

TEMA 16^o

Control de la humedad del suelo.
Drenaje

Necesidad de drenaje en los suelos agrícolas

Las causas que pueden originar los excesos de humedad son las siguientes:

En climas húmedos

- Elevado régimen de precipitaciones.
- Avenidas procedentes de terrenos situados en cota más elevada que las parcelas que se trata de sanear.
- Penetración del mar (marismas de zona húmeda).



• *En climas áridos y semiáridos*

- Penetración del mar (marismas de zonas áridas y semiáridas).
- Agua en exceso aportada con los riegos ya sean con agua dulce o salina.
- Lavado para la recuperación de suelos salinos.

Necesidad de drenaje en los suelos agrícolas

- En cualquier caso, el encharcamiento más o menos prolongado se produce en los suelos con baja permeabilidad, sensiblemente llanos y desprovistos de buenos desagües naturales =====> se originan inconvenientes que afectan a las características del suelo, a la posibilidad de su uso agrícola y a las plantas que en ellos pudieran cultivarse.
- Si estudiamos estos inconvenientes llegamos a las siguientes consideraciones agronómicas:
 - En suelos permanentemente inundados =====> cultivo imposible (-arroz), ya que las raíces de las plantas necesitan respirar.
 - La falta de aireación en el suelo =====> acumulación de elementos tóxicos (nitritos, sulfuros, iones manganosos, etc.).
 - En suelos con nivel freático ↑ =====> enraizamiento muy superficial =====> ↓ potencial productivo suelo-planta =====> exposición a la sequía.

Necesidad de drenaje en los suelos agrícolas

- \uparrow H% =====> \downarrow actividad microbiana del suelo
 - 
 - 
 - ✓ lenta humificación de la M.O.
 - ✓ pequeña o nula nitrificación y fijación simbiótica del nitrógeno atmosférico
 - lenta mineralización del fósforo y azufre orgánicos, etc.
- Los suelos encharcadizos son fríos y tardíos en primavera =====> vegetación puede sufrir un retraso considerable.
- Suelos \uparrow % H en capas superficiales ====> se levantan al congelarse.
- Si hay cultivos sobre ellos, las raíces pueden descubrirse y, de esta manera, se acentúan los daños al sumarse la acción propia del frío con diferentes traumatismos radiculares.

Necesidad de drenaje en los suelos agrícolas

- Estos suelos son difíciles de trabajar obteniéndose, en su caso, labores moldeadas o de enfangado. En consecuencia, las siembras se hacen con dificultad y la germinación de las semillas se produce en forma irregular y con retrasos importantes.
- Es frecuente que las plantas sufran por asfixia radicular y que se acentúe el ataque por hongos.
- Si existe deficiente drenaje \implies ▲ riesgos de salinización
- \uparrow % H \implies ▲ erosión y el empobrecimiento de los suelos por lavado de los elementos nutritivos.
- Estos suelos requieren dosis más altas de fertilizantes con el correspondiente perjuicio económico.

¿ para que se hace un proyecto de drenaje ?

en una zona agrícola para garantizar la defensa de las aguas exteriores y la evacuación de cualquier exceso de agua que pudiera quedar incluido en la zona a sanear.

a) Sistemas de defensa exterior

Constituidos por presas, diques, azudes, canales de cintura, etc., que embalsen o desvíen, convenientemente canalizados, los excesos de agua.

b) Sistemas de drenaje sobre las parcelas de cultivo

Comprenden el encauzamiento de las corrientes de agua que obligatoriamente hayan de atravesar estas parcelas y la eliminación de los excesos de humedad que tiendan a acumularse en ellas.

Estudios previos

1. Factores climáticos:

- Régimen de precipitaciones.
- Evaporación y transpiración en la zona.
- Balances de humedad.

2. Factores de suelo:

- Topografía.
- Fisiografía.
- Permeabilidad.
- Capacidad de retención de humedad.
- Homogeneidad del perfil.
- Situación de horizontes poco permeables o impermeables.
- Situación y oscilación de la capa freática.
- Ascensos capilares.
- Salinidad y alcalinidad

Control del nivel del agua subterránea

- El nivel óptimo de la capa freática es variable con la clase de suelos y especies cultivadas =====> en suelos arenosos el nivel freático puede mantenerse más alto que en arcillosos.
- A medida que la textura del suelo va siendo más fina, es necesario que el nivel freático vaya situándose a mayor profundidad.
- Autores norteamericanos indican que la lámina de agua libre debe situarse, como mínimo, a un metro de profundidad ===> ↑ % de cultivos herbáceos pueden vegetar con normalidad.
- Para especies de enraizamiento profundo (alfalfa, árboles frutales, etc.), es necesario que la capa freática se sitúe más profundamente (hasta 2,50 m).
- El nivel freático no permanece constante a lo largo del año, sino que sufre variaciones =====> ↑ en las estaciones lluviosas.

Control del nivel del agua subterránea

En consecuencia, el problema quedará caracterizado por:

- El nivel más próximo a la superficie que alcanzará la capa freática. Para los cultivos de enraizamiento más superficial (praderas), el nivel freático debe situarse como mínimo a 0,50 m de la superficie que irá aumentando a medida que los cultivos vayan teniendo mayor desarrollo radicular (cereales) o mayor profundidad de enraizamiento (remolacha, patata, etc.), hasta cifras próximas a un metro.
- La oscilación estacional del nivel freático. Es necesario conocer las oscilaciones de este nivel porque pueden producirse saturaciones temporales de algunos horizontes del suelo con perjuicios importantes.
- El tiempo en que todo el perfil, o determinados horizontes del suelo, se encontrarán saturados. La tolerancia de las plantas cultivadas es un carácter específico y varietal. Es corriente observar en muchas zonas agrícolas cómo cultivos de praderas y pastizales soportan hasta dos o tres meses en estado de franca saturación del suelo durante el invierno o principios de primavera y, después, durante el verano, no presentan ningún síntoma depresivo en su vegetación.

Control del nivel del agua subterránea

- La tolerancia específica (a nivel de especie y variedad de cultivo) que presentan las plantas cultivadas frente al encharcamiento. Los cereales de invierno pueden soportar el encharcamiento temporal (de 15 a 20 días, como máximo) en las primeras etapas del desarrollo y no lo soportan, sin descensos importantes de su rendimiento, en las fases de floración y maduración.

Los cultivos más sensibles son los árboles frutales, pues, cuando el tiempo de encharcado es prolongado y coincide, además, con las estaciones de vegetación activa, puede llegarse a la muerte de los árboles. En otros casos, se producen buen número de enfermedades y descensos en los rendimientos y calidad de los frutos. La resistencia de los frutales al encharcamiento, es un carácter variable con las especies y con los patrones utilizados.

