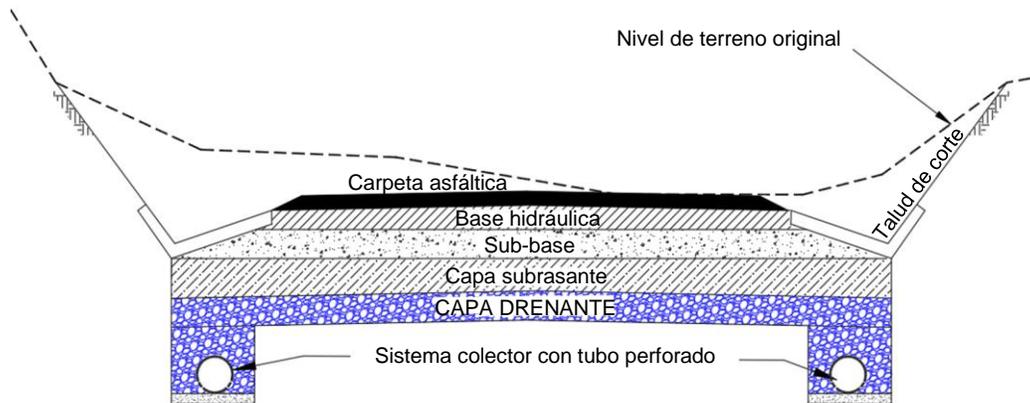


FIGURA 3.- Capa drenante

**B.4. DRENES DE PENETRACIÓN TRANSVERSAL**

Consiste en un conjunto de tuberías perforadas e insertadas en forma horizontal, con una inclinación ligeramente ascendente y colocadas transversalmente en los taludes de cortes o rellenos inestables, como se muestra en la Figura 4 de esta Norma.

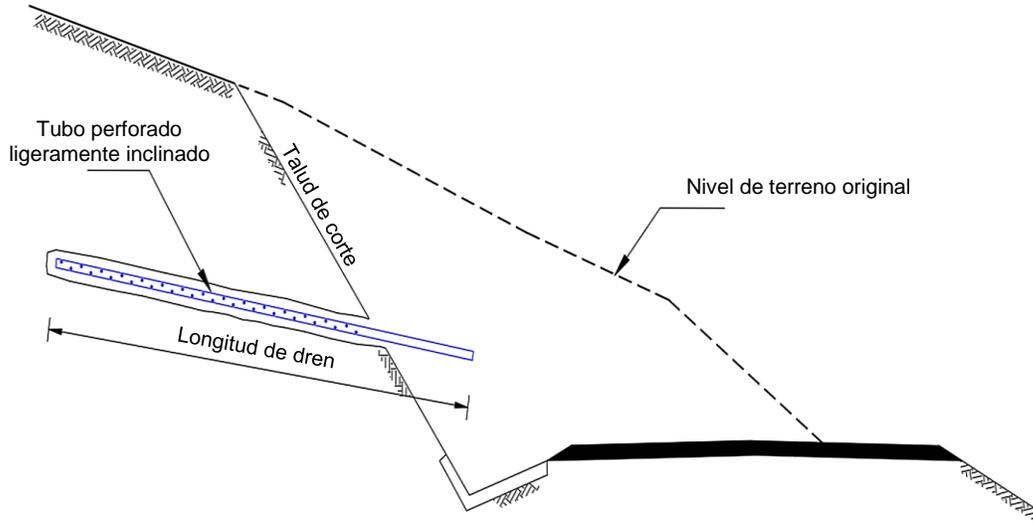


FIGURA 4.- Dren de penetración transversal

### B.5. POZOS DE ALIVIO

Son perforaciones verticales en el terreno natural, rellenas de material granular con características de filtro y tubos perforados alojados en su interior, envueltos en geotextil, distribuidos de manera que intercepten el manto freático con el propósito de abatir su nivel y evitar el flujo de agua hacia el elemento a proteger, como se muestra en la Figura 5 de esta Norma.

