

8. ESTRUCTURAS DE CONDUCCIÓN DEL AGUA

8.0 Introducción

Para la conducción del agua en una explotación piscícola se pueden utilizar diferentes tipos de estructura. El más común es el **canal abierto**, que será el primero que estudiaremos en detalle (Secciones 8.1 a 8.6). Luego nos ocuparemos también de otras estructuras habituales, en particular de las siguientes:

- **acueductos sencillos para la conducción del agua por encima del nivel del suelo** (Sección 8.8)
- **tuberías cortas para conducir el agua** por encima o por debajo de otra estructura, como un canal de agua o un camino de acceso (Sección 8.9);
- **sifones sencillos para hacer pasar el agua por encima de un obstáculo** por ejemplo el dique de un estanque (Sección 8.9).

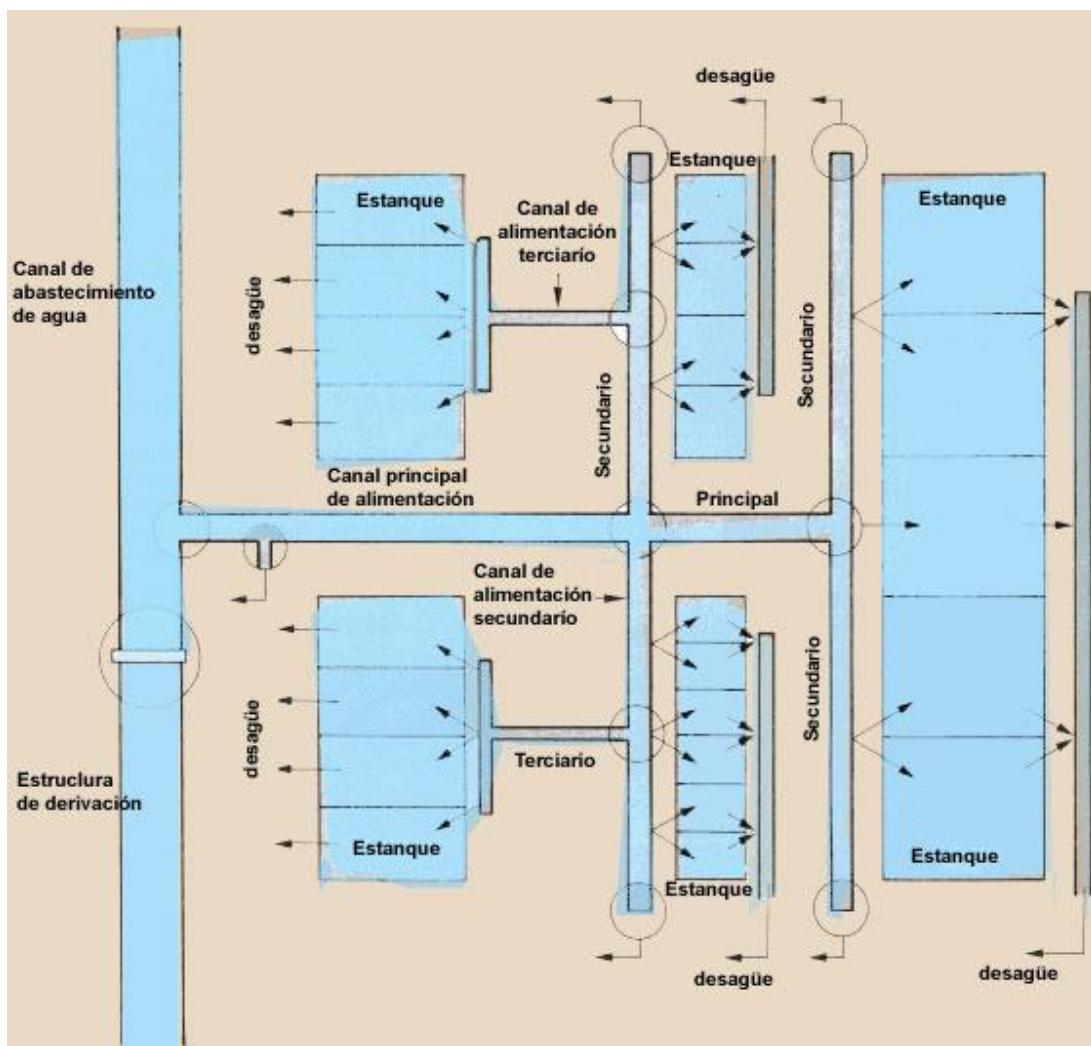
8.1 Tipos de canales abiertos

1. En las explotaciones piscícolas se utilizan diferentes sistemas de canales abiertos para la conducción del agua, generalmente por gravedad*, con cuatro objetivos principales:

- **canales de alimentación** para suministrar agua desde la toma de agua principal a los estanques piscícolas. En una gran explotación con varios mecanismos de repartición, suele haber un canal de alimentación principal que se divide en canales de alimentación secundarios e incluso terciarios;
- **canales de desagüe** para evacuar el agua de los estanques, por ejemplo hacia un valle;
- **canales de derivación** para desviar de los estanques de represa el agua excedente;
- **canales de protección** para alejar de los estanques piscícolas el agua de escorrentía.

2. En el presente capítulo, se estudiarán los canales de alimentación, desagüe y desviación. **Más adelante, nos ocuparemos de los canales de protección** (Sección 11.5).

