

¿En qué condiciones es ventajoso construir un dren y cómo diseñarlo?

1. Introducción

No existe una definición exacta que permita distinguir un dren de una galería de infiltración. La costumbre señala que los drenes son obras construidas a pequeña profundidad mediante métodos superficiales y las galerías a profundidades considerables mediante métodos subterráneos.

Este importante tipo de obras para la captación de aguas subterráneas tuvo un gran desarrollo desde comienzos hasta mediados de siglo pasado y luego se dejaron de construir dándole preferencia a la construcción de pozos profundos.

La obra más notable corresponde a la Galería de Las Vegas de propiedad de ESVAL y situada poco aguas abajo de Llay-Llay. En la siguiente figura puede apreciarse una sección transversal de este tipo de obras.

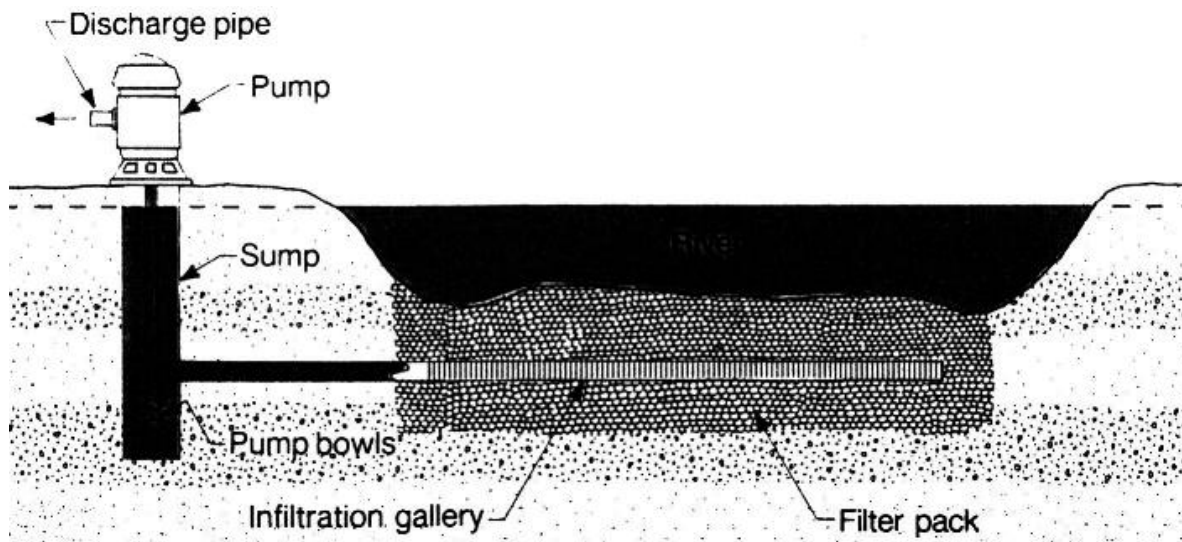


Figura N° 1. Sección transversal de un dren

Este es un caso especial en que la obra ha sido construida bajo el lecho de un cauce superficial de agua que puede llevar agua en forma permanente o discontinua. Los elementos principales son la rejilla, similar a la que se emplea en los pozos profundos, filtro de grava seleccionada, un pozo colector hacia donde escurre el agua y una bomba instalada en él para llevar el agua hasta la superficie y de ahí a su destino final.

2. Campo de Aplicación

En algunos ambientes geológicos el espesor del acuífero puede ser insuficiente para extraer caudales significativos mediante pozos profundos verticales, aún cuando la Conductividad hidráulica sea muy alta, ya que la producción de un pozo depende de la Trasmisibilidad que es el producto de la Permeabilidad o Conductividad Hidráulica por el Espesor del acuífero

$$T = K * m$$

T = Coeficiente de Trasmisibilidad (m²/día); K = Conductividad Hidráulica (m/día); m = Espesor del acuífero (m)

¿Dónde se dan las condiciones propicias para recomendar la construcción de este tipo de obras?

Condición 1: Acuífero de buena Permeabilidad y poco espesor

Condición 2: Nivel de agua a poca profundidad y de pequeña fluctuación anual

En Chile se registran estas condiciones en muchos sectores, mucho más de lo que se pudieran imaginar. En los cursos inferiores de muchos ríos de Chile Central se registra un acuífero freático de poco espesor, nivel de agua cercano a la superficie, poca fluctuación anual y recarga asegurada por la escorrentía invernal que garantiza su saturación para la temporada del estiaje.

Además en estos mismos sectores se han construido pozos profundos que explotan un acuífero confinado profundo de malas propiedades acuíferas, agua de calidad inferior y cerca de la línea de costa con serios riesgos de inducir la intrusión de agua salada desde el mar. Casos concretos el Río Maipo y el Aconcagua.