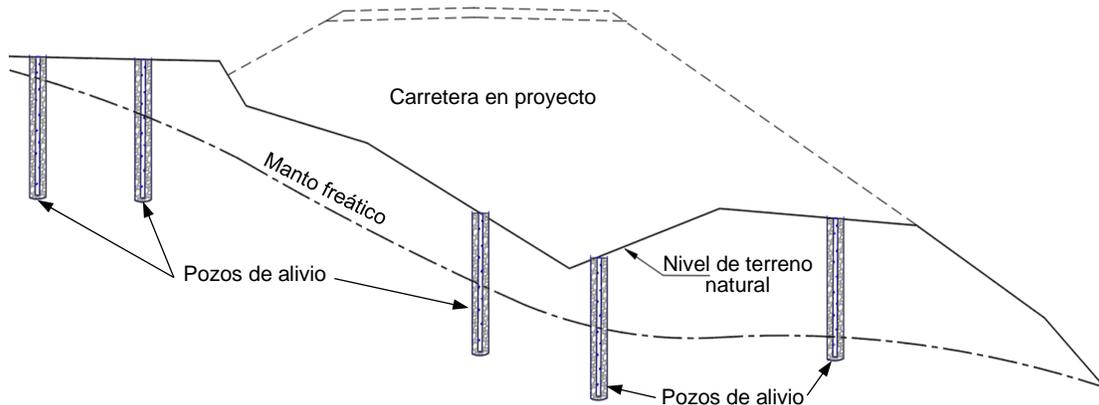


FIGURA 5.- Pozos de alivio

### B.6. TRINCHERA ESTABILIZADORA

Es una excavación de grandes dimensiones, que es rellena con materiales seleccionados, con su fondo y paredes recubiertos con material filtrante, además de un sistema de recolección en su base por medio de tubos para conducir y desalojar el agua. Se construyen en laderas naturales con flujo de agua, formadas por grandes espesores de materiales cuya estabilidad es afectada por dicho flujo, sobre el cual se construirá un terraplén, como se muestra en la Figura 6 de esta Norma.