Métodos de drenaje: clasificación

Hay dos métodos de drenaje: drenaje superficial y subterráneo.

Para decidir el método más adecuado en cada caso, hay que tener en cuenta:

- Origen del agua
- Volúmenes de agua a evacuar
- Permeabilidad del suelo
- Clases de pendientes del suelo
- Estabilidad estructural de los diferentes horizontes del perfil del suelo
- Tipo de agricultura a realizar.

El *drenaje superficial* se usa cuando hay problemas por presencia de agua en los primeros horizontes del perfil del suelo y su causa es:

- Suelos de ↓ permeabilidad y ↓ pendiente.
- Suelos con grandes irregularidades en su superficie.
- Suelos de ↓ permeabilidad a los que se aplican riegos de aspersion o de superficie con ↑ intensidad.

Métodos de drenaje: clasificación

- En estos casos, el método de drenaje consiste en crear unas condiciones de transporte, con pendiente suficiente, para evacuar los excesos de agua. Esta puede desplazarse sobre la superficie del terreno o por cauces abiertos en el mismo (surcos, zanjas, canales, etc.), hasta llegar a un punto de salida.
- La evacuación se hace, generalmente, por gravedad aunque, en los casos necesarios, se acude al bombeo.

El método de drenaje superficial puede ejecutarse mediante:

- Nivelación, sistematización o refinado del suelo.
- Levantamiento de caballones, surcos, zanjas o canales de evacuación.

El *drenaje subterráneo* se emplea cuando los problemas se originan por saturación del suelo, por presencia de capas freáticas altas (libres o embolsadas) o por escurrimiento lateral de freáticos colindantes.

Métodos de drenaje: clasificación

El drenaje subterráneo se realiza mediante:

- *Drenes de interceptación*, colocados perpendicular o transversalmente a las líneas de corriente para recoger los flujos de agua libre.
- *Drenes de evacuación*, orientados según las líneas de pendiente para conducir el agua a los colectores y emisarios.

Recomendaciones para elegir el tipo de drenaje:

- Si el régimen pluviométrico es alto o la penetración del agua en la parcela se hace con gran velocidad y la permeabilidad del suelo es escasa, el mayor problema suelen plantearlo las aguas de escorrentía por lo que será recomendable el drenaje superficial.
- En suelos más permeables, en los que se trata de descargar el agua infiltrada que se encuentra saturando el perfil del suelo, cuando existen freáticos altos o riesgos de subida de freáticos en alguna época del año, debe acudirse al drenaje subterráneo.

Drenaje superficial por cauces abiertos

Parte positiva:

Son las zanjas realizadas a cielo abierto con objeto de facilitar su saneamiento =====> resultan económicas, fáciles de limpiar y evacuan cantidades importantes de agua si su pendiente es adecuada.

Parte negativa:

- son un obstáculo para la mecanización y obligan a la división de parcelas por líneas
 - El sistema suele estar formado por una serie de zanjas abiertas sobre las parcelas que se reúnen en uno o varios colectores y que desembocan en un curso natural de agua o emisario.
 - Las zanjas suelen presentar sección trapezoidal o en uve, con las paredes laterales más o menos inclinadas según los tipos de suelos. En los suelos agrícolas son habituales pendientes variables entre 1/0,50 y 1/1 (vertical/horizontal). Los suelos con textura más gruesa requieren taludes con menor pendiente (**Fig.14. 1**).