Canales de agua abiertos para pequeñas explotaciones piscícolas



Nota: Véase Sección 8.7

8.2 Diseño de los canales

1. Todos los canales deberán diseñarse de manera que tengan la **necesaria capacidad de conducción de agua**. Los canales se diseñan utilizando fórmulas que establecen relaciones entre la capacidad de conducción y la forma, el gradiente efectivo o pérdida de carga, y la rugosidad de las paredes. La fórmula comúnmente utilizada en que se incluyen todos estos factores es la **ecuación de Manning**:

$$v = (1/n) (R^{2/3}) (S^{1/2})$$

donde

v = velocidad del agua en el canal;

n = coeficiente de rugosidad de las paredes del canal;

R = radio hidráulico del canal;

S = pendiente efectiva.

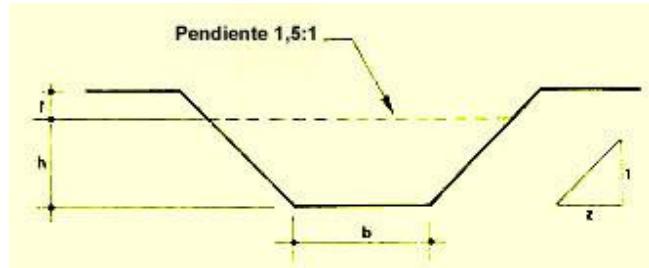
2. Más adelante se explican detalladamente estos términos. Primeramente, examinaremos algunos factores básicos de diseño.

Planificación de la forma del canal

3. Los canales pueden tener varias formas. En teoría, la forma más eficaz es el semicírculo, pero se trata de una forma poco práctica para los canales de tierra. Por ello, generalmente se utiliza únicamente en las conducciones elevadas* prefabricadas de hormigón o de plástico

4. Frecuentemente, los canales sin revestir de las explotaciones agrícolas tienen una sección trasversal trapezoidal determinada por:

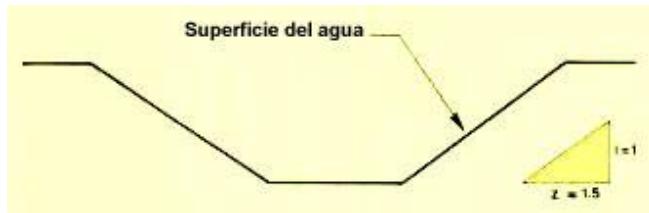
- la anchura (**b**) de su fondo horizontal;
- el coeficiente de pendiente (**z:1**) de sus paredes en ángulo;
- la altura máxima del agua (**h**);
- la sobre elevación* (**f**) para evitar los desbordamientos.



