



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTE

DESAGÜES Y DRENAJES

ALCANTARILLAS

Apunte de cátedra revisado y actualizado por:

Ing. M. Alejandra Ferreyra
Ing. Sabina Fanelli

AÑO 2018

1. EVACUACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES

1.1. Generalidades

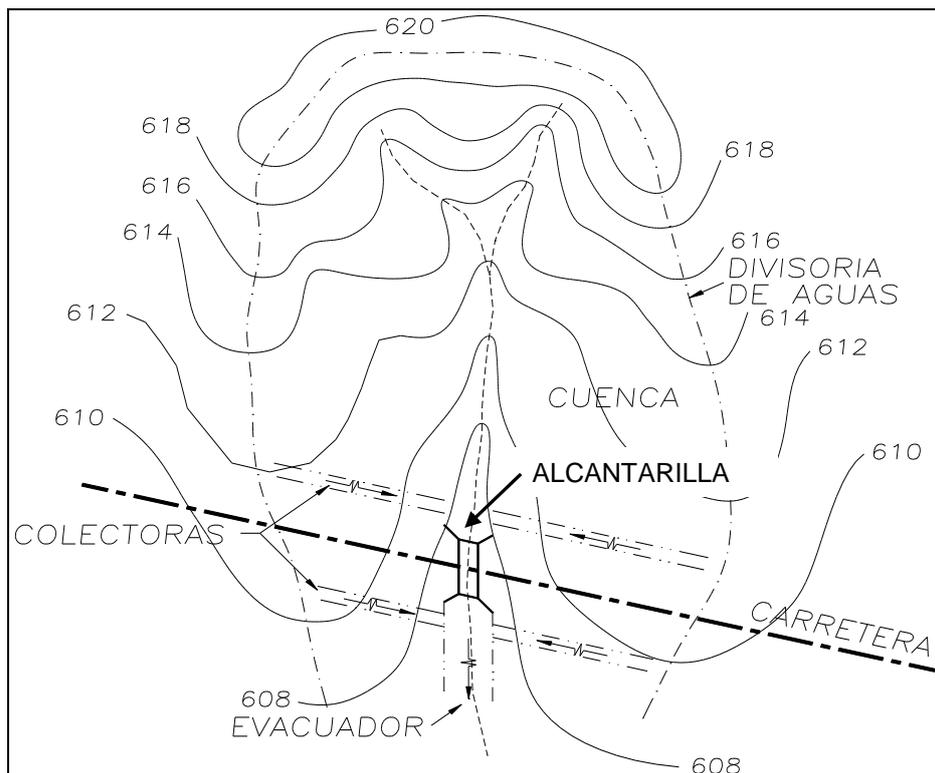
Los desagües de una obra vial están constituidos fundamentalmente por dos sistemas: **colectores** y **evacuadores**.

El sistema colector está generalmente definido por las cunetas que se construyen contigua y paralelamente al eje del camino, y que recogen las aguas pluviales provenientes de la zona de camino y de la cuenca de aporte, llevándolas hasta los puntos de evacuación, alcantarillas y desagües transversales, los cuales definen el sistema evacuador.

Ninguna de las obras propias de un camino debe quedar sin desagüe ni provocar modificaciones sustanciales en el primitivo escurrimiento superficial de las aguas.

Un sistema de desagüe debe asegurar el correcto escurrimiento de las aguas superficiales, cumpliendo las siguientes condiciones:

- Rápida evacuación de las aguas, no permitiendo que las mismas provoquen embancamientos ni depósitos semipermanentes de aguas que afecten la estabilidad de las obras del camino.
- Control de los procesos erosivos provocados por los elevados caudales y las altas velocidades de escurrimiento de las aguas.



Sistema colector y evacuador

1.2. Desagüe de la zona de camino

Corresponde al estudio de la evacuación de las aguas dentro de la zona de camino propiamente dicha.

Los componentes del coronamiento deben tener una pendiente transversal adecuada, en función del material que los constituye, para eliminar rápidamente las descargas pluviales a fin de reducir los peligros en la circulación vehicular en la calzada (deslizamiento, hidropelaje, etc.) y las posibilidades de embebimiento e infiltración en la calzada y banquetas, pero controlando los procesos erosivos con la formación de canalones en éstas últimas.

En calzadas naturales o mejoradas la pendiente transversal debe ser tal que evite, en tramos con pendientes longitudinales elevadas, el escurrimiento en sentido paralelo al eje.

Si la calzada tiene un separador central, el sistema de desagüe del mismo depende de su ancho. Si posee un ancho de hasta 4,50 m puede desaguar hacia las calzadas contiguas. Para anchos mayores, tanto el desagüe del propio cantero como el de las calzadas que desaguan en él, se debe realizar por el interior del cantero, debiendo proyectarse un sistema colector y evacuador a tal efecto.

En cuanto a los taludes, y en función de las pendientes adoptadas en el proyecto, si el suelo es erosionable es necesario prever defensas que controlen el proceso erosivo, tales como: entepado, siembra con césped, estabilizado con otros suelos o con materiales comerciales (cemento, asfalto, etc.), o en casos extremos, revestimiento con losetas de hormigón o construcción de enrocados.

1.3. Diseño de zanjas colectoras y evacuadoras

El cálculo hidráulico de las cunetas y de las zanjas de desagüe es sumamente incierto dada la naturaleza de las variables que intervienen.

Normalmente el ancho de la solera de las cunetas está determinado por las necesidades de suelo para la formación de los terraplenes, y condicionado en la ejecución al plan de trabajo y al equipo utilizado, también para las zanjas de desagüe, siendo por lo tanto sumamente difícil prever el ancho del desagüe.

La velocidad del escurrimiento de un determinado caudal de diseño, según la fórmula de Manning para el flujo libre en canales, será función directa de la pendiente del canal y del radio hidráulico ($R = P / A$) e inversa de la rugosidad del material del fondo y las paredes.

Por lo tanto, para disminuir la velocidad del escurrimiento se pueden considerar los siguientes puntos:

- Limitar los caudales máximos.
- Disminuir la pendiente.
- Disminuir el tirante de agua en el escurrimiento ya que se reduce el radio hidráulico. A los fines del control de la erosión, son más convenientes las cunetas con soleras anchas y bajos tirantes de agua.
- Incrementar la rugosidad del material del fondo y paredes del canal, por ejemplo sembrando césped.

Dado que los caudales máximos de escurrimiento se dan con baja frecuencia no necesariamente deben aplicarse criterios conservativos en cuanto a la evaluación de los procesos erosivos, ya que en este tipo de obras puede ser más conveniente un control progresivo que la construcción inicial de obras accesorias de control de la erosión.

En cuanto a las condiciones que aseguran un correcto escurrimiento de las aguas, razones de orden constructivo obligan a adoptar una pendiente mínima de 0,2%, pudiendo aceptarse valores menores aunque teniendo presente que las cunetas soportarán períodos

durante los cuales estarán cubiertas de agua, debiéndose entonces tomar recaudos similares a los considerados en caso de presencia de aguas libres.

1.4. Control de la erosión

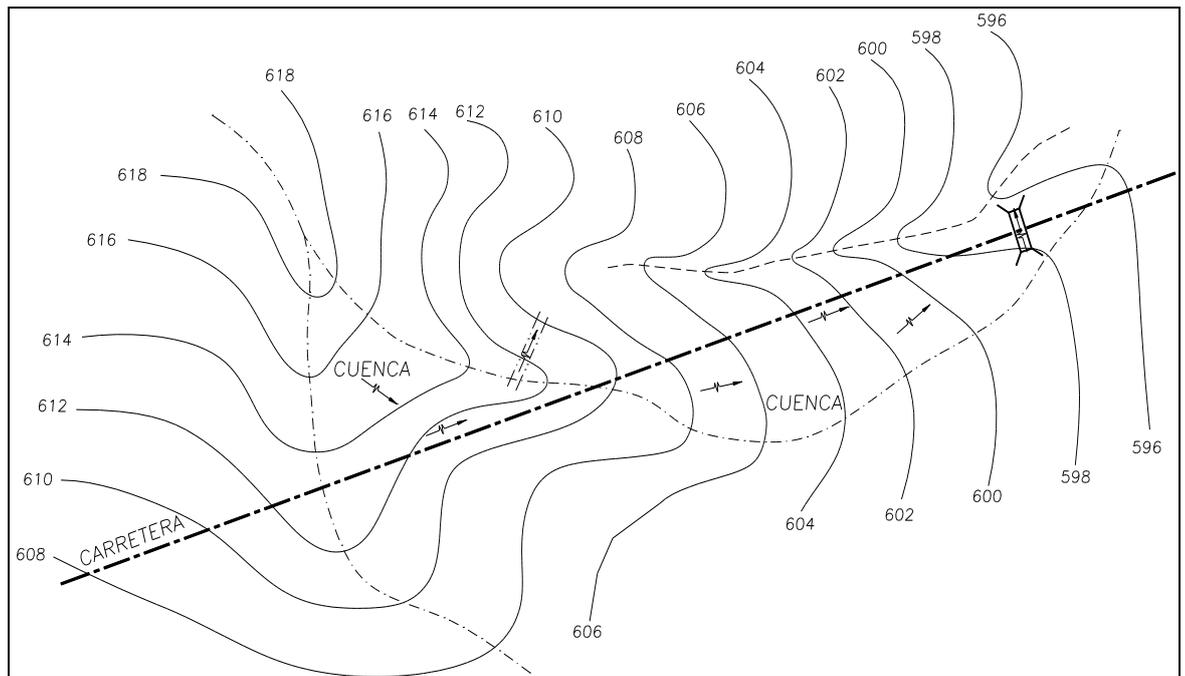
Cuando el escurrimiento en las cunetas excede las velocidades máximas admisibles del suelo es necesario prever la construcción de obras complementarias a fin de controlar los procesos erosivos.