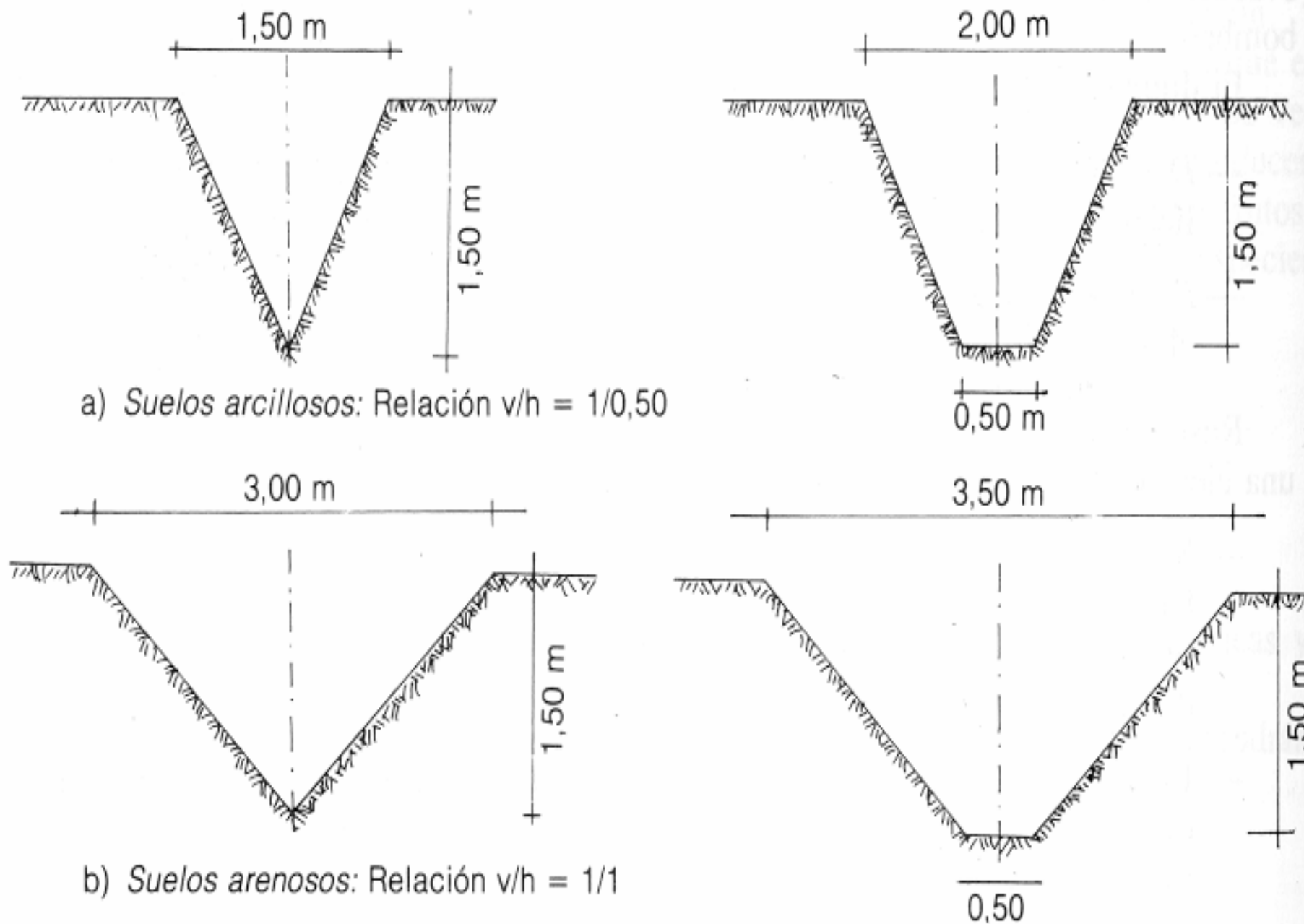


Figura 14.1 Zanjas de drenaje: secciones trapecial y uve

Drenaje superficial por cauces abiertos

- En las zanjas de sección trapezoidal, las dimensiones de la base pueden tener unos 50 cm de anchura y profundidad variable según sea la capacidad de desagüe necesaria pero, normalmente, no superior a 2 m.
- Para una zanja de 1,50 m de profundidad y paredes laterales con talud 1/1, se tendría en la base superior un ancho de 3,50 m. Esto representaría ya un auténtico canal de desagüe que entorpecería en forma notoria la mecanización de estas parcelas.

¿ que caudal es capaz de eliminar una zanja de drenaje ?

$$Q \text{ (l/seg)} = V \times S \text{ (dm}^2 \text{)} \quad V = \text{velocidad del agua (dm/seg)}$$

- S = sección de la zanja (dm²)
- La velocidad del agua puede calcularse por la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2}$$

Siendo:

n = coeficiente de rugosidad

R = radio hidráulico

I = pendiente longitudinal de la zanja

Para zanjas abiertas en suelos agrícolas el valor “ n ” varía entre 0,025 (taludes y fondo de tierra, sin piedras) y 0,040 (taludes y fondo muy irregulares con piedras y vegetación).

Drenaje subterráneo

Hay tres tipos de drenaje subterráneo:

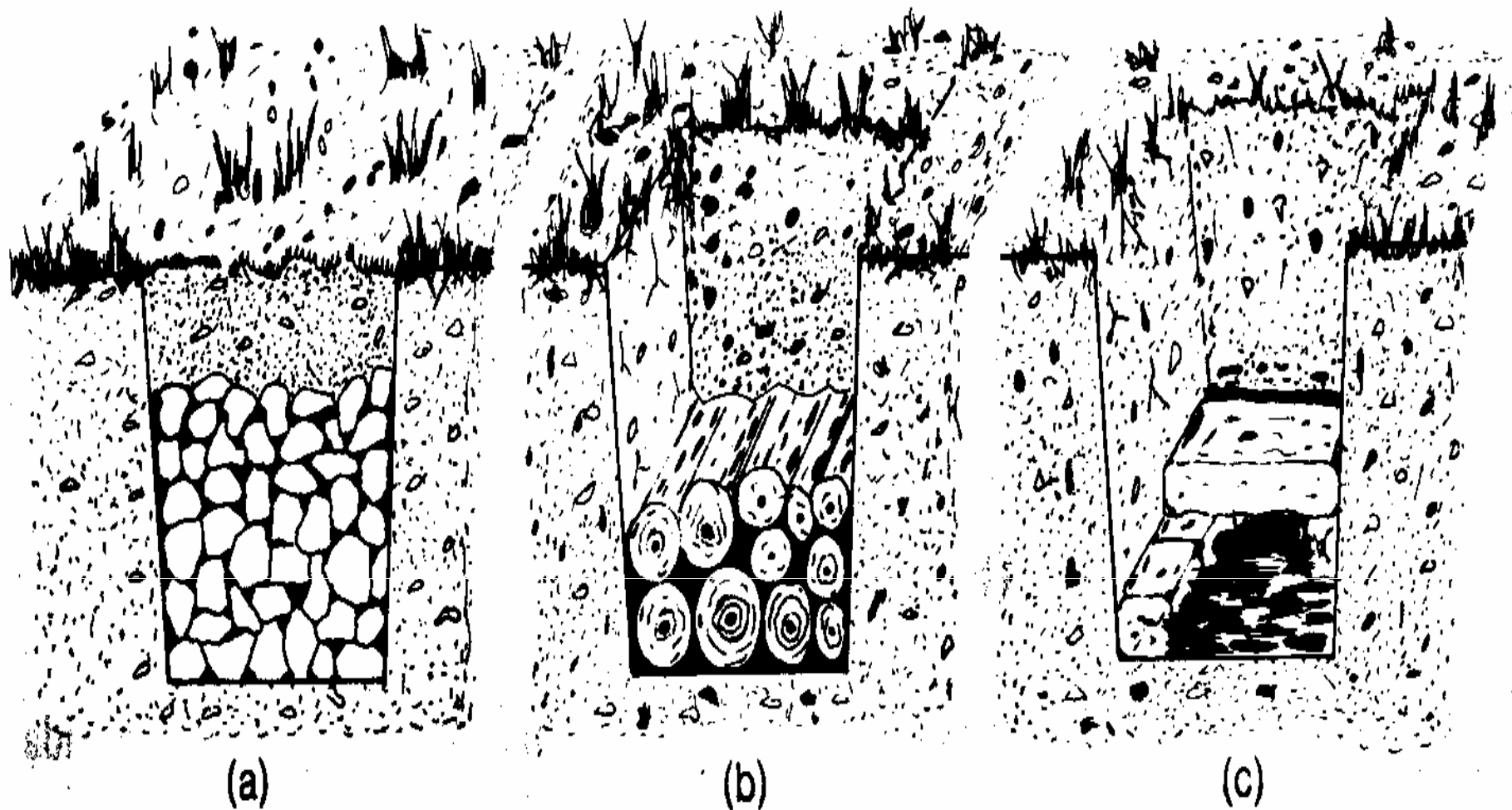
- Por zanjas cubiertas.
- Tubulares sin revestimiento: drenes zapa o topo.
- Tubulares revestidos: tuberías de drenaje.

¿ ventajas del drenaje subterráneo ?

- una vez instalado no ofrece obstáculos a la mecanización
- permite el cultivo sobre el 100% de la parcela.

Drenaje subterráneo por zanjas

- *Zanjas rellenas de piedras:* Se abren zanjas a la profundidad adecuada y se rellenan parcialmente de piedras. Es normal completar el relleno de los 30 o 40 cm superficiales con tierra vegetal procedente, generalmente, de la excavación.
- *Zanjas de drenaje por fajinas:* Las zanjas se rellenan con ramas o troncos de árboles o arbustos, en su parte inferior y después, se completa el relleno de la zanja con la propia tierra excavada. El principal inconveniente de este tipo de drenaje reside en la pudrición del material vegetal.
- *Zanjas con canalizaciones de piedras o ladrillos:* En la parte inferior de la zanja se construye una canaleta cubierta de piedras planas (losas) o ladrillos. Después se rellena con la tierra extraída.