5. Cuando los canales están revestidos de ladrillos o de hormigón, pueden tener también forma rectangular (Sección 8.3).

Selección de la pendiente lateral de un canal trapezoidal

6. Como se indicó ya al hablar de los diques, la pendiente de las paredes de un canal trapezoidal se expresa normalmente a través de un coeficiente, por ejemplo 1,5:1. Este coeficiente representa el cambio de la distancia horizontal (en este caso 1,5 m) por metro de distancia vertical. La pendiente lateral se puede expresar también haciendo referencia al ángulo formado con la linea vertical, en grados y minutos.



7. La pendiente de los lados más indicada para un canal trapezoidal de tierra depende del tipo de suelo en que están excavadas las paredes (Cuadro 34). Cuanto más estable sea el material del suelo, más pronunciada podrá ser la pendiente lateral. Si el canal está revestido, la pendiente varía también según el tipo de revestimiento utilizado.

CUADRO 34
Pendientes laterales de canales trapezoidales en varios suelos

| Tipo de suelo o de material de revestimiento | Pendientes laterales con una inclinación no superior a | |
|--|---|---------|
| Arena ligera, arcilla húmeda | 3:1 | 18° 20' |
| Tierra suelta, limo, arena limosa, légamo arenoso | 2:1 | 26° 30' |
| Tierra normal, arcilla grasa, légamo, légamo de grava, légamo arcilloso, grava | 1.5:1 | 33° 40' |
| Tierra dura o arcilla | 1:1 | 45° |
| Capa dura, suelo aluvial, grava firme, tierra compacta dura | 0.5:1 | 63° 30' |
| Revestimiento de piedras, hormigón armado moldeado in situ, bloques de cemento | 1:1 | 45° |
| Membrana de plástico sumergida | 2.5:1 | 22° 30' |

Selección de la pendiente del fondo de un canal

8. La pendiente longitudinal del fondo de los canales de tierra se determina atendiendo a las condiciones topográficas:

- en las zonas muy llanas, la pendiente del fondo puede ser nula (canal horizontal) o al máximo presentar un valor mínimo de 0,05 por ciento, es decir de 5 cm por 100 m;

- **en las zonas más inclinadas**, la pendiente del fondo no debería pasar del 0,1-0,2 por ciento (entre 10 y 20 cm por 100 m) para evitar que el agua corra demasiado deprisa por el canal y lo desgaste.

9. El nivel del fondo se puede bajar siempre que sea necesario mediante la construcción de obras de cadera en el canal ([Sección 8.7](#)).

10. **En los canales revestidos**, por ejemplo los construidos con ladrillos u hormigón, la pendiente del fondo puede ser mayor, ya que es menor el riesgo de daños provocados por la erosión.

Determinación de la velocidad máxima del caudal en los canales

11. En los canales abiertos, la velocidad del agua varía de acuerdo con la profundidad y con la distancia de las paredes del canal. En las proximidades del fondo y de los márgenes, el agua corre con menor rapidez. Al diseñar los canales, lo que interesa normalmente es la velocidad media del agua en toda la sección trasversal del canal.

12. La **velocidad media máxima admisible** en un canal para evitar la erosión depende del tipo de suelo ([Sección 12.3, Soil, 6](#)) o del material de revestimiento. En el [cuadro 35](#) se indican las velocidades máximas admisibles en canales y conducciones elevadas* con diversos suelos y revestimientos.

CUADRO 35

Velocidades medias máximas admisibles del agua en canales y conducciones elevadas