Las mismas pueden consistir en:

- **Sangrías**

Es el método más eficaz y puede lograrse un correcto control de la erosión. Consiste en la eliminación gradual de las aguas que escurren en las cunetas por medio de evacuadores separados entre sí a una distancia tal que no permita la concentración nociva de caudales.

Las condiciones que se pueden presentar son: sin obras de arte y con obras de arte, dependiendo exclusivamente de las características topográficas de la zona. Se entiende por obra de arte a todo tipo de alcantarilla.

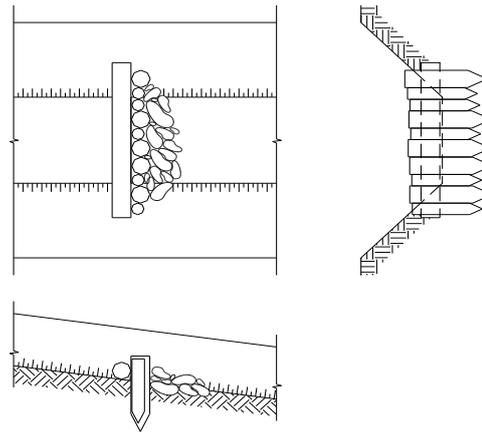


Sangrías

- **Retardadores**

Son pequeños "diques" colocados transversalmente a la cuneta y en todo el ancho de la solera, que embalsan el agua previniendo la erosión de la cuneta, produciéndose un embancamiento que termina por formar un perfil escalonado estable.

Se construyen generalmente con troncos, ramas, entepados, piedras en seco, etc.

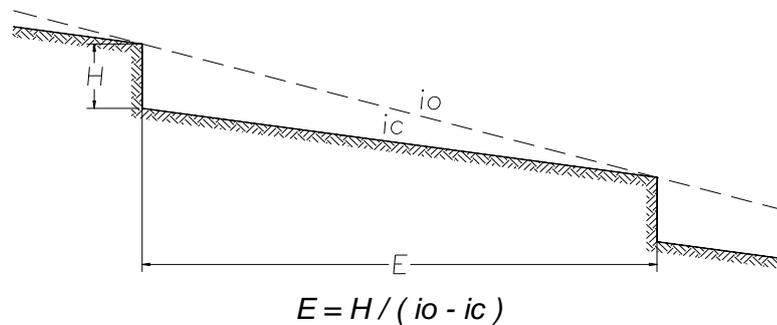
**Retardador**

En general este tipo de obra corresponde a soluciones que se aplican una vez producidos los primeros efectos erosivos.

- **Saltos y rápidos**

Puede reducirse la pendiente de la cuneta colocando a determinadas distancias obras hidráulicas que compensen la diferencia entre la pendiente que tendría originalmente la cuneta y la realmente adoptada, formando un perfil escalonado.

El espaciamiento entre dichas obras se calcula directamente con los valores de la altura del escalón y la diferencia de pendientes:



siendo: H: altura del escalón
 io: pendiente original de la cuneta
 ic: pendiente adoptada de la cuneta

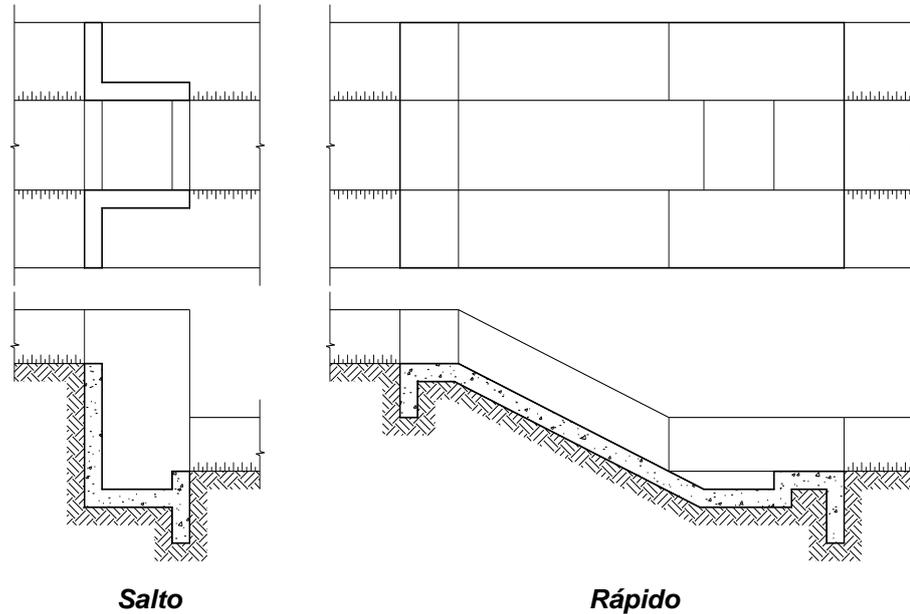
Si el muro del escalón es vertical la obra hidráulica se denomina **salto**, y si es inclinado se denomina **rápido**. Las alturas varían entre 0,60 y 2,00 m.

Los materiales utilizados comúnmente son el hormigón y las chapas de acero onduladas galvanizadas.

Las cabezeras de entrada deben ser diseñadas teniendo muy en cuenta que el escurrimiento de las aguas no provoque erosiones en la misma desviando la

corriente por los costados de la obra, ocasionando su destrucción. Este proceso es causal frecuente de colapso de estas estructuras.

El fondo de estas obras debe tener dispositivos accesorios a fin de disipar la energía de la corriente: bateas, colchones de piedra, etc.



- **Cunetas revestidas**

Cuando las pendientes a tratar tienen valores muy altos el costo de saltos o rápidos resulta muy elevado, siendo más económico revestir la cuneta (solera y taludes) con rocas, con mampostería o con hormigón.

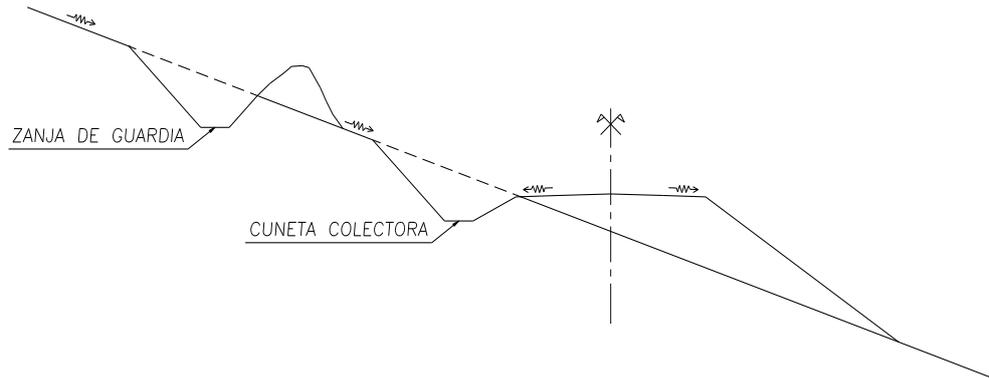
Esta solución es muy utilizada en zonas cercanas a ríos o arroyos de cauces muy profundos y en autopistas urbanas.

- **Zanjas de guardia**

Cuando la pendiente transversal del terreno es muy fuerte y los caudales que llegan a la cuneta colectora son de consideración, se construye una zanja adicional ubicada aguas arriba de la cuneta, dado que este escurrimiento lleva material de arrastre y tiene una velocidad considerable. En este caso la cuneta colecta sólo las aguas provenientes de la obra básica.

La erosión que se produce en la zanja de guardia, siempre que la misma esté lo suficientemente alejada del camino, no ofrece peligros ni inconvenientes en la obra vial.

Este tipo de control es sumamente utilizado cuando el camino cruza conos de deyección en laderas de montaña.



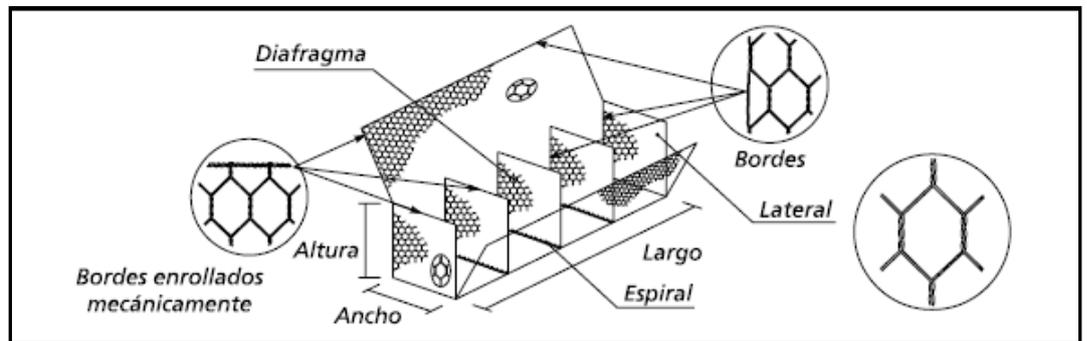
Perfil transversal con zanja de guardia

- **Gaviones de alambre**

Este tipo de defensa se utiliza generalmente para proteger de las fuertes corrientes de agua los taludes de los terraplenes y las fundaciones de estructuras.