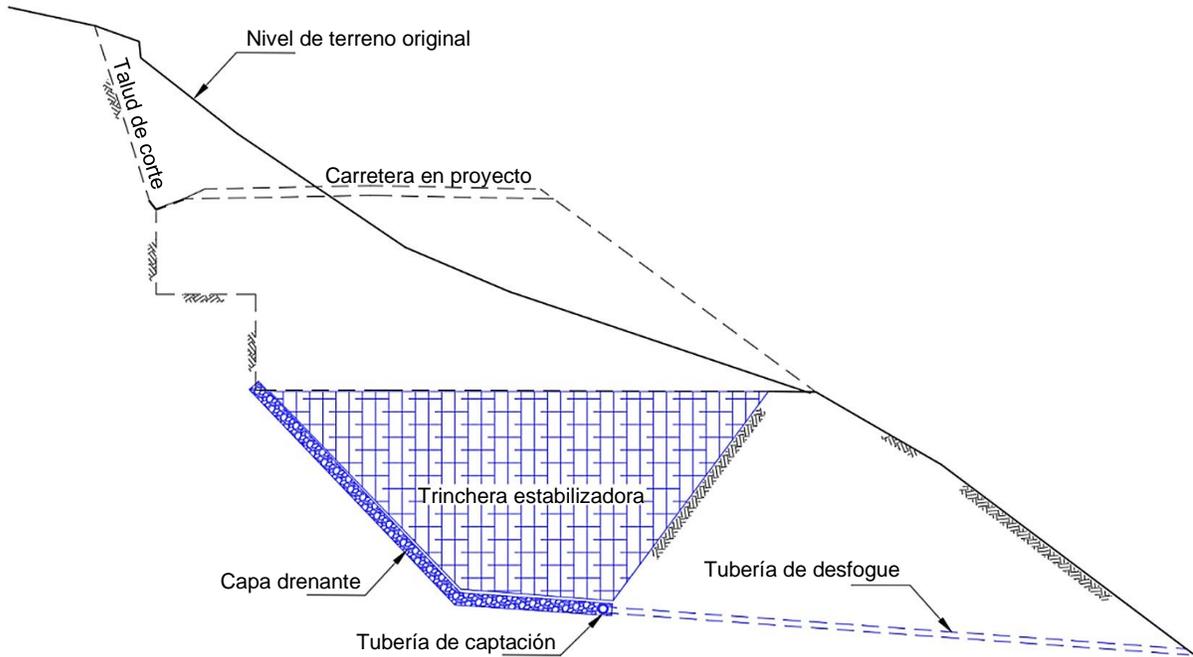


FIGURA 6.- Trinchera estabilizadora

**B.7. GALERÍA FILTRANTE**

Es una estructura tipo túnel, cuya sección de diseño permite soportar cargas actuantes del terreno natural, así como captar y conducir por gravedad el agua subterránea a un punto determinado. Cuenta además con drenes de captación colocados radialmente a la sección de la galería, como se muestra en la Figura 7 de esta Norma.

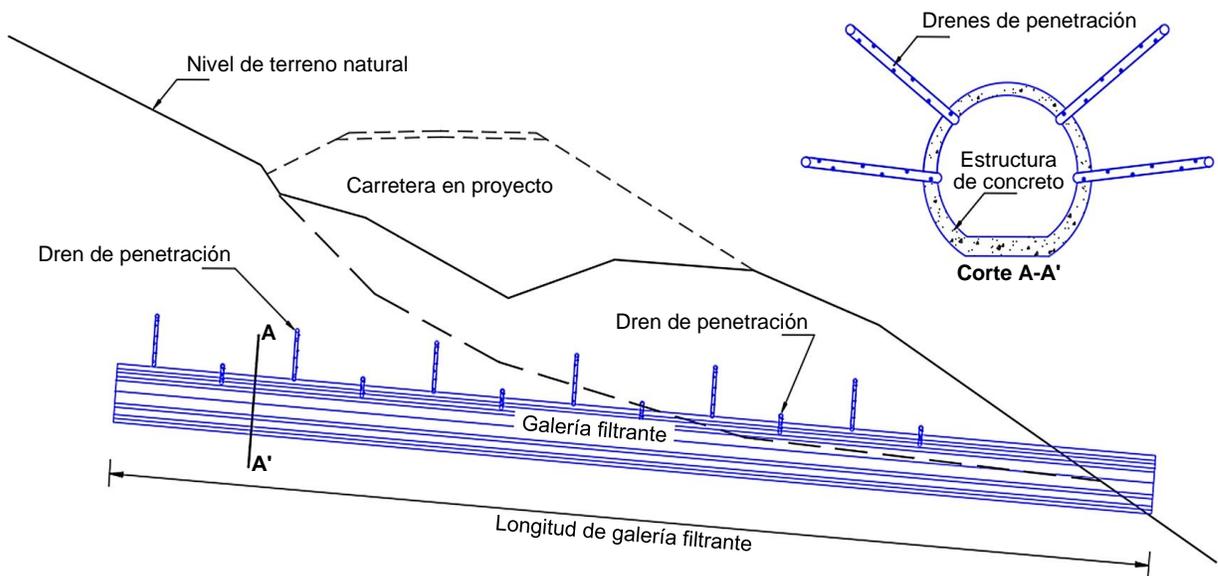


FIGURA 7.- Galería filtrante

## C. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes:

NORMAS	DESIGNACIÓN
Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías.....	N-LEG-2
Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras....	N-PRY-CAR-1-01-001
Ejecución de Estudios Geotécnicos.....	N-PRY-CAR-1-02-001
Exploración Indirecta del Subsuelo.....	N-PRY-CAR-1-02-004
Ejecución de Estudios Geológicos.....	N-PRY-CAR-1-03-001
Determinación del Gasto de Diseño.....	N-PRY-CAR-4-03-002
Diseño de Subdrenes.....	N-PRY-CAR-4-03-003
Diseño de Geodrenes.....	N-PRY-CAR-4-03-004
Diseño de Capas Drenantes.....	N-PRY-CAR-4-03-005
Diseño de Drenes de Penetración Transversal.....	N-PRY-CAR-4-03-006
Diseño de Pozos de Alivio .....	N-PRY-CAR-4-03-007
Diseño de Trincheras Estabilizadoras .....	N-PRY-CAR-4-03-008
Diseño de Galerías Filtrantes .....	N-PRY-CAR-4-03-009
Presentación de Proyectos de Subdrenaje .....	N-PRY-CAR-4-03-010