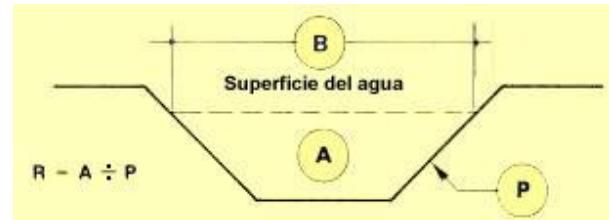
| Tipo de suelo o de revestimiento | Velocidad media máxima admisible (m/s) |
|--|---|
| CANALES SIN REVESTIR | |
| Arcilla blanda o muy menuda | 0.2 |
| Arena pura muy fina o muy ligera | 0.3 |
| Arena suelta muy ligera o fango | 0.4 |
| Arena gruesa o suelo arenoso ligero | 0.5 |
| Suelo arenoso medio y lágamo de buena calidad | 0.7 |
| Lágamo arenoso, grava pequeña | 0.8 |
| Lágamo medio o suelo aluvial | 0.9 |
| Lágamo firme, lágamo arcilloso | 1.0 |
| Grava firme o arcilla | 1.1 |
| Suelo arcilloso duro, suelo de grava común, o ardila y grava | 1.4 |
| Piedra machacada y ardila | 1.5 |
| Grava gruesa, guijarros, esquisto | 1.8 |
| Conglomerados, grava cementada, pizarra blanda | 2.0 |
| Roca blanda, capas de piedras, capa dura | 2.4 |
| Roca dura | 4.0 |
| CANALES REVESTIDOS | |
| Hormigón de cemento moldeado a pie de obra | 2.5 |
| Hormigón de cemento prefabricado | 2.0 |
| Piedras | 1.6-1.8 |

| | |
|--------------------------------|---------|
| Bloques de cemento | 1.6 |
| Ladrillos | 1.4-1.6 |
| Membrana de plástico sumergida | 0.6-0.9 |
| CONDUCCIONES ELEVADAS | |
| Hormigón o metal liso | 1.5-2.0 |
| Metal ondulado | 1.2-1.8 |
| Madera | 0.9-1.5 |

Cálculo de la forma geométrica del canal y de su radio hidráulico, R

13. Conociendo la anchura del fondo b (en m) del canal, la altura máxima del agua h (en m) y el coeficiente de la pendiente lateral ($z:1$), es fácil calcular las siguientes características del canal:

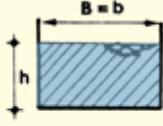
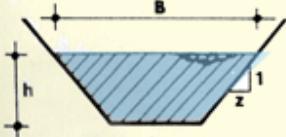
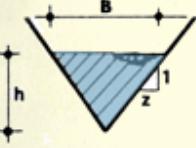
- **área de la sección trasversal mojada A** (en m^2)
- **perímetro mojado P** (en m), es decir, la longitud del perímetro de la sección trasversal que está realmente en contacto con el agua, sin incluir la anchura de la superficie del agua **B** ([Cuadro 36, columna 5](#));
- **el radio hidráulico R** (en m), es decir, el coeficiente entre el área de la sección trasversal mojada **A** y el perímetro mojado **P**. Se utiliza muchas veces para definir la forma del canal;
- **la anchura de la superficie del agua B** (en m), es decir, la distancia entre los extremos de la superficie trasversal del agua.



14. La geometría de la sección trasversal mojada de los canales aparece resumida en el [Cuadro 36](#) en relación con las tres formas más frecuentes: rectangular, trapezoidal y triangular.

Nota: Cuanto mayor es el valor de R, mayor es el cauce del canal.

CUADRO 36
Geometría de la sección trasversal de un canal bajo el nivel del agua

| Sección transversal del canal | Superficie de la sección transversal A (m ²) | Perímetro mojado P (m) | Radio hidráulico R = (2) ÷ (3) (m) | Anchura de la parte superior B (m) |
|---|--|------------------------|--|------------------------------------|
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) |
|  | bh | b + 2h | $\frac{bh}{b + 2h}$ | b |
|  | (b + zh) h | b + 2h | $\frac{(b + zh) h}{b + 2h} \sqrt{1+z^2}$ | b + 2zh |
|  | zh ² | 2h | $\frac{zh}{2 \sqrt{1+z^2}}$ | 2zh |

Abreviaturas:

b = anchura del fondo (en m)

h = altura máxima del agua en el centro del canal (en m)

z = pendiente lateral, cambio horizontal por cambio vertical unitario

Coeficiente de rugosidad de un canal

15. El **coeficiente de rugosidad (n)** expresa la resistencia a la corriente de agua creada por los lados y el fondo de un canal. Cuanto mayor es el valor de n, mayor es la rugosidad de las paredes del canal y mayor es la dificultad encontrada por el agua para deslizarse por el canal.