Consisten en “cajones” de alambre tejido galvanizado rellenos con material pétreo de tamaño grande, los cuales poseen una gran flexibilidad y se acomodan a medida que se producen los efectos erosivos, controlando adecuadamente los mismos.

Los gaviones se construyen en el lugar de su utilización, siendo de sencillo armado, colocación y reparación.



Cajón prismático para gavión

2. DRENAJE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

2.1. Generalidades

Las aguas provenientes de las precipitaciones pluviales o de los deshielos que se infiltran en el suelo, descienden por gravedad hasta encontrar mantos impermeables sobre los cuales forman acumulaciones de agua libre subterránea.

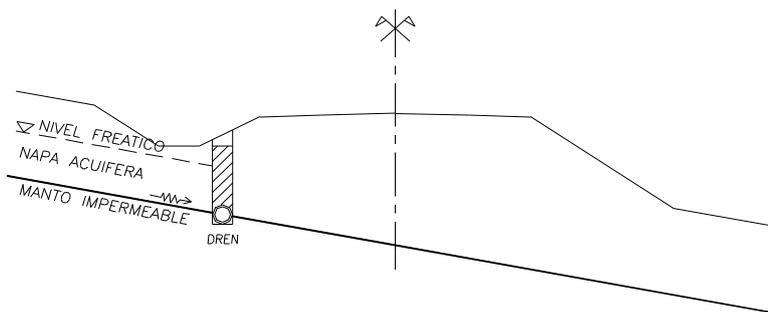
El control del agua subterránea se realiza mediante un sistema de elementos denominados **drenes**, los cuales consisten básicamente en caños perforados colectores colocados en los mantos acuíferos a drenar, que se complementan con un sistema evacuador cuya cota de salida esté por debajo del nivel freático.

El agua libre subterránea puede manifestarse bajo dos condiciones características que requieren métodos distintos para su control:

- **Filtración en ladera**

Se presenta en terrenos ondulados y montañosos, en los cuales se dan las condiciones de pendiente que permiten un desplazamiento del manto acuífero a velocidades relativamente reducidas.

El drenaje de una filtración en ladera es de relativa simplicidad ya que se realiza colocando un sistema de drenes aguas arriba de la zona que se quiere controlar, a efectos de captar todo el escurrimiento.

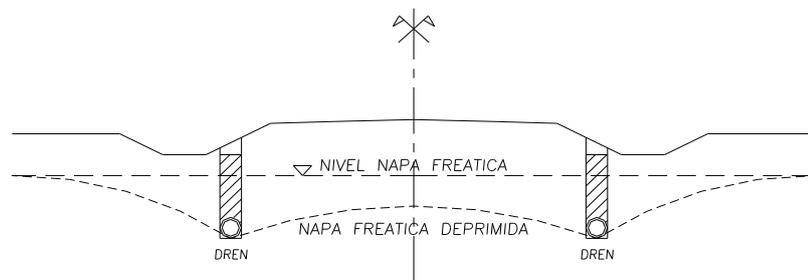


Captación de filtración en ladera

- **Napa freática a nivel**

Se presenta en terrenos llanos y en especial en zonas pantanosas, en los cuales el agua libre subterránea prácticamente carece de movimiento lateral, pudiendo el nivel freático ascender o descender de acuerdo a las condiciones meteorológicas reinantes.

Un sistema adecuado de drenes sólo permite deprimir el nivel de la napa freática logrando de esta manera controlar sus efectos.



Depresión de napa freática

Este tipo de agua subterránea suele ofrecer dificultades para su control, ya que la ubicación del sistema evacuador de drenes se encuentra muy condicionada debido a la poca pendiente del terreno.

2.2. Dren tipo

Consiste en una zanja llena con material permeable bien graduado, que actúa a la vez como receptor y filtro de las aguas libres subterráneas, un tubo perforado que recoge las mismas denominado colector, y un sistema de cañerías no perforadas que evacúa las aguas drenadas hacia las bocas de descarga.

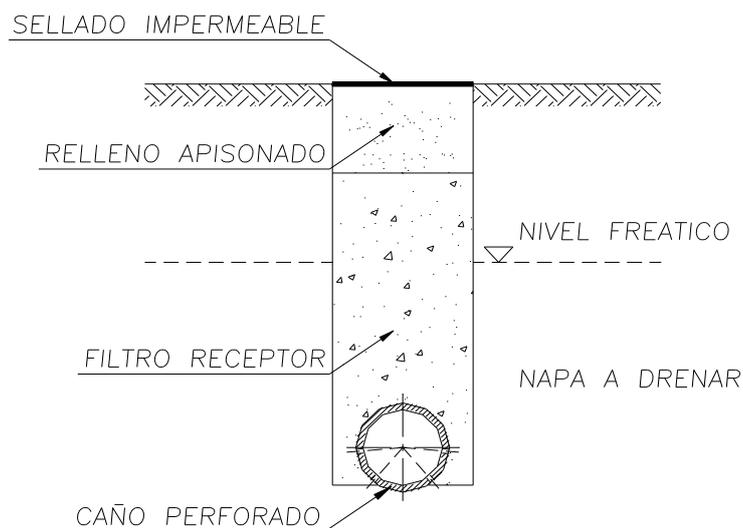
La parte superior de la zanja debe sellarse con material impermeable (material arcilloso o alguna estabilización asfáltica) para evitar la entrada de agua y arrastres de suelo de la superficie que puedan cegar el filtro.

El material filtrante suele disponerse en dos capas: una de granulometría más gruesa ubicada en la parte inferior en contacto con el tubo a fin de evitar un taponamiento de las perforaciones, y un material más fino en la parte superior a fin de lograr un correcto filtrado de suelos limosos y arcillosos. El agregado pétreo (arena, grava o piedra partida) no debe contener materias orgánicas, terrones de arcilla, ni ningún otro material que se pueda descomponer.

Durante el llenado de las zanjas debe evitarse que se incorporen suelos provenientes de la excavación.

Los tubos utilizados pueden ser de hormigón o de chapas de acero ondulado galvanizado, con diámetros que varían entre 0,10 y 0,60 m.

Las perforaciones deben ser aproximadamente circulares (con diámetro entre 4,8 y 9,5 mm) y se distribuyen en hileras paralelas al eje del tubo y simétricas con respecto a éste sobre el arco de circunferencia inferior, el cual corresponde a la zona de escurrimiento de las aguas. La cantidad de hileras varía de 2 a 8 en función del diámetro del caño. La separación entre las perforaciones de una misma hilera debe ser de 75 mm.



Elementos de un dren tipo

3. ALCANTARILLAS

3.1. Introducción

Toda obra vial modifica el escurrimiento superficial de las aguas provenientes de lluvias o deshielos, debido a la presencia de la obra básica necesaria para desarrollar el coronamiento que permitirá satisfacer una determinada demanda de tránsito vehicular.

En el cálculo de las obras hidráulicas de un camino, se establece como premisa básica asegurar la continuidad de tales escurrimientos.

Para ello pueden utilizarse estructuras que permitan el paso del agua por debajo de la carretera a través de **obras de arte menores** (alcantarillas) y de **obras de arte mayores** (puentes).

En caminos de bajo tránsito y/o turísticos puede permitirse excepcionalmente el paso del agua por encima de la carretera (vados).

Definido el trazado vial, se lo ubica sobre una carta topográfica y/o imagen satelital para estudiar las cuencas interceptadas por el eje del camino. Delimitadas las cuencas afectadas, se realiza el estudio hidrológico para calcular el caudal de proyecto en el punto de descarga donde se ubicará una obra de arte.

En una segunda etapa, se determina la sección hidráulica necesaria para cada obra de arte.

Las alcantarillas imponen una reducción en la sección de escurrimiento si se compara con la situación anterior sin dicha obra de arte.

El cálculo hidráulico debe controlar la altura de remanso que se genera aguas arriba de la obra de arte por la restricción mencionada, y la superficie de terreno afectada.

3.2. Condiciones generales

Las alcantarillas cumplen con las siguientes condiciones:

- Son estructuras proyectadas en base a diseños tipo. Dichos diseños responden a la necesidad de contar con proyectos de pequeñas estructuras simples, de sencillo y rápido proceso constructivo. Son numerosas en una obra vial.

Deben ser concebidas con las máximas condiciones de economía, eficiente comportamiento hidráulico y estructural, y utilizadas en condiciones similares en cuanto a la naturaleza del terreno y las fuentes de origen de los materiales empleados en la construcción.