(a): Zanjas rellenas de piedras. (b): Zanjas de drenaje por fajinas. (c): Zanjas con canalizaciones de piedras o ladrillos.

Figura 14.2 Diferentes tipos de drenaje subterráneo por zanjas

Drenaje-topo

- Con el arado topo se forman en el suelo galerías tubulares que actúan como cauces de desagüe.
- La eficacia de este método depende de que las galerías se conserven durante largo tiempo sin destruirse o cerrarse \implies suelo con un mínimo de arcillas y que la labor se haga con un contenido de humedad adecuado.
- Las pendientes de las galerías serán superiores al 3 ‰ para garantizar la salida del agua e inferior al 3% para que no se produzca erosión que destruya las galerías.
- La profundidad de los drenes-topo oscila entre 40 y 80 cm, generalmente, y la distancia varía entre 3 y 5 m, según niveles de los freáticos, volúmenes de agua a evacuar y textura de los suelos.
- En suelos arcillosos, la vida útil de este sistema varía entre 5 y 10 años.

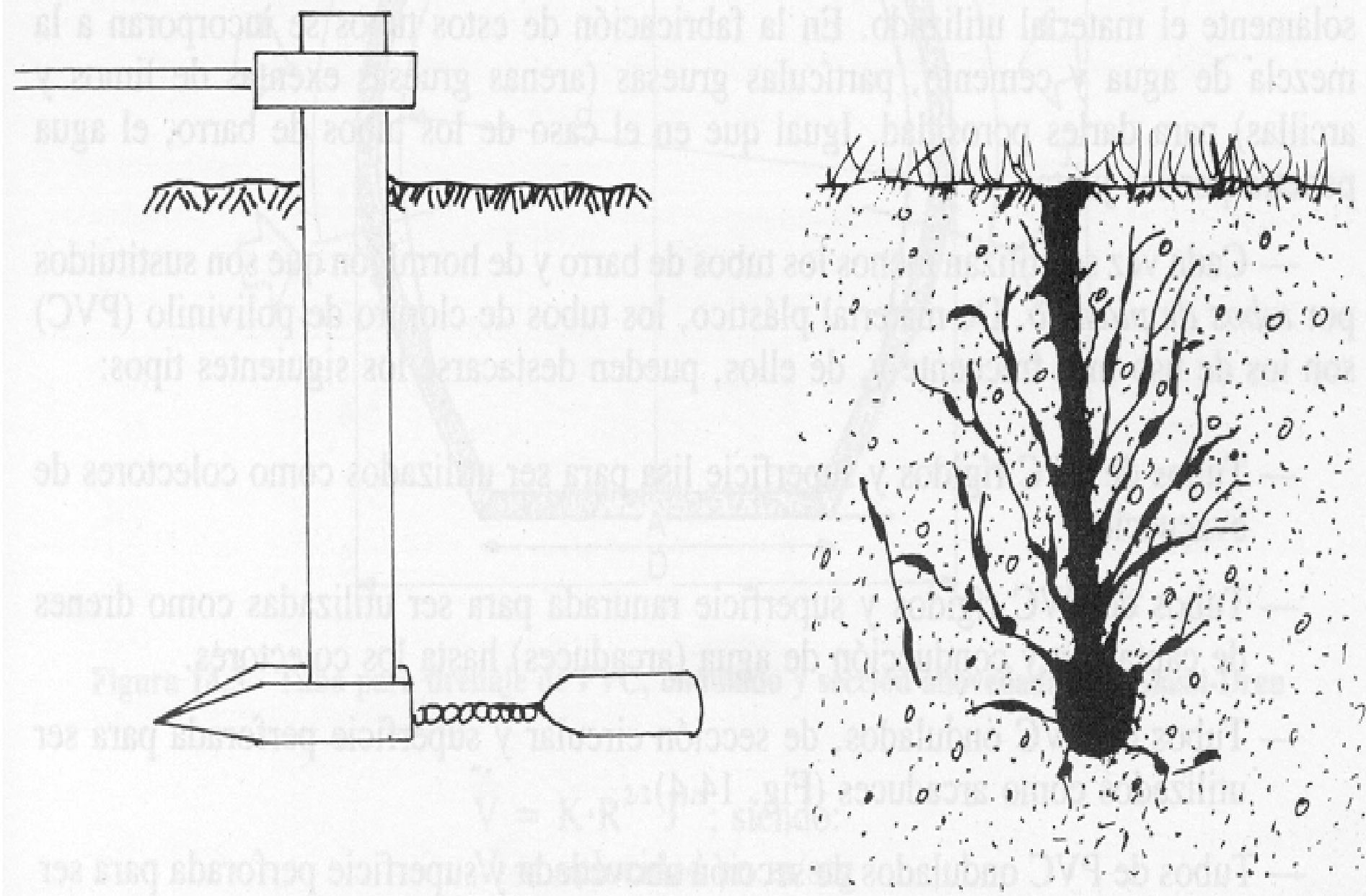


Figura 14.3 Galería de drenaje y arado-topo

Drenaje por tubos

- Por la facilidad de la instalación y por los precios moderados de este sistema, se acude, cada vez más, a los drenes subterráneos tubulares. Los tubos más utilizados son de barro (arcilla), hormigón y plástico.
- Se fabrican *tubos de barro* en diámetros de 50, 75, **100**, 125 y **150** mm y longitud variable entre 30 cm y 1 m.
- Los tubos se colocan alineados en la zanja sin ningún tipo de unión ya que el agua ha de penetrar en el dren por las juntas. En terrenos muy inestables, es fácil perder la alineación por lo que se recomienda utilizar en ellos los tubos más largos.
- La utilización de *tubos de hormigón* es muy similar a la de los de barro variando solamente el material utilizado. Igual que en el caso de los tubos de barro, el agua penetra por las juntas.

Drenaje por tubos

- Cada vez se utilizan menos los tubos de barro y de hormigón que son sustituidos *por tubos de plástico*. De material plástico, los tubos de cloruro de polivinilo (PVC) son los de uso más frecuente y, de ellos, pueden destacarse los siguientes tipos:
- Tubos de PVC (5-6 metros) rígidos y superficie lisa para ser utilizados como colectores de evacuación.
- Tubos de PVC (5-6 metros) rígidos y superficie ranurada para ser utilizadas como drenes de captación y conducción de agua (arcaduces) hasta los colectores.
- Tubos de PVC ondulados, de sección circular y abovedada y superficies perforadas para ser utilizados como arcaduces (**Fig. 14.4 y Fig 14.5**).