## D. REQUISITOS PARA LA EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE SISTEMAS DE SUBDRENAJE

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

Además de lo establecido en la Fracción C.1. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, según el proyecto del sistema de subdrenaje a desarrollar, se requiere contar con lo siguiente:

### D.1. ESTUDIO TOPOGRÁFICO

El estudio topográfico se realizará de acuerdo con lo descrito en la Norma N-PRY-CAR-1-01-001, *Ejecución de Estudios Topográficos y Aerofotogramétricos para Carreteras*, conteniendo lo siguiente:

#### D.1.1. Planta topográfica general

Representación gráfica detallada de la planimetría del área donde se ubicará el sistema de subdrenaje, ubicación de bancos de nivel, obras de drenaje menor y complementarias existentes, curvas de nivel a por lo menos cada cincuenta (50) centímetros y configuración topográfica detallada de las entradas y salidas de las obras de drenaje.

#### D.1.2. Perfil longitudinal del eje de trazo

Que muestre la configuración del terreno natural o alineamiento horizontal y vertical del camino existente de ser el caso, considerando todos los puntos de importancia para el proyecto, tales como cambios de pendiente sobre el eje trazado, indicando las elevaciones por cada estación de veinte (20) metros, mostrando la ubicación y descripción de los bancos de nivel utilizados.

#### D.1.3. Secciones de terreno natural

Secciones transversales al eje de trazo que muestren la configuración del terreno natural, así como orillas de camino, cunetas y cerros de cortes y terraplenes cuando se trate de caminos existentes, indicando las elevaciones de la sección con respecto al eje de trazo a cada veinte (20) metros.

## D.2. ESTUDIO HIDROLÓGICO

Que contenga el análisis de las precipitaciones pluviales en un período de cincuenta (50) años, los escurrimientos y sus coeficientes, la delimitación de cuencas y el cálculo del gasto superficial que genera el área de aportación de la zona donde se proyectará el sistema de subdrenaje.

## D.3. ESTUDIO GEOTÉCNICO

El estudio geotécnico se realizará de acuerdo con los lineamientos descritos en la Norma N-PRY-CAR-1-02-001, *Ejecución de Estudios Geotécnicos*, para definir:

### D.3.1. Sitios con afloramiento de agua

Que identifique y ubique puntualmente para la carretera de nueva construcción, en modernización o en rehabilitación, en caso de carretera en operación, el o los sitios que presenten afloramientos de agua o problemas de inestabilidad.

### D.3.2. Propiedades y estratigrafía del subsuelo

Que contenga los ensayos de campo y laboratorio que definan las propiedades índice, compacidad y permeabilidad de los materiales encontrados. Incluirá un perfil del eje de trazo del sistema de subdrenaje que muestre la estratigrafía, descripción y características de cada estrato con base en los sondeos realizados.

### D.3.3. Nivel de agua freática

Que indique gráficamente los niveles piezométricos del agua subterránea en el perfil estratigráfico enunciado en el Inciso D.3.2. de esta Norma.

### D.3.4. Mecanismos y superficie de falla

Análisis de estabilidad de taludes que determine los mecanismos y superficies de falla de un talud en corte, en terraplén o una ladera inestable.

## D.4. ESTUDIO GEOLÓGICO

El estudio geológico se realizará considerando los lineamientos descritos en la Norma N-PRY-CAR-1-03-001, *Ejecución de Estudios Geológicos*, que determine las características de los sitios donde existan cortes, terraplenes o laderas inestables, de tal manera que se pueda inferir el o los factores que provoquen dicha inestabilidad y la existencia y traza del nivel superior del agua subterránea.