Estos proyectos prevén elementos variables, dentro de ciertos rangos, referidos a las dimensiones de la sección transversal, tapadas (altura del terraplén sobre el conducto) máxima y mínima, definición del tipo y profundidad de la fundación en función del tipo de suelo, pendiente longitudinal del conducto, esviaje (oblicuidad del conducto con respecto al eje del camino), etc.

- Poseen luz simple de hasta 6 m, o luces múltiples contiguas de luz total hasta 12 m. Estos valores límites pueden variar y quedan determinados por la comparación económica entre el costo de la realización del proyecto y la economía en la construcción de la obra.
- Tienen un largo de estructura que permite el desarrollo del total del ancho de coronamiento de la obra básica dado que, por ser estructuras frecuentes en el desarrollo de un camino, no deben provocar disminuciones en cuanto a la capacidad de la calzada ni afectar las condiciones de seguridad y confort de la circulación vehicular.

- Llevan, en general, recubrimiento de terraplén, y por lo tanto su parte superior no se utiliza como superficie de rodamiento a fin de evitar asentamientos diferenciales en el límite entre la estructura y el terraplén, que corten la uniformidad de la calzada provocando perturbaciones molestas y a veces hasta peligrosas en la circulación vehicular.

En cuanto a la incidencia económica de las alcantarillas en el monto total de una obra vial pavimentada, puede considerarse un valor medio del orden del 15%.

De acuerdo a la utilización y ubicación pueden clasificarse en:

- **Alcantarillas transversales:** permiten el paso del agua a través del camino. Son de fundamental importancia, ya que un mal funcionamiento puede provocar su rotura y la de los terraplenes adyacentes interrumpiendo el tránsito.
- **Alcantarillas laterales:** permiten el acceso a propiedades y caminos transversales salvando las cunetas. La rotura de una de ellas sólo interrumpe el acceso.

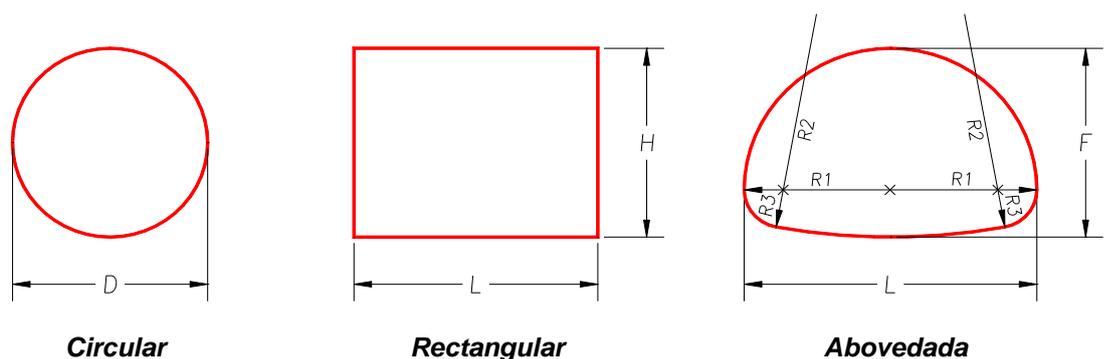
Se denomina **tapada (m)** al recubrimiento de terraplén sobre el conducto, a lo largo del ancho de coronamiento, y se lo expresa en función de su altura.

Se denomina **esviaje (°)** a la oblicuidad del conducto con respecto al eje del camino, siendo un ángulo igual o menor de 90° , a izquierda o a derecha según corresponda.

3.3. Tipos de conducto

Las formas más usuales de las secciones transversales del conducto son:

- **Circulares:** de hormigón armado (para reducidos caudales de descarga), o chapas onduladas galvanizadas.
- **Rectangulares:** para caudales mayores, de hormigón armado, mampostería o madera.
- **Abovedadas** (formadas por arcos de circunferencia): de chapas onduladas galvanizadas, tienen la ventaja de permitir mayor escurrimiento con menor altura del caño que una sección circular de igual ancho.



En relación a la elección del tipo de sección a utilizar deben considerarse los materiales necesarios para su construcción y la proximidad de las fuentes de origen de los mismos, la incidencia del transporte y de la mano de obra.

En cuanto a las dimensiones mínimas del conducto no se recomiendan medidas menores de 1,00 m, ya que deben permitir el pasaje de un obrero para efectuar reparaciones o limpieza de obstrucciones en el interior del mismo.

3.4. Tipos de extremos del conducto

Los extremos del conducto pueden tener o no muros de cabecera. En general, es práctica común la construcción de muros de cabecera en alcantarillas que descargan caudales de escurrimiento considerables.

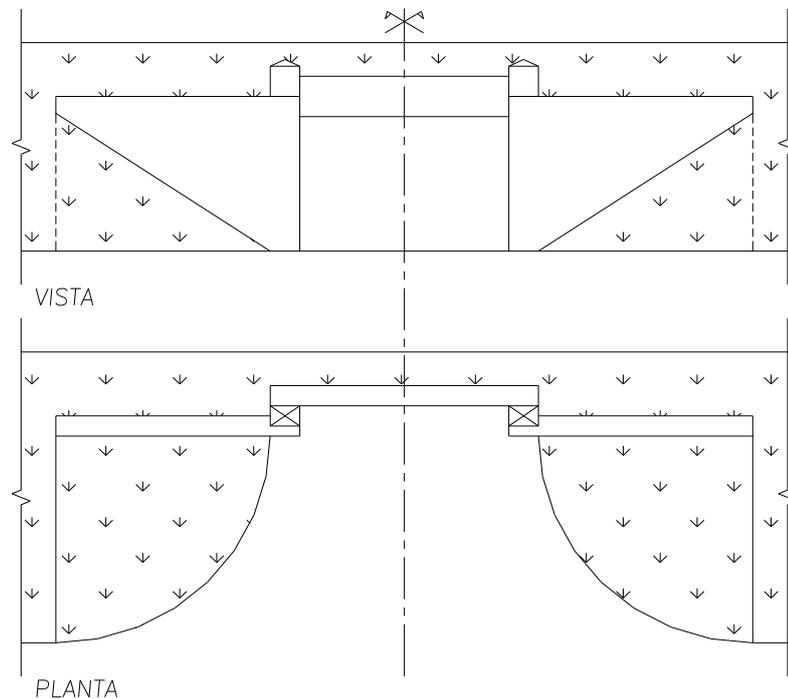
3.4.1. Muros de cabecera

Tienen las siguientes ventajas:

- Aumentan la eficiencia hidráulica de la alcantarilla.
- Previenen la erosión y la socavación, tanto en la entrada como en la salida del conducto.
- Retienen el talud de los terraplenes, disminuyendo la longitud del conducto.
- Sirven de anclaje a la alcantarilla cuando el conducto es corto.
- Mejoran la apariencia estética.

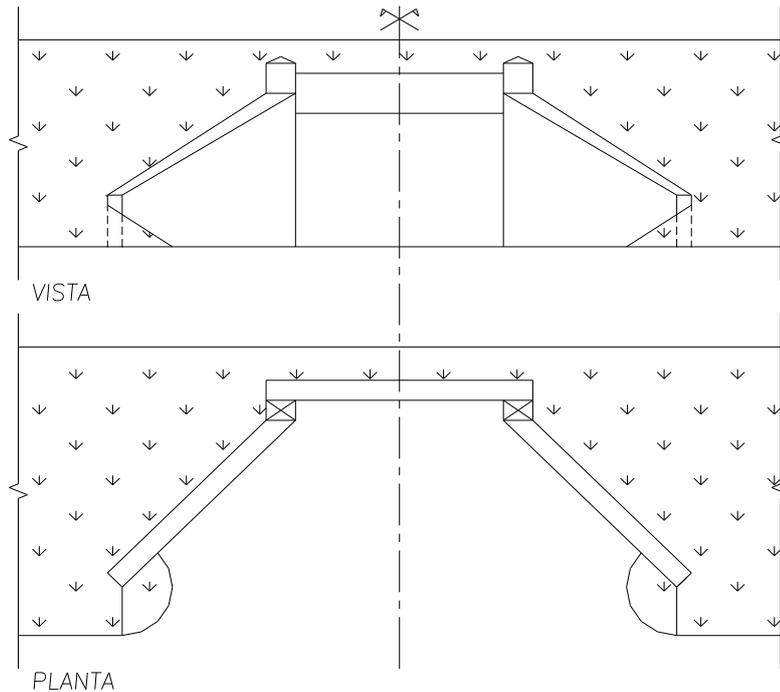
En cuanto a su configuración, se presentan dos formas típicas de muros de cabecera:

- **Muros de vuelta:** son aquellos construidos normales al eje del conducto y se usan generalmente para alcantarillas pequeñas y terraplenes bajos, o para alcantarillas con fuertes pendientes del conducto.



Alcantarilla con muros de vuelta

- **Muros de ala:** su ángulo varía entre 30° y 75° con respecto al eje longitudinal del conducto, tanto para la entrada como para la salida, siendo el primero el más eficiente desde el punto de vista hidráulico.