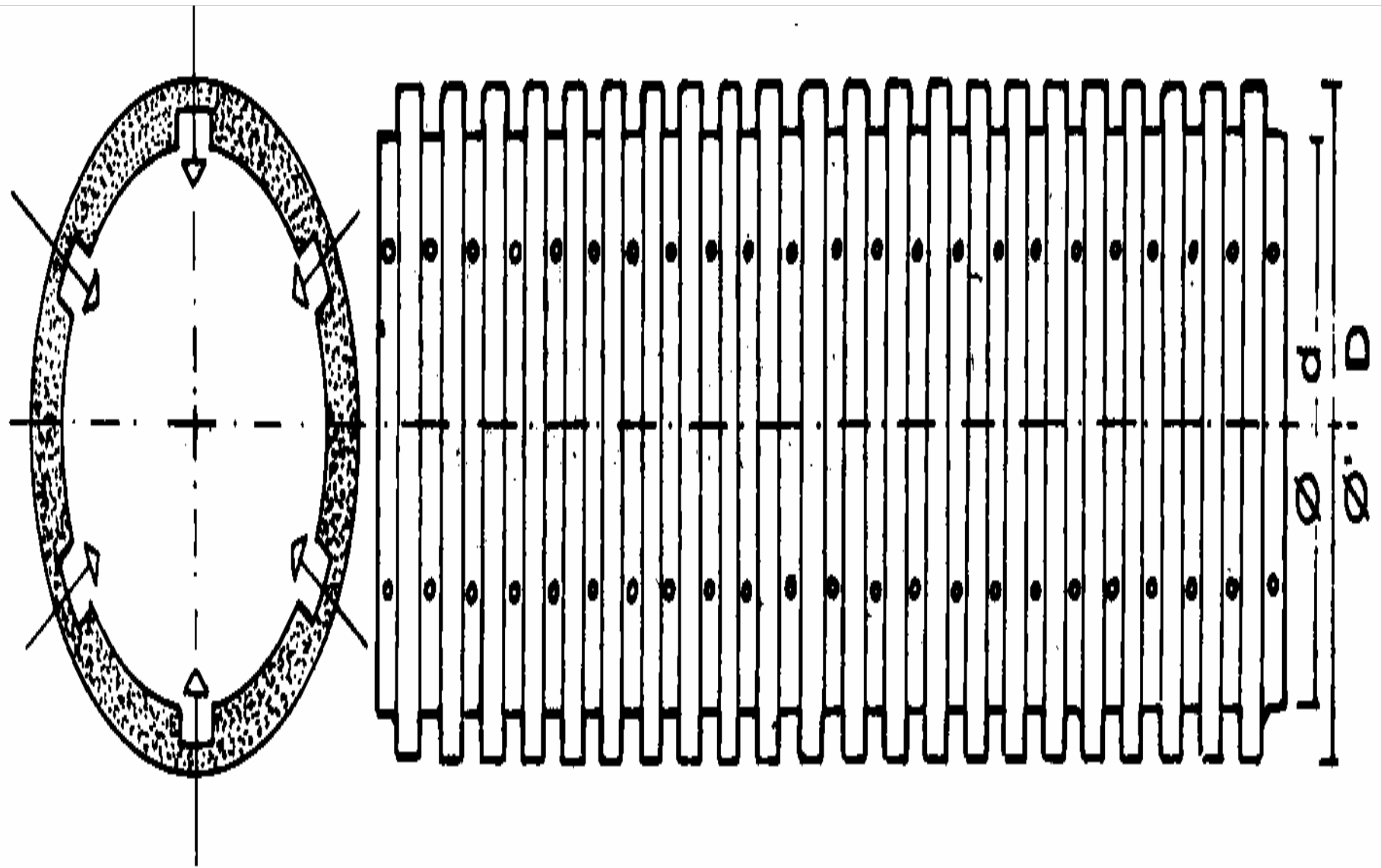


Figura 14.4 Tubo para drenaje de PVC, ondulado y sección circular, tipo Glassi-Dren