## D.5. ESTUDIO GEOFÍSICO

El estudio geofísico se realizará mediante alguno de los métodos descritos en la Norma N-PRY-CAR-1-02-004, *Exploración Indirecta del Subsuelo*, que proporcione las características del subsuelo como lo son la estratigrafía, la continuidad y la compacidad de los materiales, a partir de la velocidad de transmisión de ondas sísmicas y la existencia y traza del nivel superior de agua subterránea.

## D.6. PROYECTO GEOMÉTRICO DE LA CARRETERA

Al tratarse de una carretera de nueva construcción, terracerías de accesos a puentes, modernizaciones o rehabilitaciones, el proyecto geométrico que contenga para el tramo en estudio:

#### **D.6.1. Planta geométrica**

Que muestre, además de lo considerado en la planta topográfica general indicada en el Inciso D.1.1. de esta Norma, el alineamiento horizontal de la carretera proyectada, el ancho de carriles, ceros de corte o terraplén y las obras de drenaje menores y complementarias requeridas.

#### **D.6.2. Perfil de construcción**

Que muestre, además de lo considerado en el perfil longitudinal del eje de trazo indicado en el Inciso D.1.2. de esta Norma, la rasante de proyecto de la carretera proyectada y la ubicación de las obras de drenaje menores y complementarias existentes o nuevas.

#### **D.6.3. Secciones geométricas de construcción**

Que muestre, además de lo considerado en las secciones de terreno natural indicadas en el Inciso D.1.3. de esta Norma, la geometría de cada sección proyectada a nivel rasante.

### **E. EJECUCIÓN DEL PROYECTO**

Además de lo establecido en la Cláusula D. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, el Contratista de Servicios a cuyo cargo esté la ejecución del proyecto de subdrenaje realizará las siguientes actividades:

#### **E.1. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

- E.1.1.** Se recopilará toda la información a que se refiere la Cláusula D. de esta Norma para analizar las características de los materiales, las propiedades hidráulicas del agua subterránea y el comportamiento del suelo bajo la influencia de agua superficial y subterránea.
- E.1.2.** En caso de tratarse de carreteras de nueva construcción, en modernización o en rehabilitación, se analizará la elevación de la rasante de proyecto y la influencia de los taludes de cortes y terraplenes con respecto al nivel de aguas freáticas.

#### **E.2. RECONOCIMIENTO DE CAMPO**

Se efectuará un reconocimiento de campo en la zona donde se ubicará el sistema de subdrenaje, con el propósito de conocer los rasgos y efectos que se ocasionan por la presencia del agua subterránea, identificar el sistema de subdrenaje que se requiera y comprobar la información a que se refieren la Cláusula D. de esta Norma, de acuerdo con lo siguiente:

##### **E.2.1. Abatimiento de nivel de aguas freáticas y control de ascensión capilar**

- E.2.1.1.** Comprobar los datos obtenidos en el estudio geotécnico y definir la zona o zonas que presenten indicios o afloramiento de agua subterránea en el pavimento de carreteras existentes, o que presenten el nivel de aguas freáticas a una profundidad menor a uno coma cinco (1,5) metros con respecto al nivel de terreno natural para carreteras de nueva construcción, cuando el nivel inferior de la subrasante de proyecto esté muy próximo al nivel del terreno natural.
- E.2.1.2.** Al definirse varias zonas afectadas por la presencia de agua freática, se agruparán en una sola cuando la separación entre ellas sea de hasta cincuenta (50) metros.

##### **E.2.2. Estabilización de taludes y laderas**

- E.2.2.1.** Comprobar los datos obtenidos en el estudio geotécnico, geológico y geofísico para definir la zona que presente indicios de inestabilidad a consecuencia de la presencia de agua subterránea.
- E.2.2.2.** De acuerdo con la exploración profunda y el análisis de estabilidad de talud, se definirá la superficie potencial de falla.

### E.3. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE SUBDRENAJE

Con base en las actividades descritas en las Fracciones E.1. y E.2. de esta Norma, se identificará y seleccionará el sistema de subdrenaje de acuerdo con la función que éste cumplirá conforme a lo siguiente:

#### E.3.1. Sistema para abatimiento de nivel de agua freática y control de empujes hidrostáticos

Se diseñará un sistema por medio de subdrenes o geodrenes, durante la construcción, modernización o rehabilitación de una carretera cuando se requiera abatir el nivel de agua freática con el objetivo de proteger la estructura del pavimento o evitar empujes hidrostáticos en muros de contención de terraplenes o terracerías de acceso a puentes.