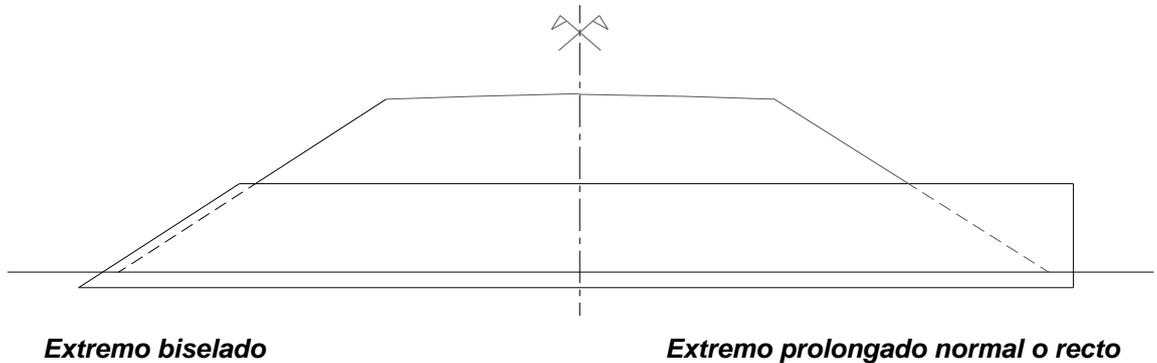


Alcantarilla con muros de ala

3.4.2. Extremos sin cabecera

Se utilizan en general en alcantarillas de caños y se presentan en dos formas:

- **Extremos prolongados normales o rectos.**
- **Extremos prolongados biselados**, en general para caños de chapas onduladas galvanizadas, los cuales responden a razones estéticas, siendo de mayor costo su terminación.



Extremo biselado

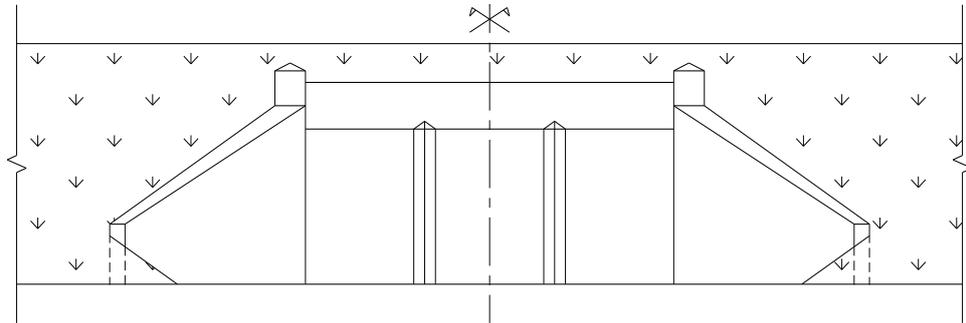
Extremo prolongado normal o recto

3.5. Luces múltiples

Las alcantarillas de varios conductos adosados se proyectan cuando no hay posibilidad de elevar la cota del terraplén, o cuando es necesario tener bajas alturas de remanso escurriendo caudales considerables, resultando estructuras más económicas que una de un único conducto de luz simple mayor equivalente. Si los conductos están formados por caños estas alcantarillas reciben el nombre de baterías de caños.

Su utilización no es aconsejable desde el punto de vista hidráulico, ya que generalmente bajo ciertas condiciones se produce una concentración del escurrimiento en una de las luces, mientras que en las otras disminuye hasta valores de escasa significación. Ello ocasiona un aumento local de la velocidad pudiendo provocar erosiones del lecho. Por

otra parte su comportamiento es deficiente en caso de que la corriente de agua arrastre materiales, provocando obstrucciones.

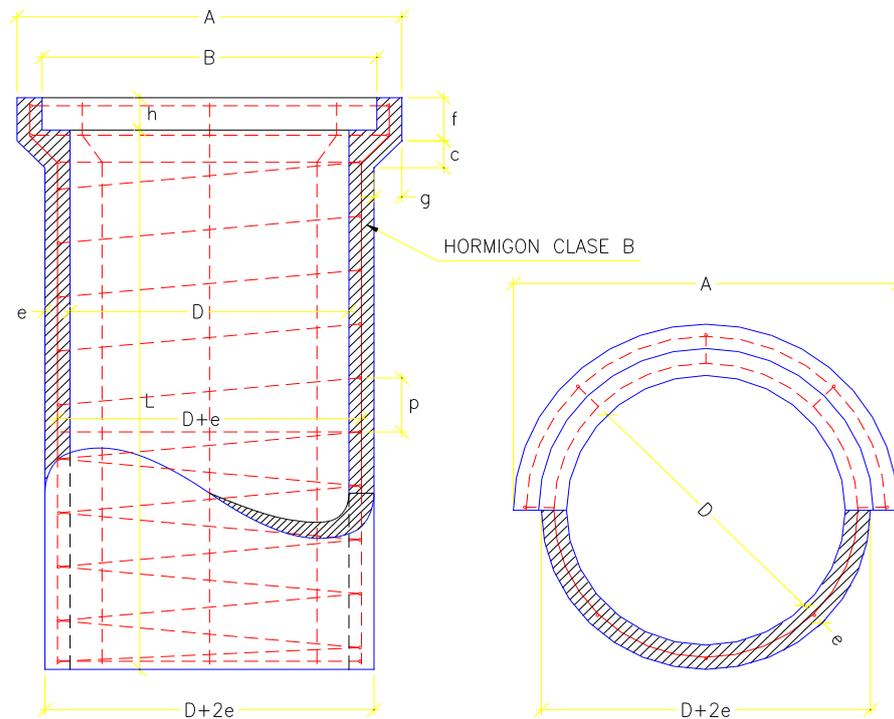


Alcantarilla de luces múltiples

3.6. Alcantarilla de caños de hormigón

Se utilizan para escurrir bajos caudales de escurrimiento. Consisten en elementos prefabricados de hormigón armado, de 1,00 m de longitud útil, de muy sencilla construcción y colocación.

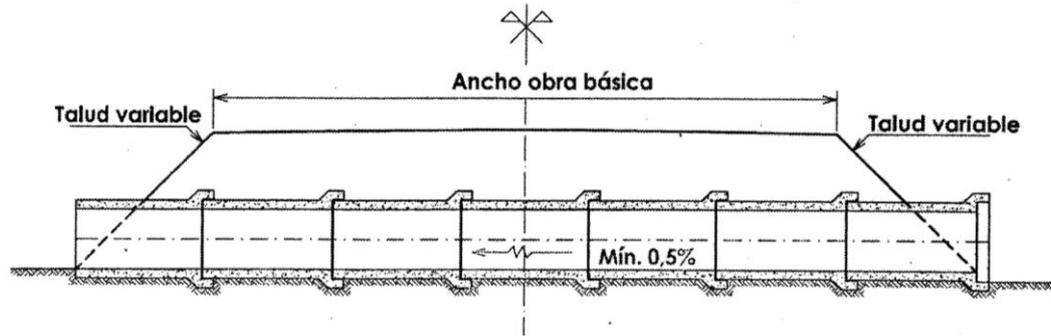
No se recomiendan diámetros inferiores a 1,00 m y los máximos alcanzan generalmente 1,30 m, ya que diámetros mayores hacen difícil su transporte y aumentan el peligro de rotura.



Caño prefabricado de hormigón armado

El conducto debe comenzar a construirse desde el extremo aguas abajo, dirigiendo el enchufe o cajón de los caños hacia aguas arriba.

La pendiente longitudinal de los tubos no debe ser inferior a 0,5%.



Colocación caños de hormigón

Cuando este tipo de alcantarilla se diseñe sin muros de cabecera, se deberá prolongar los extremos a fin de cubrir los taludes del terraplén, y no deberán utilizarse pendientes mayores a 10%.

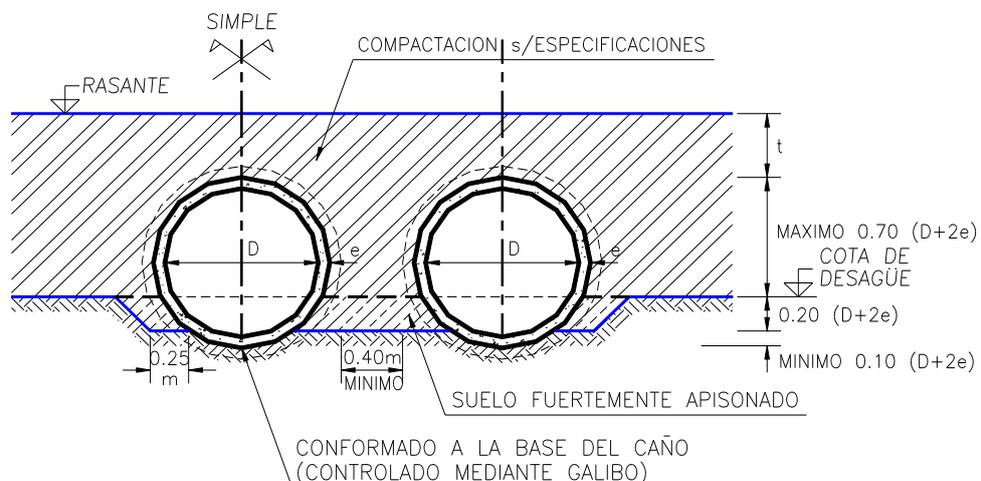
Para pendientes inferiores a 10% los caños podrán fundarse sobre una base de suelo compactado, pero para pendientes superiores se recomienda fundar los mismos sobre una base de asiento de hormigón pobre.