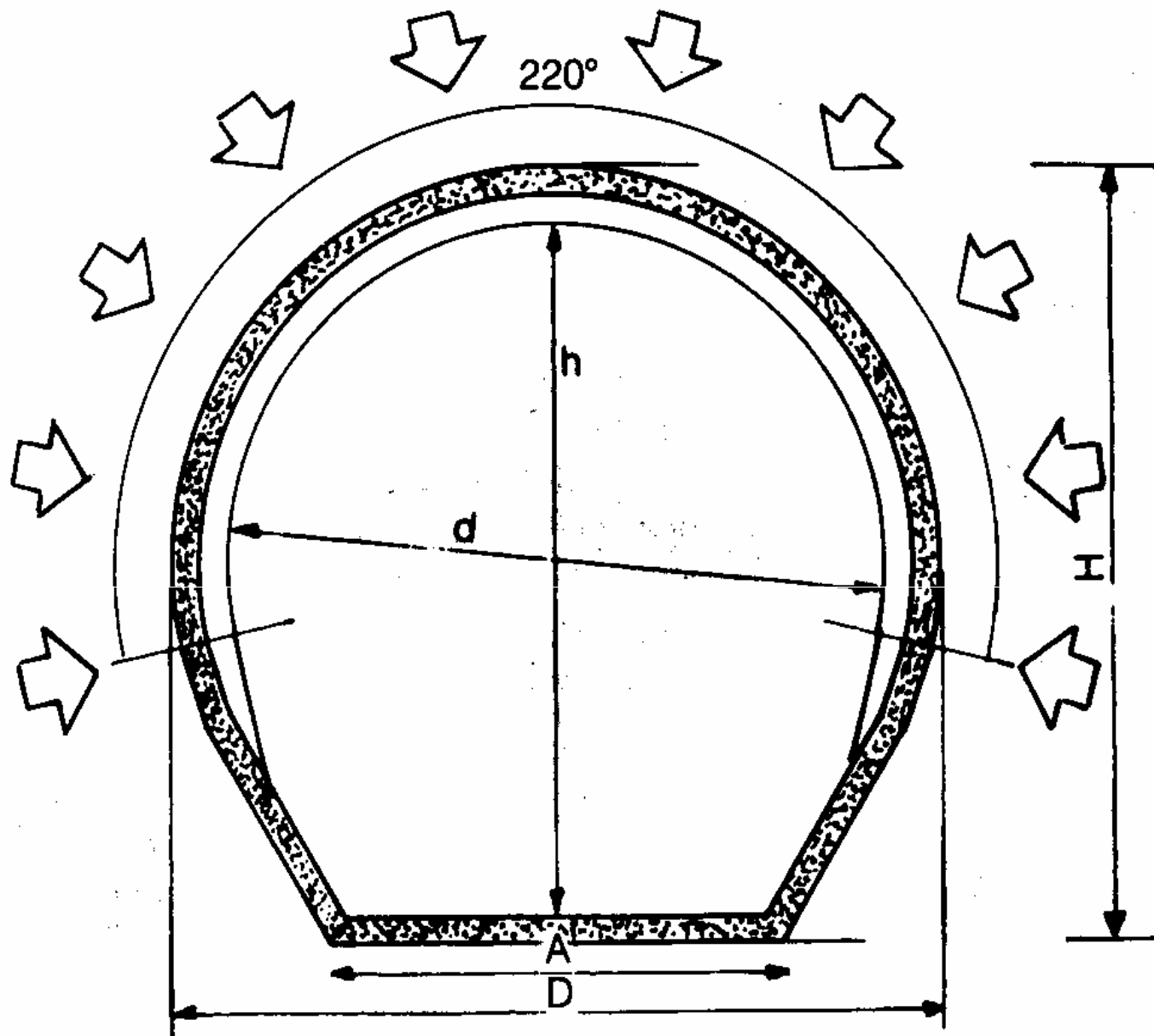


Figura 14.5 Tubo para drenaje de PVC, ondulado y sección abovedada, tip Glassi-Dren

Drenaje por tubos

La cantidad de agua que pueden evacuar estos tubos puede determinarse mediante la fórmula de Strickler:

$$V = K \cdot R^{2/3} J^{1/2}$$

Siendo:

V = velocidad en m/seg
J = pendiente en m/m

R = radio del tubo en mm
K = 120 en PVC

El caudal se determina por:

$$Q = V \cdot S;$$

siendo:

V = velocidad en dm/seg
S = sección en dm²
Q = caudal en l/seg

Ventajas de los tubos de PVC ondulados de sección circular y superficie perforada

- se fabrican en diámetros variables entre 50 y 200 mm
- su flexibilidad les permite adaptarse al fondo de las zanjas aunque éstas presenten irregularidades.
- Al presentarse en rollos de hasta 250 m de longitud, pueden instalarse con máquinas en forma continua, con gran ahorro de tiempo y costos operativos.
- Su resistencia al aplastamiento suele ser cuatro veces superior a la de los tubos rígidos.
- Gran capacidad drenante ya que las ondulaciones recogen el agua que penetra en el tubo por los orificios practicados en pared delgada.

Ventajas de los tubos de PVC ondulados de sección abovedada y superficie perforada

- se fabrican en secciones nominales de 90, 110 y 160 mm.
- Presentan las mismas ventajas que los de sección circular
- diferencian dos zonas de trabajo: la superior, en la que van las perforaciones, es drenante y la inferior, sin perforaciones, es conductora del agua recogida.

Para la colocación de los tubos de drenaje se utilizan máquinas que realizan al mismo tiempo la apertura de la zanja y la colocación de los tubos.

Estas máquinas llevan una gran reja subsoladora capaz de alcanzar una profundidad de 1,5 m y realizar un corte en el terreno de 12 a 15 cm de anchura.

Trazado del sistema de drenaje

El sistema de drenaje puede adoptar alguna de las siguientes disposiciones:

- *Sistema de drenes entre zanjas*: En zonas llanas, con suelos suficientemente permeables, en las que existen o pueden abrirse fácilmente zanjas de drenaje, se dispone un sistema de drenes tubulares subterráneos que recepcionan las aguas de la zona a sanear y las conducen hacia las zanjas abiertas. La descarga del dren tubular en la zanja se hace mediante la correspondiente boca de descarga protegida para impedir la entrada de animales (**Figura 14.8**).
- *Sistema de drenes paralelos regulares*: En terrenos con frecuentes cambios dependiente pueden establecerse varios sistemas de drenaje paralelos que van confluyendo a distintos colectores de acuerdo con los cambios de pendientes.
- *Sistema de drenes paralelos descendentes o de “peine”*: En terrenos con pendientes uniformes puede hacerse un trazado a base de líneas de drenes paralelos, siguiendo curvas de nivel, que desembocan en un dren colocado en la parte baja, perpendicular a los anteriores y que, a su vez, desagua en el cauce de evacuación.