#### E.3.2. Sistema para control de ascensión capilar

Se diseñará un sistema por medio de capas drenantes cuando se requiera interceptar la presencia de agua subterránea por ascensión capilar, con el objetivo de impedir la saturación de la base o subrasante y el afloramiento de agua en el pavimento.

#### E.3.3. Sistema para estabilización de taludes

Se diseñará un sistema por medio de drenes de penetración transversal cuando se requiera estabilizar un talud de corte o terraplén mediante la orientación favorable de los flujos de agua subterránea, aumentando sus propiedades geotécnicas con el objetivo de evitar deslizamiento de material sobre la carretera.

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

#### E.3.4. Sistema para estabilización de laderas

Se diseñará un sistema por medio de pozos de alivio, trincheras estabilizadoras o galerías filtrantes, cuando se requiera estabilizar una ladera de grandes dimensiones, con el objetivo de evitar el deslizamiento de material y por consecuencia la destrucción parcial o total de un tramo carretero.

### E.4. DETERMINACIÓN DEL GASTO DE DISEÑO

El sistema de subdrenaje se diseñará de acuerdo con la magnitud del flujo de agua subterránea que se presente en el sitio del proyecto. Considerando toda la información contenida en los requisitos que se establecen en la Cláusula D. de esta Norma, se determinará el gasto de diseño, que es el resultado del gasto por infiltración más el gasto por agua subterránea existente en el sitio.

#### E.4.1. Gasto por infiltración

El gasto por infiltración se determinará de acuerdo con lo indicado en la Norma N-PRY-CAR-4-03-002, *Determinación del Gasto de Diseño*.

#### E.4.2. Gasto por agua subterránea

El gasto por agua subterránea se determinará de acuerdo con lo indicado en la Norma N-PRY-CAR-4-03-002, *Determinación del Gasto de Diseño*.

### E.5. DISEÑO DEL SISTEMA DE SUBDRENAJE

Una vez determinado el gasto de diseño, se diseñará el sistema de subdrenaje seleccionado considerando lo siguiente:

#### **E.5.1. Diseño de subdrenes**

De acuerdo con lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-4-03-003, *Diseño de Subdrenes*, se determinará el diámetro, pendiente y longitud de los tubos que formarán la red colectora, las dimensiones de la zanja donde serán alojados y las características de calidad del material granular de relleno y de los tubos drenantes.

#### **E.5.2. Diseño de geodrenes**

De acuerdo con lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-4-03-004, *Diseño de Geodrenes*, se determinará el diámetro, pendiente y longitud de los tubos que formarán la red colectora, las dimensiones de la zanja donde serán alojados y las características de calidad de los geotextiles.

#### **E.5.3. Diseño de capas drenantes**

De acuerdo con lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-4-03-005, *Diseño de Capas Drenantes*, se determinará el espesor de la capa drenante, el diámetro, pendiente y longitud de los tubos que formarán la red colectora complementaria, las dimensiones de la zanja donde serán alojados y las características de calidad del material que formará la capa drenante, así como de los tubos drenantes del sistema complementario.

#### **E.5.4. Diseño de drenes de penetración transversal**

De acuerdo con lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-4-03-006, *Diseño de Drenes de Penetración Transversal*, se determinará el diámetro, pendiente y longitud de los tubos que formarán la red colectora y se definirá la cantidad y características de calidad de los tubos drenantes requeridos en el sistema.

#### **E.5.5. Diseño de pozos de alivio**

De acuerdo con lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-4-03-007, *Diseño de Pozos de Alivio*, se determinará el diámetro y profundidad de las perforaciones que formarán cada pozo de alivio, se definirá el número requerido de pozos y se determinarán las características de calidad del material granular de relleno y de los tubos drenantes.