Para pendientes superiores a 15% y hasta un máximo de 25% deberán agregarse escalones a la base de asiento de hormigón.

Para una correcta fundación de los caños, alrededor del 30% del diámetro exterior debe encontrarse bajo la cota de desagüe, y por lo menos un 10% apoyado sobre una superficie perfectamente conformada. La excavación se completa con relleno de tierra o material granular fino, cuidadosamente colocado y compactado alternadamente a ambos lados del caño en capas de 0,15 m de espesor.

En caso que la fundación se realice sobre roca, debe excavarse la misma por lo menos 0,30 m por debajo de la cota de fundación y en un ancho igual al diámetro exterior más 0,20 m, relleniéndose con una cama de suelo o material granular fino, perfectamente compactada y conformada para apoyar los caños.

Al instalar una batería de caños, debe preverse una separación mínima entre estos que permita realizar las operaciones de apisonado del relleno por debajo y entre los caños. Se recomienda una separación igual a la mitad del diámetro externo, pero con un valor mínimo de 0,40 m.



Batería de caños de hormigón fundada en terreno apto

3.7. Alcantarillas de caños de chapa ondulada cincada

Se construyen con tubos armados con chapas onduladas de acero al cobre cincadas en ambas caras y curvadas especialmente.

La ondulación y el espesor de la chapa son función de las dimensiones del conducto que conformarán:

- **Ondulación 68 mm x 13 mm:** se utiliza en la fabricación de caños de diámetros desde 0,60 m hasta 1,80 m, con espesores entre 1,60 y 3,20 mm.
- **Ondulación 100 mm x 20 mm:** se utiliza en la fabricación de caños de diámetros desde 0,60 hasta 3,00 m y caños-bóveda de luces desde 1,20 m hasta 2,50 m, con espesores entre 1,60 y 3,20 mm.
- **Ondulación 152 mm x 50 mm:** se utiliza en la fabricación de caños de diámetros desde 1,50 m hasta 6,50 m, y caños-bóveda de luces superiores a 2,70 m hasta 5,45 m, con espesores entre 2,50 y 6,87 mm. El montaje de los tubos se inicia por el extremo aguas arriba.

Cuando este tipo de alcantarilla no lleve muros de cabecera, se prolongan los extremos a fin de cubrir los taludes del terraplén, resultando extremos de tipo recto o de tipo biselado (chapas cortadas especialmente en fábrica).

La pendiente longitudinal mínima es de 1,0% para caños de chapa de ondulación 68x13, y de 1,5% para las ondulaciones de 100x20 y 152x50.

Cuando la pendiente longitudinal es mayor de 10% deben proyectarse con muros de cabecera en los extremos, vinculándose los caños a los muros mediante pernos de anclaje.

En las alcantarillas con pendientes longitudinales mayores a 10%, a fin de controlar la erosión provocada por el arrastre de arenas y gravas, se debe pavimentar el fondo con material bituminoso o con hormigón simple. La misma precaución debe adoptarse en caso que las aguas que escurran sean corrosivas. El revestimiento deberá construirse sobre el tercio inferior de la circunferencia del tubo, con un espesor que recubra las crestas de la ondulación en un mínimo de 5 mm.

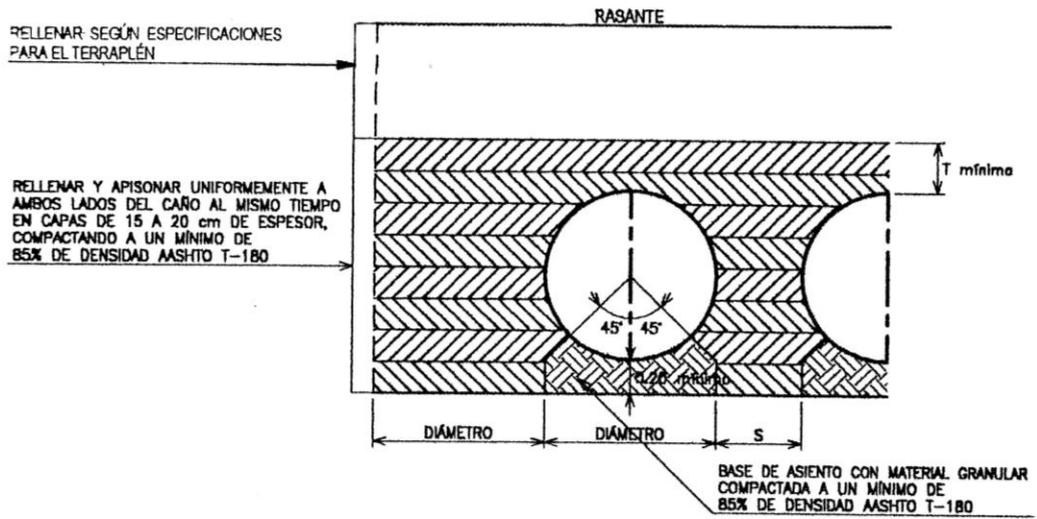
En lo que respecta a la fundación de los caños, el ancho de la base de asiento debe ser por lo menos el diámetro del tubo, o la luz más 0,30 m si es caño-bóveda. El relleno bajo los costados del conducto debe colocarse y compactarse en ambos lados al mismo tiempo, en capas de 0,15 a 0,20 m de espesor.

Si el terreno de fundación es de mala calidad se debe colocar, por debajo de la base de asiento, una capa de grava o piedra partida de 0,20 m de espesor y un ancho igual a tres veces el diámetro del conducto, o de (1,5 R3) de espesor y un ancho igual a tres veces la luz si es caño-bóveda.

Cuando la fundación se realiza sobre roca debe excavar una caja para preparar una cama de arena suelta o de suelo ligeramente compactado de 0,20 m de espesor y un ancho igual al diámetro del conducto, o de 0,30 m de espesor y un ancho igual a la luz más 0,30 m si es caño-bóveda.

Para caños de diámetro mayor de 1,20 m se realiza un apuntalamiento provisorio de manera de incrementar en un 3% el diámetro en sentido vertical, el cual no se retira hasta que el terraplén sobre el conducto se haya asentado y consolidado (de 1 a 3 meses después de terminado). El apuntalamiento de madera puede reemplazarse por tensores horizontales que provoquen la misma deformación.

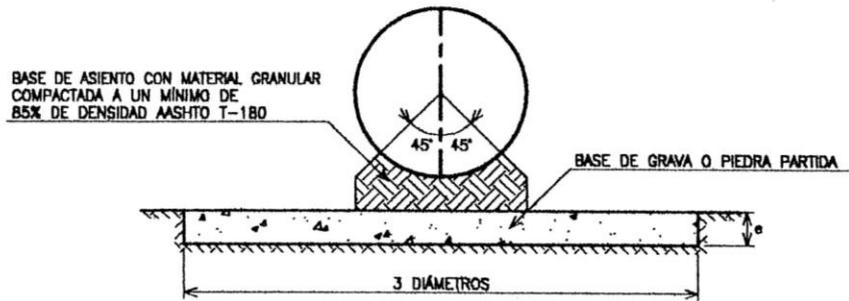
1 - FUNDACIÓN SOBRE TERRENO APTO



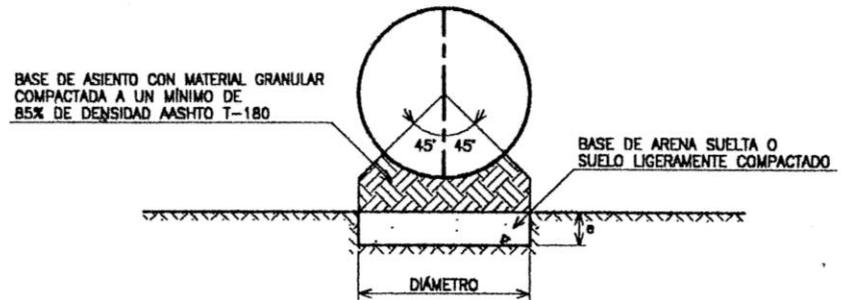
DIÁMETRO (m)	TAPADA MÍNIMA (m)
HASTA 2.40	0.30
MAYOR DE 2.40	1/8 DIÁMETRO