También se dan condiciones propicias cerca de lagos y lagunas posibilitando la extracción de agua filtrada a muy poca profundidad y consecuentemente de muy bajo costo. Estos acuíferos no se han explotado suficientemente debido a

que se inició una moda que privilegió la construcción de pozos profundos que mientras más profundos lo son mas cobran las empresas.

En esos ambientes geológicos muy frecuentes se pueden construir galerías tanto cerca de cuerpos de agua como debajo de ellos. Cantidades muy significativas de agua se pueden obtener con las galerías porque la Conductividad Hidráulica de los acuíferos someros es bastante alta y la permeabilidad del filtro de grava que las rodea es igualmente altísima haciendo posible una recarga eficiente que permite sustentar una explotación constante.

Debido a que las galerías se construyen haciendo excavaciones en materiales sedimentarios muy poco consolidados existe una limitación en cuanto a la profundidad a que queda instalado el elemento filtrante que con las actuales técnicas puede alcanzarse los 8 metros, aproximadamente.

3. Criterios de diseño

Existen dos alternativas para la instalación de las galerías de infiltración o drenes: a) una posibilidad es cuando se colocan por debajo de un cauce con escorrentía sea esta permanente o intermitente y b) la otra posibilidad es cuando se instalan en terrenos que no son cubiertos por agua en forma permanente.

En ambos casos la rejilla o elemento filtrante debe ser colocado perpendicular a la escorrentía del agua superficial y del mismo modo respecto de la dirección del flujo del agua subterránea. Para el caso de agua subterránea se requiere de una pequeña red de pozos de observación para establecer con exactitud la red del flujo subterráneo para minimizar las pérdidas de carga.

Los criterios de diseño más fundamentales son los que se indican a continuación:

Criterio 1: La velocidad de ingreso del agua a la rejilla debe ser menor que 0.01 cm./seg. aunque algunos textos sugieren 0.03 cm./seg. En mi experiencia práctica mientras más baja sea la velocidad del agua subterránea hacia la rejilla, menores serán las posibilidades de que el acuífero se impermeabilice por atracción de partículas finas del tamaño limo-arcilla.

Criterio 2: La velocidad axial al interior de la rejilla debe ser 0.9 m/seg. o menor para minimizar las pérdidas de carga.

Para determinar la velocidad aplicar la siguiente fórmula:

$$V = \frac{1.16 \times 10^{-4} Q}{\pi r^2}$$

El significado de los términos es el siguiente:

V = Velocidad en m/seg.; Q = Caudal en m³/día; r = radio de la rejilla en m

Criterio 3: La abertura de la rejilla deberá posibilitar la retención del 100% del material escogido para el filtro de grava.

Criterio 4: Usar rejilla de acero inoxidable para agua dulce y calidades superiores para índice de Estabilidad de Ryznar superior a 9.

Criterio 5: El filtro de grava debe cumplir las siguientes exigencias:

5.1. Posibilitar el ingreso del agua a una tasa de 300 m³/día/m² de filtro. La Conductividad hidráulica de los filtros de grava bien gradados suele ser muy superior a la tasa recomendada.

5.2. El tamaño 70% del filtro de grava debe ser 4 a 5 veces el Tamaño 70% del acuífero, similar criterio al aplicado a los pozos profundos.

5.3. El material particulado del filtro de grava debe ser limpio, silíceo, redondeado y del menor Coeficiente de Uniformidad que sea posible. No mayor que 2.

En el caso de galerías enterradas sumergidas bajo cuerpos de agua como esteros y/o lagos las alternativas de colocación son variadas. Algunas posibilidades pueden apreciarse en la figura siguiente:

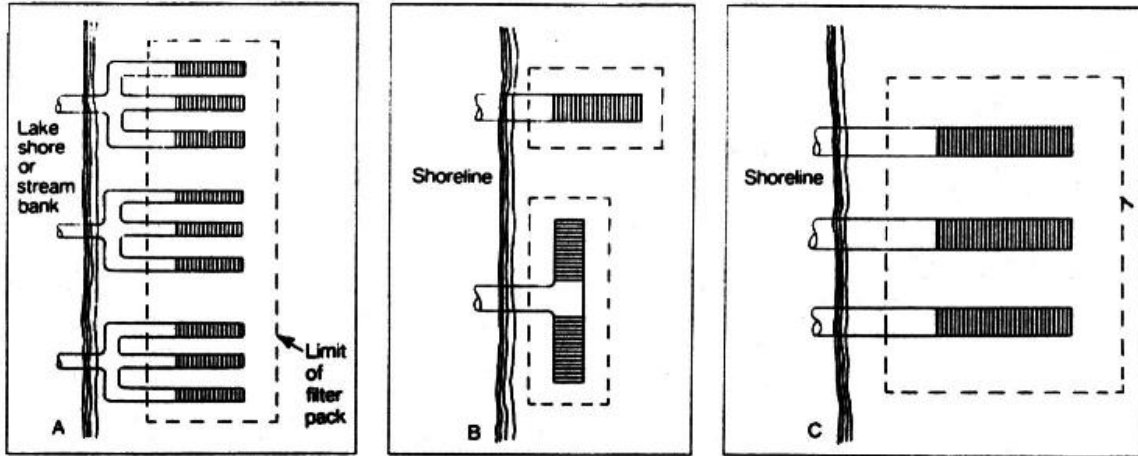


Figura N° 2: Alternativas de diseño de drenes

Los criterios de diseño para este tipo de galerías enterradas bajo agua son los que se indican a continuación:

Criterio 1: Las rejillas deben quedar enterradas a una profundidad del orden de 1 metro mínimo y 1.5 máximo.

Criterio 2: Para minimizar la excesiva sedimentación sobre el sedimento que cubre la galería, la velocidad del agua donde se instale debe ser superior a 0.5 cm./seg.

Criterio 3: El espaciamiento entre las rejillas, cuando se instala más de una, debe ser mínimo 3 metros. En la siguiente figura se puede apreciar en planta la configuración sugerida.

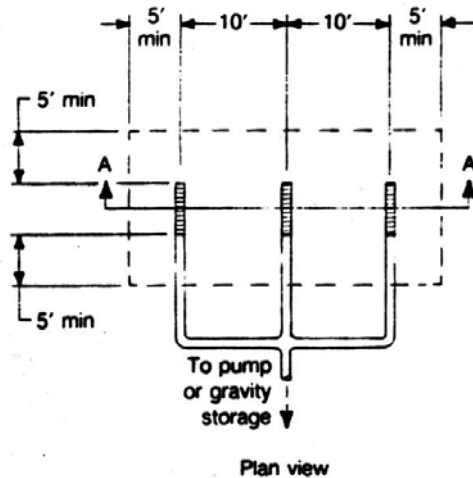


Figura N° 3: Planta de un dren

En la siguiente figura se puede apreciar una sección transversal del criterio sugerido para instalación de galerías enterradas bajo cursos de agua.

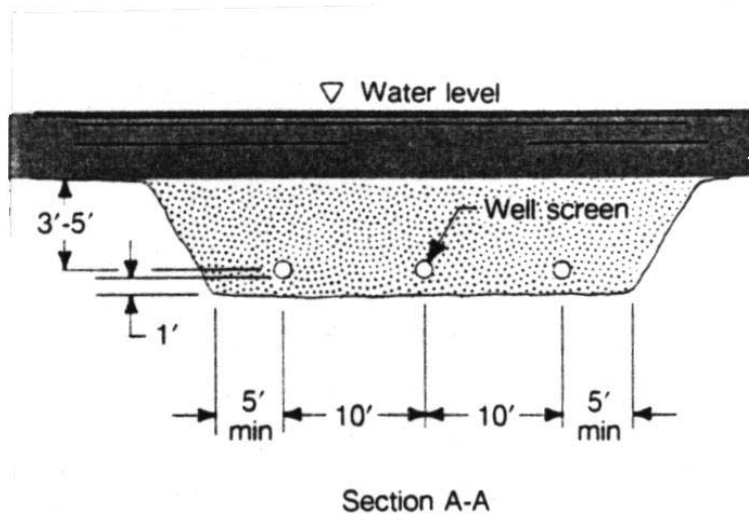


Figura N° 4: Sección transversal de un dren

Criterio 4: Si el curso de agua tiene un fuerte transporte de fondo de sedimentos, una sola rejilla debe disponerse paralela al escurrimiento del agua, pero no en el cauce o rama principal.

Criterio 5: Las rejillas deben ser colocadas en sectores rectos del cauce, nunca cerca o en meandros.

4. Algoritmos de cálculo

La siguiente fórmula es utilizada para determinar el Largo de la rejilla requerida para una zanja instalada en un río o lago.

$$L = \frac{0.366 Q \log \left(\frac{1.1 d}{r} \right)}{0.25 K H}$$

El ancho de la zanja debe ser aproximadamente 2 veces la profundidad a la cual se entierra la rejilla "d", esto es la distancia entre el lecho del río y el centro de la rejilla en metro.

El significado de los términos es el que se indica:

K: Conductividad Hidráulica (m/día)

L = Largo de la rejilla (m)

H = Sumergencia de la rejilla, esto es distancia entre la superficie del agua y el centro de la rejilla (m).

d = Profundidad de instalación de la rejilla medida desde el fondo del cauce (río o estero)

Las experiencias de laboratorio indican que las tasas de infiltración desde ríos y lagos varían entre 0.05 y 3.0 m³/día/m² por metro de pérdida de carga. En general la tasa de infiltración será mayor mientras la pendiente del río es mayor y el cauce está constituido por fracciones gruesas.