16. En el **Cuadro 37.** se resumen los valores del coeficiente de rugosidad en diversas condiciones. Se indica también, para su utilización en ulteriores cálculos, su valor recíproco ($1/n$).

CUADRO 37
Coeficiente de rugosidad (Manning) en canales abiertos y conducciones elevadas

| Condiciones del caudal de agua | n | 1/n |
|--|----------|------------|
| CANALES DE TIERRA SIN REVESTIR | | |
| Tierra limpia y uniforme; canales recién ultimados | 0.017 | 58.82 |
| Curvatura suave, en légamo o arcilla sólidos, con depósitos de fango, sin crecimiento de vegetación, en condiciones normales | 0.025 | 40.00 |
| Hierba corta, pocas malezas | 0.024 | 41.67 |
| Malezas densas en aguas profundas | 0.032 | 31.25 |
| Suelo accidentado con piedras | 0.035 | 28.57 |
| Mantenimiento escaso, malezas tupidas en toda la altura del caudal | 0.040 | 25.00 |
| Fondo limpio, arbustos en los taludes | 0.070 | 14.29 |
| CANALES REVESTIDOS | | |
| Ladrillos de mortero de cemento | 0.020 | 50.00 |
| Hormigón, piezas prefabricadas, sin terminar, paredes | 0.015 | 66.67 |

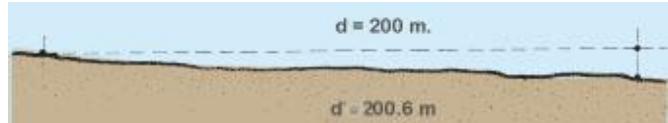
| | | |
|---|-------|-------|
| rugosas | | |
| Hormigón, acabado con paleta, paredes lisas | 0.013 | 76.92 |
| Ladrillos, paredes rugosas | 0.015 | 66.67 |
| Ladrillos, paredes bien construidas | 0.013 | 76.92 |
| Tablas, con crecimiento de algas/musgos | 0.015 | 66.67 |
| Tablas bastante derechas y sin vegetación | 0.013 | 76.92 |
| Tablas bien cepilladas y firmemente fijadas | 0.011 | 90.91 |
| Membrana de plástico sumergida | 0.027 | 37.04 |
| CONDUCCIONES ELEVADAS/CANALETAS/ACUEDUCTOS | | |
| Hormigón | 0.012 | 83.33 |
| Metal liso | 0.015 | 66.67 |
| Metal ondulado | 0.021 | 47.62 |
| Madera y bambú (lisos) | 0.014 | 71.43 |

Importancia de la pendiente o gradiente

17. En los casos sencillos, se puede suponer que el fondo del canal está inclinado en dirección aguas abajo. De hecho, el agua fluye en los canales siempre que el nivel del agua es más alto en la parte de aguas arriba que en la de aguas abajo. Si un canal tiene fondo horizontal, se puede tornar como gradiente la diferencia de altura entre la parte de aguas arriba y la de aguas abajo. La pendiente **S** del fondo del canal se expresa en forma de metros de altura por metro de longitud del canal, por ejemplo, **S = 0,01**, es decir, el 1 por ciento. **Cuanto mayor es el valor de S, mayor es el caudal.**

18. Téngase en cuenta que, para obtener una corriente constante y uniforme y reducir el riesgo de sedimentación, el canal deberá construirse de tal manera que la pendiente del fondo siga el gradiente general, es decir, que la altura del agua permanezca constante. Sin embargo, por su mayor facilidad de construcción, la base del canal se hace casi siempre horizontal.