DIÁMETRO (m)	SEPARACIÓN MÍNIMA ENTRE CAÑOS S (m)
0.60 A 1.20	1/2 DIÁMETRO
MAYOR DE 1.20	0.60

2 - FUNDACIÓN SOBRE TERRENO INESTABLE



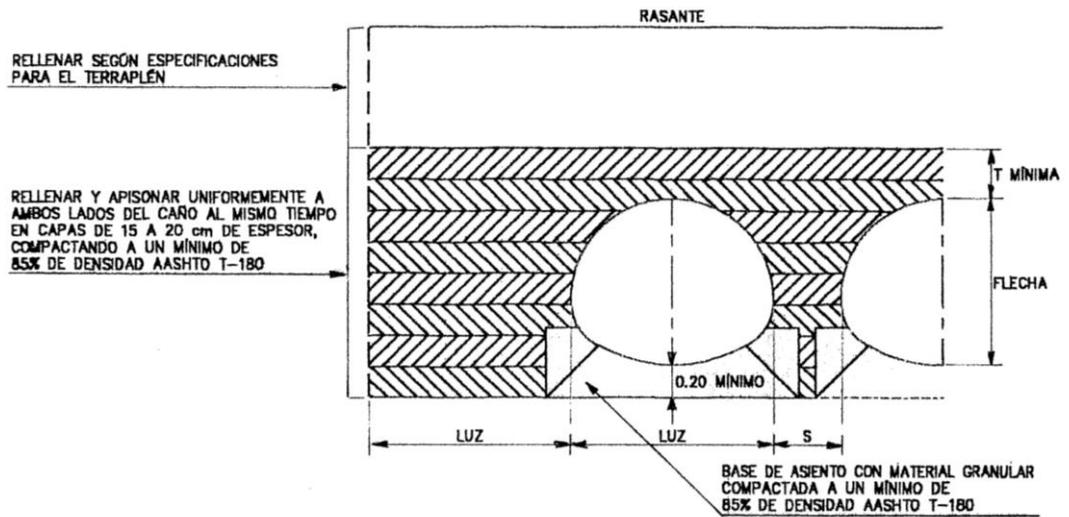
3 - FUNDACIÓN SOBRE TERRENO ROCOSO



DIÁMETRO (m)	ESPESOR BASE e (m)
HASTA 1.00	1/5 DIÁMETRO
1.00 A 6.50	0.20

Fundación de caños de chapa ondulada cincada

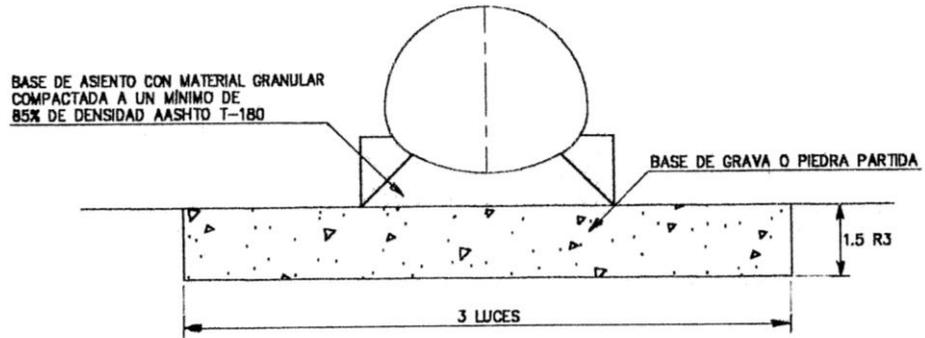
1 - FUNDACIÓN SOBRE TERRENO APTO



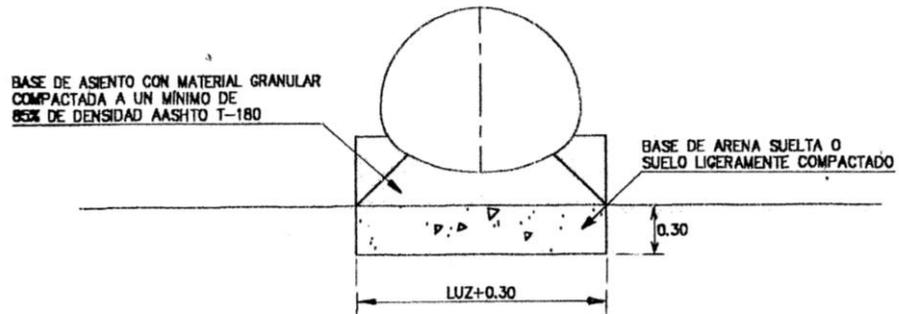
LUZ (m)	TAPADA MÍNIMA (m)
HASTA 2.40	0.30
MAYOR DE 2.40	1/8 LUZ

LUZ (m)	SEPARACIÓN MÍNIMA ENTRE CAÑOS S (m)
0.90 A 2.70	1/3 LUZ
MAYOR DE 2.70	0.90

2 - FUNDACIÓN SOBRE TERRENO INESTABLE



3 - FUNDACIÓN SOBRE TERRENO ROCOSO



Fundación de caños-bóveda de chapa ondulada cincada

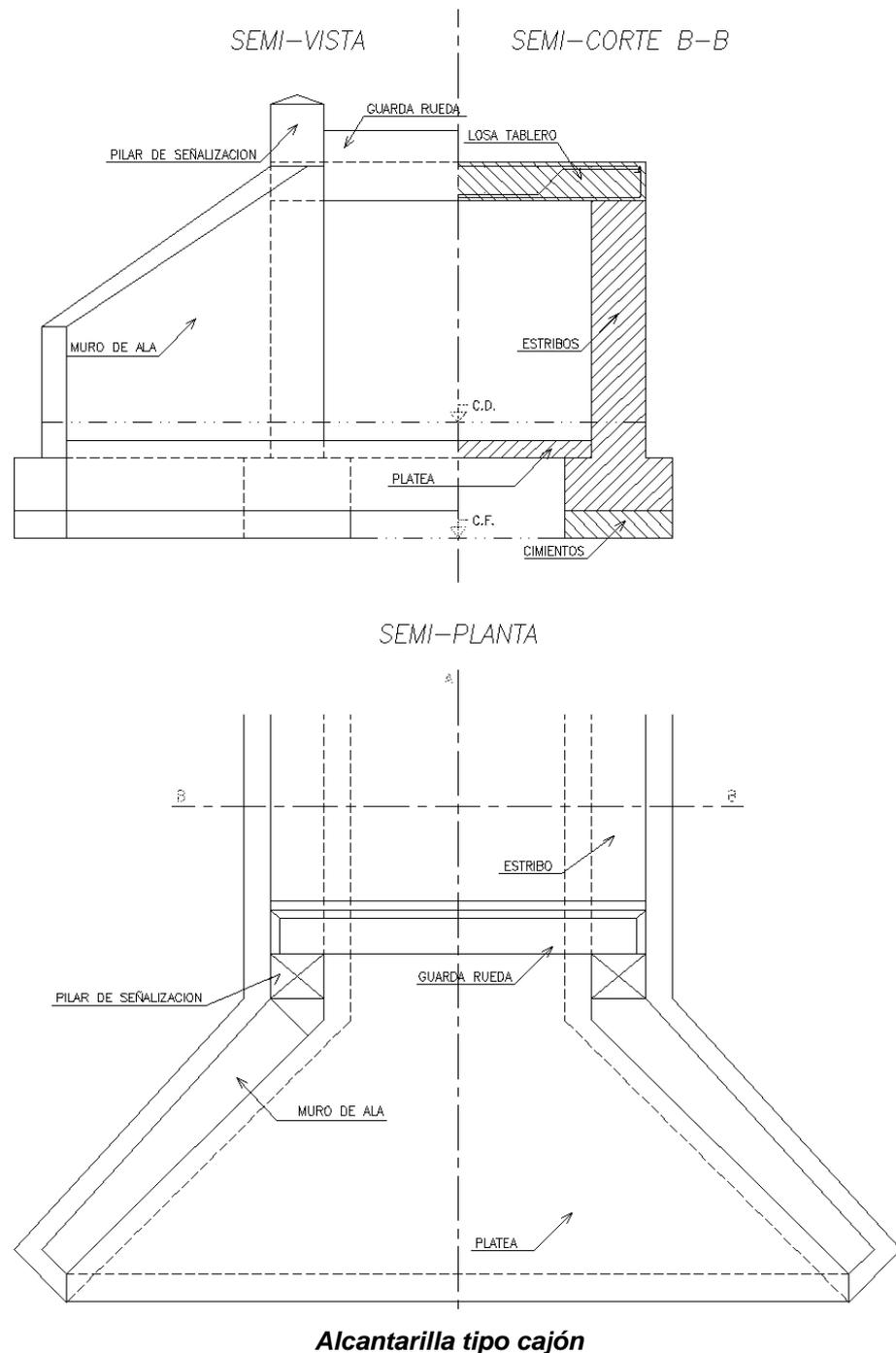
3.8. Alcantarillas tipo cajón

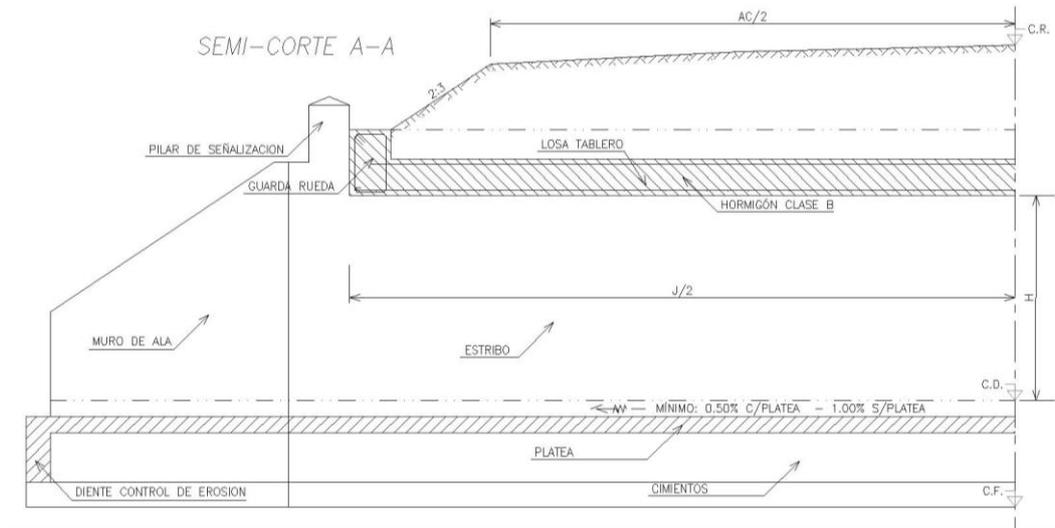
Se construyen en hormigón, el tablero en hormigón armado y los estribos en hormigón armado o simple, y en algunos casos en mampostería. En zonas madereras pueden construirse totalmente de madera.