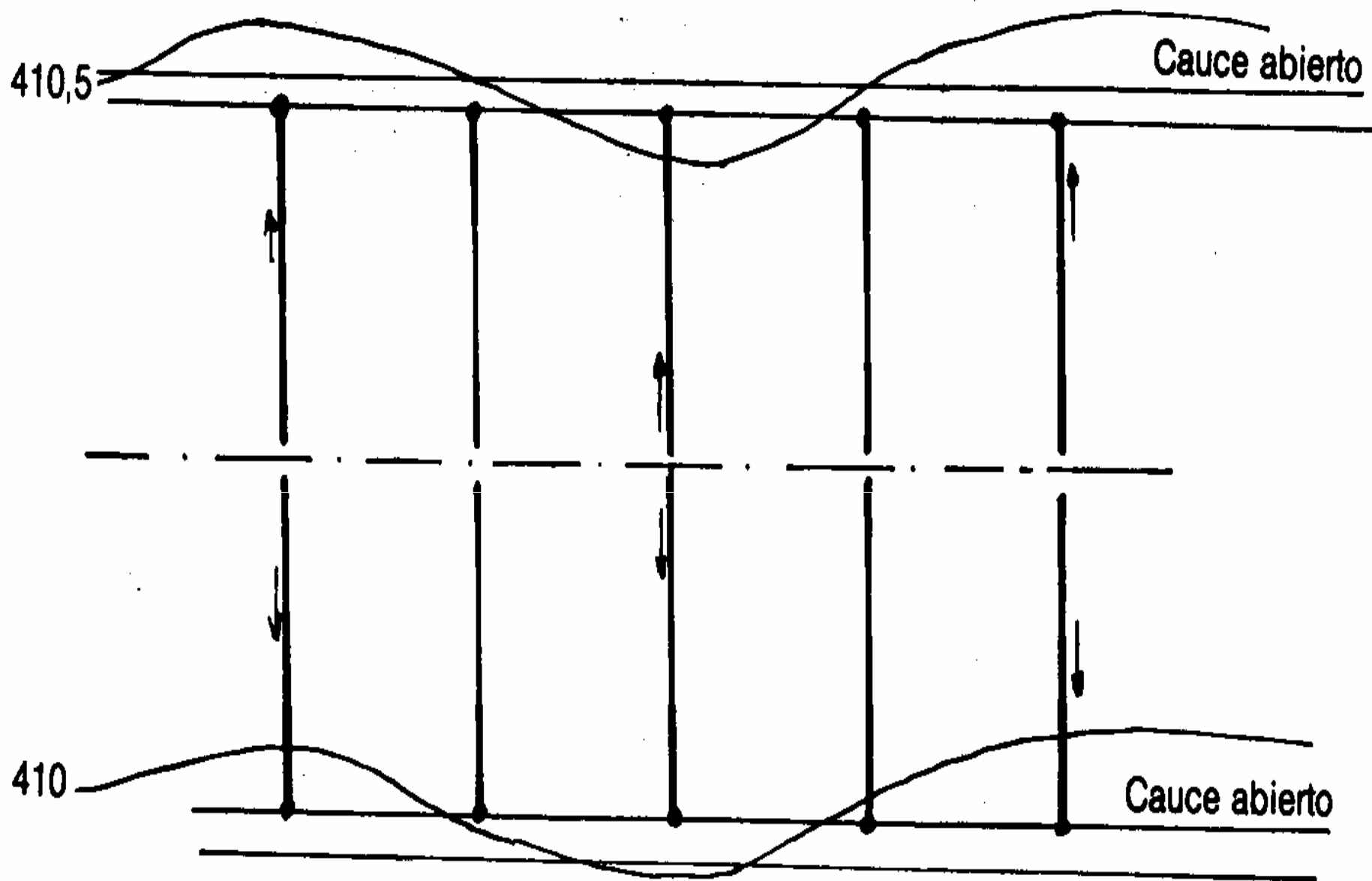


Figura 14.8 Sistema de drenaje por canalización entre zanjas

Trazado del sistema de drenaje

- *Sistema de drenes paralelos convergentes o “ espina de pescado”*: En suelos con pendientes importante pero uniforme, pueden disponerse los drenes en líneas paralelas cortando las curvas de nivel y siendo, a su vez, convergentes en un colector de descarga.
- *Sistemas irregulares*: En terrenos muy irregulares, tanto en la dirección como en la importancia de las pendientes, es necesario establecer un sistema de drenaje que se adapte a la irregularidad del terreno.