**Cuando la pendiente es muy ligera
podrá medir la distancia (d)
horizontal o la distancia
(d') sobre el terreno, obteniendo
diferencias muy pequeñas en las mediciones**



Previsión de la capacidad hídrica de los canales de tierra

19. La ecuación de Manning se puede aplicar directamente (párrafo 25 de esta sección) o en varias formas simplificadas.

20. Si desea construir un canal trapezoidal estándar, con una anchura de fondo $b = 1\text{ m}$, una pendiente lateral $z:1 = 1,5:1$ y una pendiente longitudinal $S = 0,0001-0,0002$ (0,01-0,02 por ciento), se puede prever la capacidad aproximada Q (en m^3/s) de dicho canal, suponiendo que la velocidad media del agua sea $v = 0,3-0,5\text{ m/s}$, como sigue:

$$Q = \text{área de la sección trasversal mojada} \times v$$

Ejemplo

Si seleccionamos $v = 0,3\text{ m/s}$ por la rugosidad relativa de las paredes, la capacidad de conducción de agua de dicho canal se estima de la siguiente manera:

| Altura del agua h (m) | Sección trasversal mojada* A (m ²) | Capacidad de conducción de agua | |
|--------------------------|--|------------------------------------|------------------------|
| | | Q(m ³ /s)** | Q(m ³ /day) |
| 0.1 | 0.115 | 0.0345 | 2981 |
| 0.2 | 0.260 | 0.0780 | 6739 |
| 0.3 | 0.435 | 0.1305 | 11275 |
| 0.4 | 0.640 | 0.1920 | 16589 |
| 0.5 | 0.875 | 0.2625 | 22207 |

* A = (b+zh) h, siendo b = 1 m y z = 1,5; h de la columna 1

**Q = A x 0,3; para obtener litros por segundo (l/s), multiplíquese por 1000

21. Otro método sencillo es consultar una **tabla con estimaciones de la capacidad** de conducción de agua para diferentes dimensiones del canal, alturas del agua y pendientes longitudinales. En el **Cuadro 38** pueden verse estos datos en relación con un canal trapezoidal excavado en suelo normal, con una pendiente lateral de 1,5:1.

CUADRO 38
Capacidad de conducción de agua (l/s) de los canales trapezoidales de tierra
(pendiente lateral de 1,5:1; coeficiente de rugosidad de 0,20-0,25)

| Canal con pendiente longitudinal | Altura del agua (m) | Anchura del fondo del canal (m) | | | | | |
|-------------------------------------|------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.30 | 0.40 | 0.50 |
| 0.05 percent (S = 0.0005) | 0.05 | — | — | — | — | — | 1.40 |
| | 0.10 | — | — | — | — | 5.05 | 6.24 |
| | 0.12 | — | — | — | 5.21 | 7.47 | 9.07 |
| | 0.14 | 4.17 | 5.22 | 6.58 | 8.18 | 10.31 | 12.33 |
| | 0.16 | 5.85 | 7.03 | 8.33 | 10.84 | 13.59 | 16.14 |
| | 0.18 | 7.83 | 9.38 | 10.97 | 13.90 | 17.38 | 19.87 |
| | 0.20 | 10.20 | 11.53 | 13.94 | 17.11 | 21.81 | 25.65 |
| | 0.22 | 13.10 | 15.12 | 17.52 | 22.11 | 26.76 | 31.84 |
| | 0.24 | 16.15 | 19.74 | 21.93 | 28.20 | 32.10 | 38.12 |
| | 0.30 | 29.28 | 32.80 | 37.24 | 44.86 | 53.72 | 61.61 |
| 0.1 percent (S = 0.001) | 0.40 | 62.72 | 69.46 | 76.94 | 88.30 | 104.80 | 116.16 |
| | 0.50 | 116.14 | 124.19 | 134.65 | 152.25 | 175.12 | 192.00 |
| | 0.05 | — | — | — | — | 1.67 | 2.09 |
| | 0.10 | 2.60 | — | 4.23 | 5.7 | 7.10 | 8.80 |
| | 0.12 | 3.99 | 5.04 | 6.08 | 8.29 | 10.50 | 12.87 |
| | 0.14 | 5.91 | 7.23 | 8.44 | 11.50 | 14.52 | 17.13 |
| | 0.16 | 8.18 | 10.17 | 11.79 | 14.86 | 19.03 | 22.40 |
| | 0.18 | 11.27 | 13.10 | 15.56 | 19.97 | 24.36 | 28.48 |
| | 0.20 | 14.96 | 16.72 | 19.91 | 24.91 | 30.45 | 37.09 |
| | 0.22 | 18.05 | 21.09 | 25.05 | 31.93 | 37.80 | 45.65 |
| 0.2 percent (S = 0.002) | 0.24 | 23.56 | 26.62 | 30.96 | 40.02 | 46.50 | 55.06 |
| | 0.30 | 41.53 | 47.87 | 52.63 | 61.72 | 74.77 | 88.02 |
| | 0.40 | 91.60 | 98.75 | 109.92 | 126.14 | 147.68 | 163.68 |
| | 0.50 | 164.55 | 179.28 | 187.34 | 216.56 | 248.29 | 271.99 |
| | 0.05 | 0.60 | 0.98 | 1.16 | 1.79 | 2.37 | 2.94 |
| | 0.10 | 3.74 | 4.60 | 5.73 | 8.04 | 9.90 | 12.37 |
| | 0.12 | 5.78 | 7.11 | 8.64 | 11.72 | 14.52 | 18.28 |
| | 0.14 | 8.63 | 10.22 | 11.68 | 16.59 | 20.32 | 24.73 |
| | 0.16 | 11.75 | 14.15 | 16.67 | 21.55 | 27.18 | 33.03 |
| | 0.18 | 15.95 | 18.96 | 22.23 | 28.16 | 34.22 | 41.42 |