Salvo casos excepcionales, siempre se construyen con muros de cabecera.

Cuando se prevén posibles erosiones del lecho del conducto y de las cabeceras debido a velocidades de escurrimiento elevadas, deben proyectarse con platea de fondo de hormigón simple.

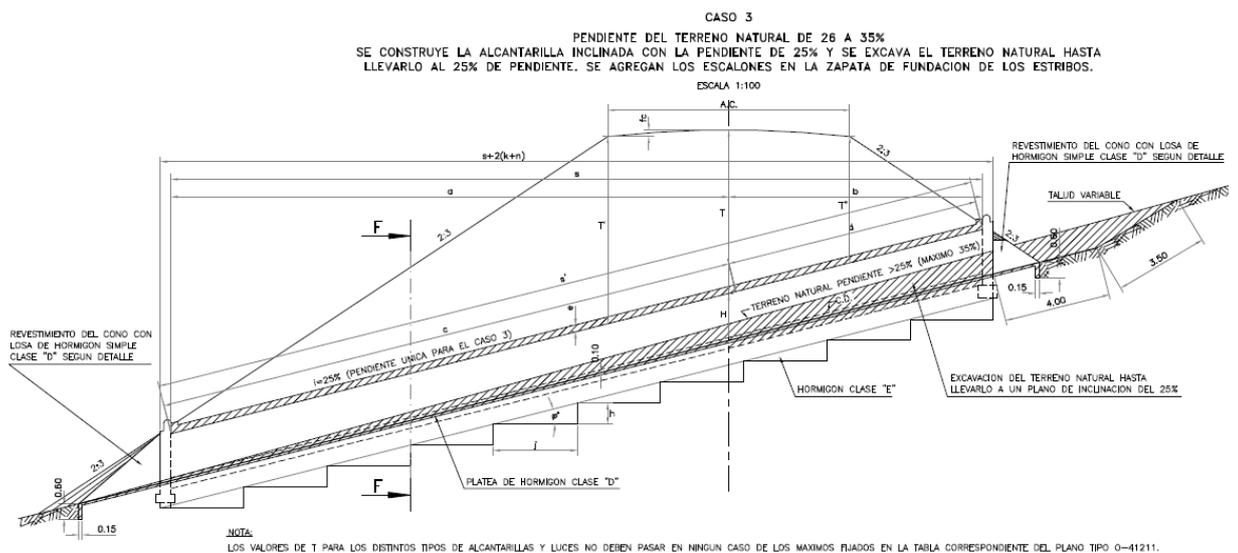
La pendiente longitudinal del conducto debe ser superior a 0,5% para las alcantarillas con platea y a 1,0% para las sin platea.





Alcantarilla tipo cajón con pendiente mínima

Cuando la pendiente longitudinal es superior a 15% se requiere una fundación especial escalonada. Si la pendiente transversal del terreno es superior a 25% es necesario mantener esta pendiente máxima en el conducto y proyectar, en la cuneta aguas arriba, obras complementarias de control de la erosión como ser saltos, rápidos o cunetas revestidas.

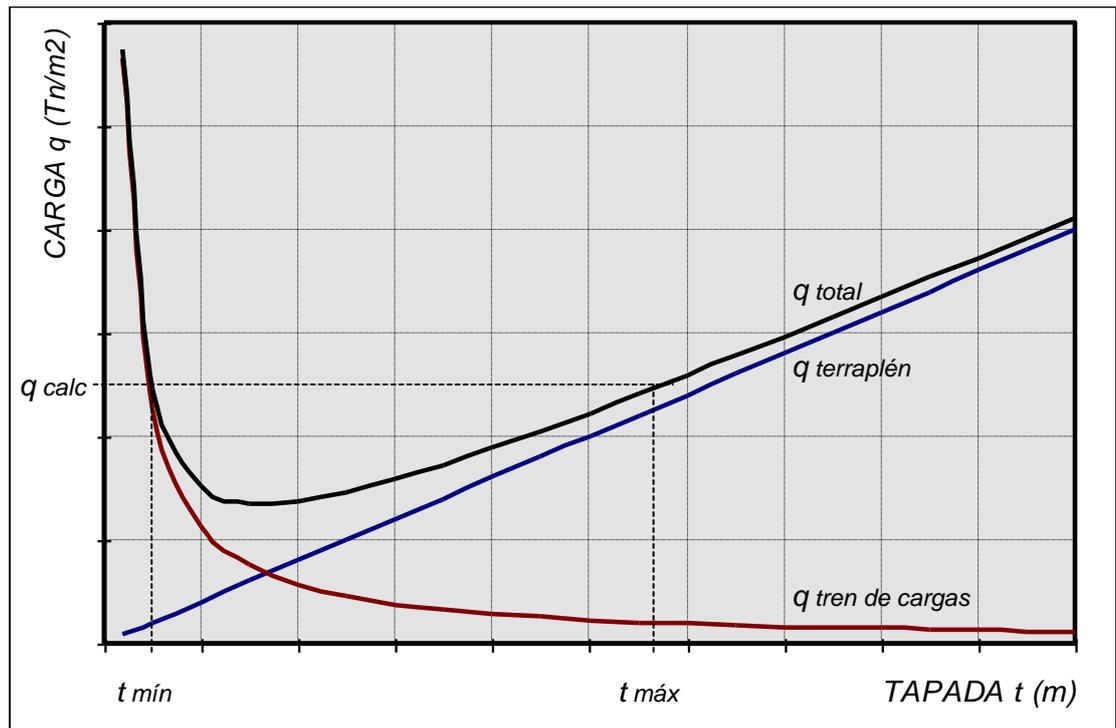


Alcantarilla tipo cajón con fundación escalonada

3.9. Tapadas mínimas y máxima sobre el conducto

Las dimensiones estructurales del conducto de la alcantarilla, cualquiera sea su tipo, deben diseñarse para soportar las solicitaciones debidas a las cargas correspondientes al peso propio del terraplén (estática) y a la transmitida por el tránsito (dinámica).

Estas cargas dependen de la altura del terraplén sobre el conducto (tapada), ya que la debida al peso propio del terraplén aumenta con su altura y la introducida por el tránsito disminuye con ésta disipándose. La carga total transmitida al conducto resulta ser la suma de las dos anteriores. Esta variación puede verse en la figura siguiente.



Cargas actuantes sobre la alcantarilla

Dada esta variación de la carga con la tapada y la necesidad de realizar el proyecto de estructuras en base a diseños tipo, es necesario adoptar una carga total de diseño, la cual estará en correspondencia con dos tapadas sobre el conducto, una mínima y otra máxima. Debido a esto en los planos tipo de cada modelo de alcantarilla se consignan los valores de tapada mínima y tapada máxima correspondientes.

Por lo tanto en un proyecto vial deberá verificarse para cada alcantarilla la tapada del terraplén sobre el conducto en el ancho del coronamiento, de tal forma que en el punto de menor tapada ésta sea mayor que la mínima, y en el punto de mayor tapada ésta sea menor que la máxima.

4. BIBLIOGRAFIA

- **OBRAS DE DESAGÜE EN CARRETERAS**
Guillermo A. Cornero – Cecilia Cornero – Colección Académica UNR Editora – 2010.
- **NORMAS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE CAMINOS RURALES**
Ing. Federico G.O. Rühle – Dirección Nacional de Vialidad – 1967.
Actualización y ampliación, 1980

INDICE

1. EVACUACIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES	2
1.1. Generalidades	2
1.2. Desagüe de la zona de camino	2
1.3. Diseño de zanjas colectoras y evacuadoras	3
1.4. Control de la erosión	4
2. DRENAJE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS	8
2.1. Generalidades	8
2.2. Dren tipo	9
3. ALCANTARILLAS	10
3.1. Introducción	10
3.2. Condiciones generales	10
3.3. Tipos de conducto	11
3.4. Tipos de extremos del conducto	12
3.4.1. Muros de cabecera	12
3.4.2. Extremos sin cabecera	13
3.5. Luces múltiples	13
3.6. Alcantarilla de caños de hormigón	14
3.7. Alcantarillas de caños de chapa ondulada cincada	16
3.8. Alcantarillas tipo cajón	19
3.9. Tapadas mínimas y máxima sobre el conducto	20
4. BIBLIOGRAFIA	22