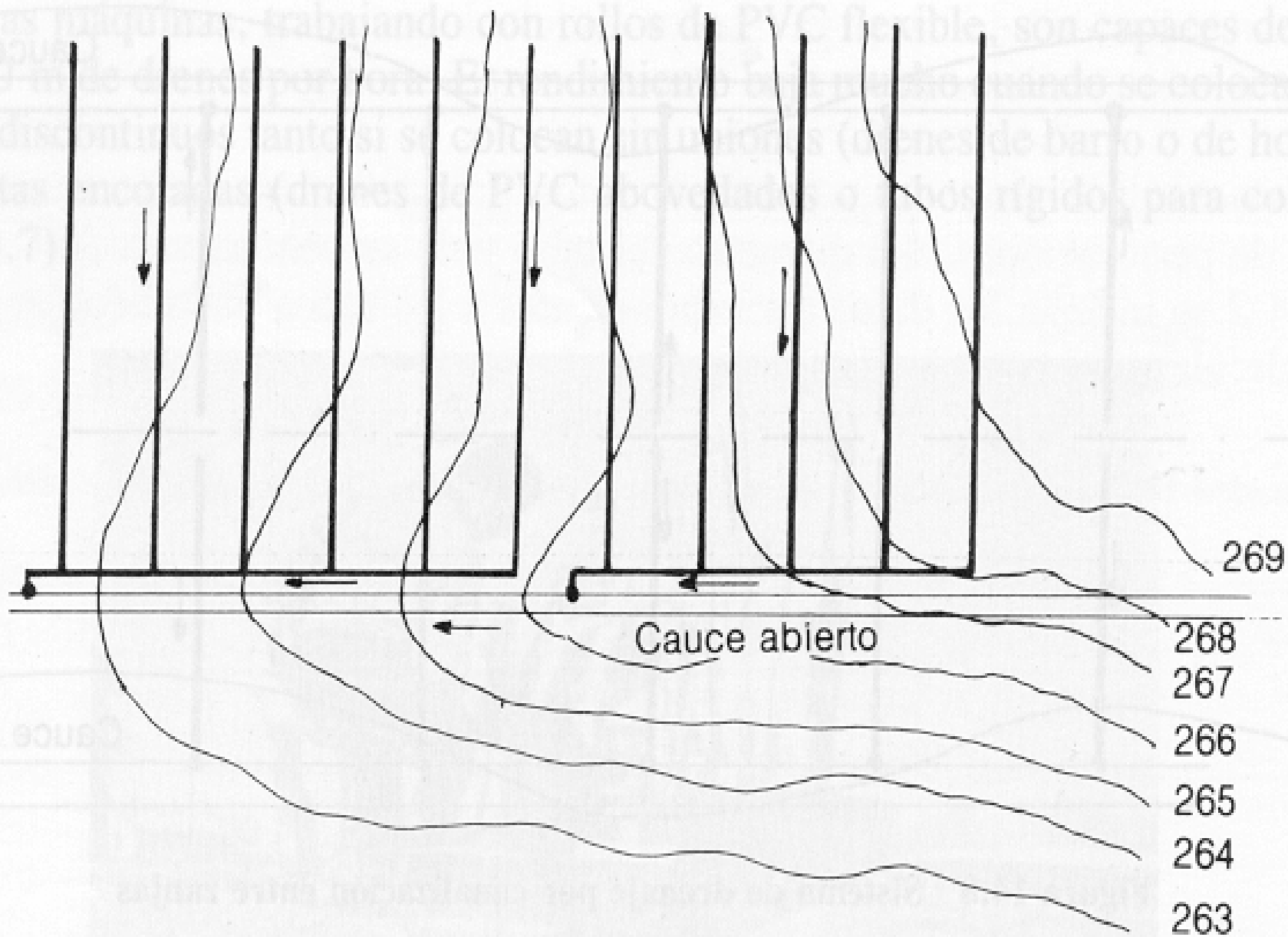


Figura 14.10 Sistema de drenaje por drenes paralelos descendentes

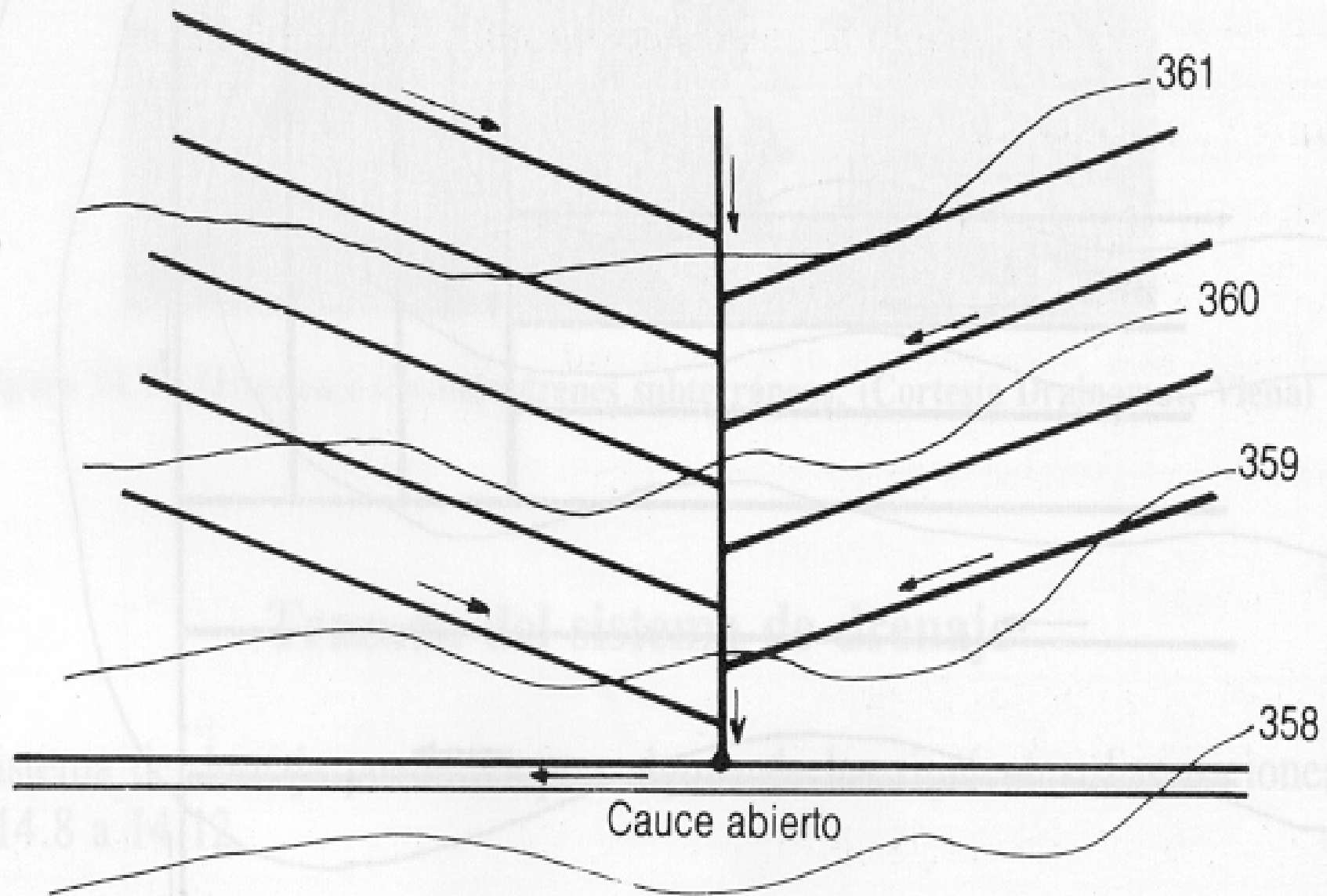


Figura 14.11 Sistema de drenaje por drenes paralelos convergentes

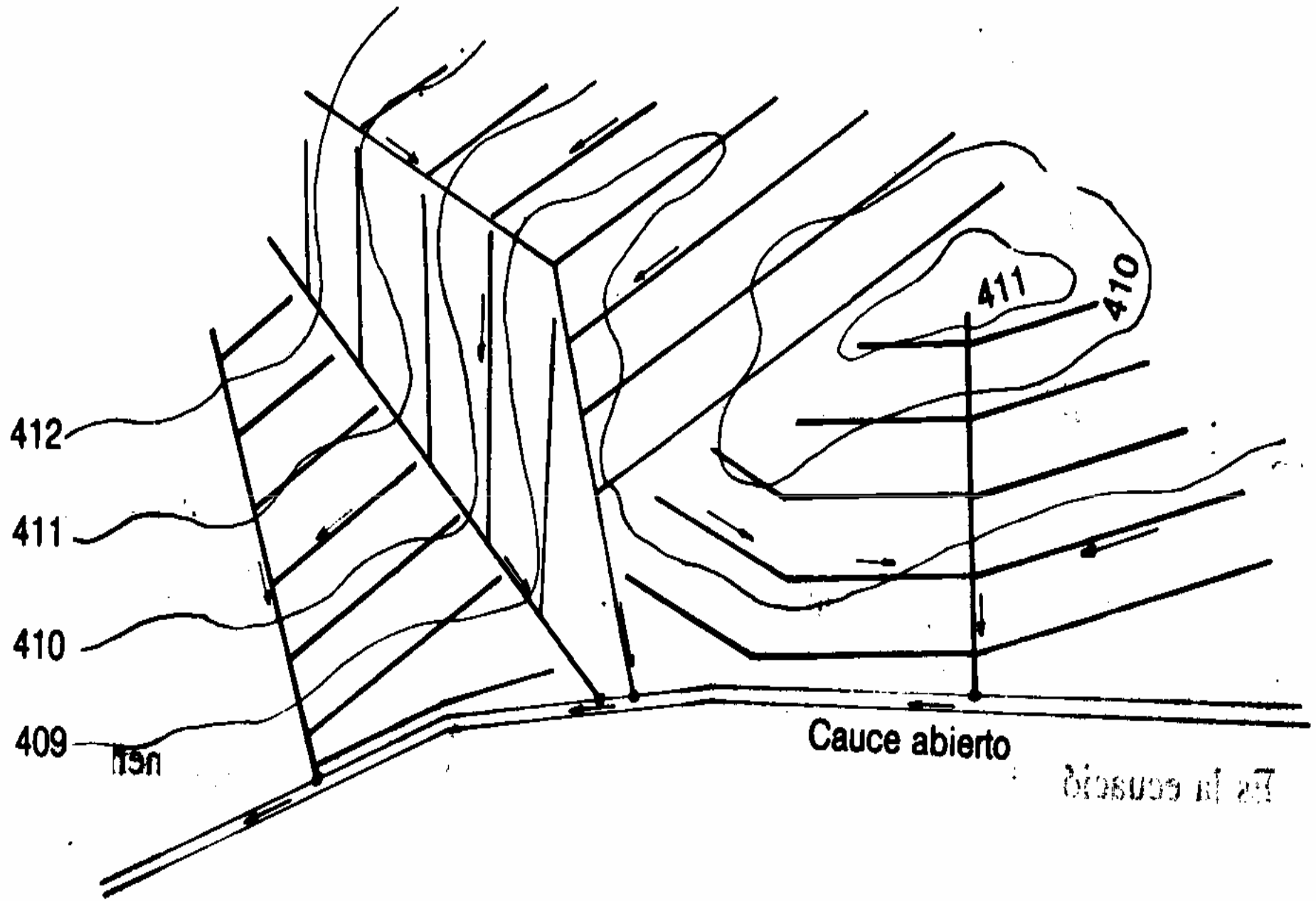


Figura 14.12 Sistema de drenaje por drenes irregulares