#### **E.5.6. Diseño de trincheras estabilizadoras**

De acuerdo con lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-4-03-008, *Diseño de Trincheras Estabilizadoras*, se determinará la geometría de la trinchera, las dimensiones y características de la capa drenante y las calidades de los materiales empleados para este sistema.

#### **E.5.7. Diseño de galerías filtrantes**

De acuerdo con lo establecido en la Norma N-PRY-CAR-4-03-009, *Diseño de Galerías Filtrantes*, se diseñará la estructura del túnel que formará la galería filtrante, se determinará el diámetro, cantidad y distribución de los tubos drenantes que formarán la red colectora complementaria, y se determinarán las características de calidad de los materiales de la estructura y tubos drenantes.

### **E.6. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS**

Se realizará una descripción detallada del procedimiento de construcción que seguirá el Contratista de Obra para las diferentes etapas de construcción de los elementos del sistema de subdrenaje contemplados en el proyecto y se elaborarán los planos descriptivos como complemento al texto del procedimiento constructivo.

## F. REVISIÓN DEL PROYECTO

Cuando la Secretaría lo considere necesario, designará a un Revisor del proyecto de subdrenaje, quien revisará, durante su ejecución, la elaboración de éste.

El Contratista de Servicios a cuyo cargo esté la ejecución del proyecto, está obligado a proporcionar al Revisor toda la información necesaria para la adecuada ejecución de su trabajo y a realizar las modificaciones alcanzadas por consenso que éste le solicite. En caso de discrepancia de criterios entre ellos, la Secretaría actuará como árbitro y el Contratista de Servicios realizará las modificaciones que resulten del arbitraje.

## G. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto de subdrenaje se presentará como se indica en la Norma N-PRY-CAR-4-03-010, *Presentación de Proyectos de Subdrenaje*, mediante los planos, las especificaciones, el catálogo de conceptos con cantidades de obra, el presupuesto base para la realización de la obra, el informe fotográfico, los informes mensuales y final del cierre, así como las memorias ejecutivas y de cálculo que correspondan.

Los planos que como mínimo integrarán el proyecto son:

- Planta general del sistema de sudrenaje.
- Perfil de construcción del sistema de subdrenaje.
- Plano de secciones de construcción del sistema de subdrenaje.

## H. MEDICIÓN

Cuando el proyecto de subdrenaje se efectúe por contrato a precio alzado, para determinar el avance o la cantidad de trabajo ejecutado para su pago, se medirá como se indica en la Fracción F.2. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*. El proyecto de subdrenaje se medirá una vez que la Secretaría haya recibido el proyecto completo presentado según se indica en la Cláusula G. de esta Norma, aprobado en su caso por el Revisor a que se refiere la Cláusula F. de esta Norma, y todos los informes que se indican en la Cláusula E. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*.

## I. BASE DE PAGO

Cuando el proyecto de subdrenaje se efectúe por contrato a precio alzado, en la integración del precio se considerará lo que corresponda por personal, gastos de operación y rentas, según lo establecido en la Cláusula G. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, para todas las actividades que se indican en las Cláusulas E. y G. de esta Norma.

## J. ESTIMACIÓN Y PAGO

La estimación y pago del proyecto se efectuará conforme a lo señalado en la Cláusula H. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, y de acuerdo con lo establecido en los Términos de Referencia a que se refiere el Inciso C.1.2. de la Norma mencionada.

## K. RECEPCIÓN DEL PROYECTO

Una vez concluido el proyecto, la Secretaría lo recibirá conforme a lo señalado en la Cláusula I. de la Norma N-LEG-2, *Ejecución de Estudios, Proyectos, Consultorías y Asesorías*, y de acuerdo con lo establecido en los Términos de Referencia a que se refiere el Inciso C.1.2. de la Norma mencionada, aplicando, en su caso, las sanciones a que se refiere la Cláusula J. de la misma Norma.

# COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



**SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA**

Dirección General de Servicios Técnicos

Av. Coyoacán 1895

Col. Acacias, Benito Juárez, 03240

Ciudad de México

[www.gob.mx/sct](http://www.gob.mx/sct)