Las tasas de infiltración desde lagos decrecen mas rápidamente de lo que ocurre en ríos por la menor velocidad del agua a no ser en aquellos sectores de alta dinámica como lo son aquellos en que hay un oleaje más intenso

Un problema que se puede presentar cuando no se respetan los criterios de diseño aquí señalados es que el material sedimentario por sobre la rejilla y bajo

el agua, se obstruye con el transcurso del tiempo. Por esta razón siempre es recomendable darse un margen de seguridad en el diseño para compensar estos efectos indeseados. Mi sugerencia es que las velocidades de admisión se reduzcan, dentro de lo posible, a la mitad.

En el caso de las galerías instaladas en tierra firme la fórmula que se aplica es: El significado de los términos de la expresión es el siguiente:

$$Q = \frac{K L (D^2 - d^2)}{2 r_0}$$

Q = Caudal a extraer del dren (m³/día)

K = Conductividad hidráulica (m/día)

d = Nivel Dinámico en el eje de la rejilla (m)

r₀ = Distancia para depresión cero

D = Altura de agua desde el fondo de la zanja

En la figura N° 5 puede apreciarse qué significan los términos empleados.

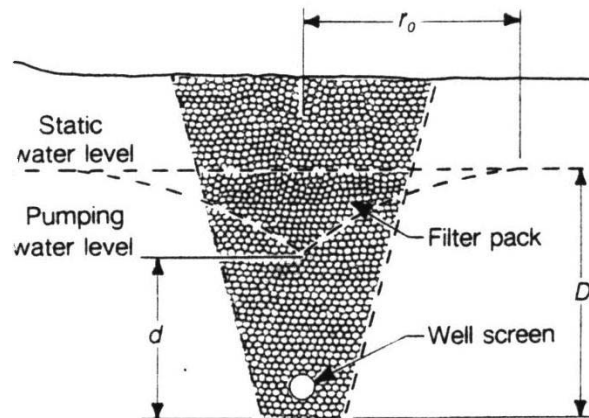


Figura N° 5: Dren sometido a bombeo

La fórmula para determinar largo de rejilla requerida es la siguiente:

$$L = \frac{2 r_0 Q}{K (D^2 - d^2)}$$

Para determinar el valor de R_0 , distancia para depresión cero se requiere hacer pruebas de bombeo con pozos de observación y resolverlo mediante métodos gráficos de manera similar a lo explicado para pozos profundos.

5. Mantenimiento de galerías

La manutención de galerías o drenes será mas o menos difícil dependiendo de las características hidrogeológicas del área y las condiciones de su instalación. No se puede dar una recomendación cierta sobre la periodicidad del mantenimiento razón por la cual se deberá llevar un control acucioso de la producción de la galería y de las fluctuaciones del nivel del agua en el entorno de la obra mediante pocos pozos de observación.

Dado que las condiciones hidrogeológicas, del diseño, construcción y operación pueden ser muy variadas no hay una recomendación mejor que la anterior.

Hay ciertos criterios de operación que conviene seguir:

1. No exceder la tasa de bombeo del diseño. Mayores velocidades que las consideradas en el diseño pueden inducir la entrada de material fino que no es sencillo extraer.
2. No dejar paralizada la obra por períodos prolongados, pues según la experiencia práctica, esta inactividad tiene como efecto una reducción de la Conductividad Hidráulica.
3. En algunos casos las aguas subterráneas pueden tener cantidades de Hierro. Es posible que bajo ciertas condiciones, proliferen bacterias comedoras de Hierro que pueden obturar la rejilla y/o el filtro de grava. Para poder repararlas es condición fundamental que la rejilla sea del material adecuado para aplicar sustancias que destruyan las bacterias.

Además del tratamiento con químicos las galerías son sometidas a retrolavado el que puede efectuarse con agua y/o con aire comprimido. Este retrolavado, o

flujo al revés tiene como finalidad limpiar el filtro de grava de partículas finas que puedan haberlo obstruido reduciendo el flujo de agua. Sugiero no aplicar métodos violentos pues los resultados pueden ser adversos. Lo prudente es ir gradualmente aumentando la energía aplicada sea que se use agua o aire comprimido.

Por experiencia personal recomiendo transformar las rejillas colocando en su interior un tubo concéntrico con perforaciones espaciadas, pues de no procederse así ocurrirá que la mayor parte del aire se escapará cerca del punto de inyección y no producirá efecto alguno de limpieza. En la siguiente figura se muestra un corte a una rejilla con la transformación sugerida.



Figura N° 6. Sección de rejilla modificada