Previsión de la capacidad de conducción de agua de los canales revestidos

22. Si desea construir **un canal rectangular revestido de ladrillos, bloques u hormigón** (Sección 8.3), se puede estimar su capacidad de conducción de agua (en l/s) como sigue:

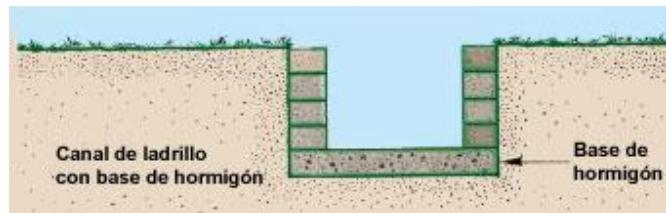
| Anchura del fondo (m) | Altura del agua (m) | Pendiente longitudinal (porcentaje) | | | |
|-----------------------|---------------------|-------------------------------------|---------|---------|---------|
| | | 0.02 | 0.05 | 0.10 | 0.15 |
| 0.30 | 0.30 | 20-30* | 30-40 | 40-60 | 40-70 |
| 0.50 | 0.40 | 40-70 | 70-120 | 100-160 | 120-200 |
| 0.80 | 0.60 | 140-240 | 230-370 | 320-530 | 400-650 |

* Considérese el primer número en los canales con paredes rugosas y el segundo en los canales con paredes lisas.

Ejemplos de canales rectangulares revestidos



Canal hecho enteramente con ladrillos



Canal de ladrillo con base de hormigón

Base de hormigón

Utilización de gráficos para diseñar un canal

23. Es fácil utilizar gráficos para diseñar un canal. Por ejemplo, véanse los siguientes:

- **Gráfico 7**, donde puede verse la capacidad de conducción de agua de los canales de tierra trapezoidales con paredes lisas, pendiente lateral de 1:1 y pendiente del fondo $S = 0,1$ por ciento;
- **Gráfico 8**, donde se indica la capacidad de conducción de agua de canales semejantes con paredes **rugosas**.

24. Los gráficos se pueden utilizar, de dos maneras:

(a) **Especificando las características del canal** que se desea construir y determinando, a partir del gráfico, su capacidad de conducción de agua.

Ejemplo

El canal tiene las siguientes características:

- anchura del fondo = 1,20 m
- altura del agua = 0,40 m
- pendiente lateral = 1:1
- pendiente del fondo = 0,1 por ciento
- n = 0,020 (suelo normal)

Mediante el Gráfico 7, se puede determinar el punto A. Corresponde a una capacidad de conducción $Q = 620 \text{ m}^3 / \text{h}$.

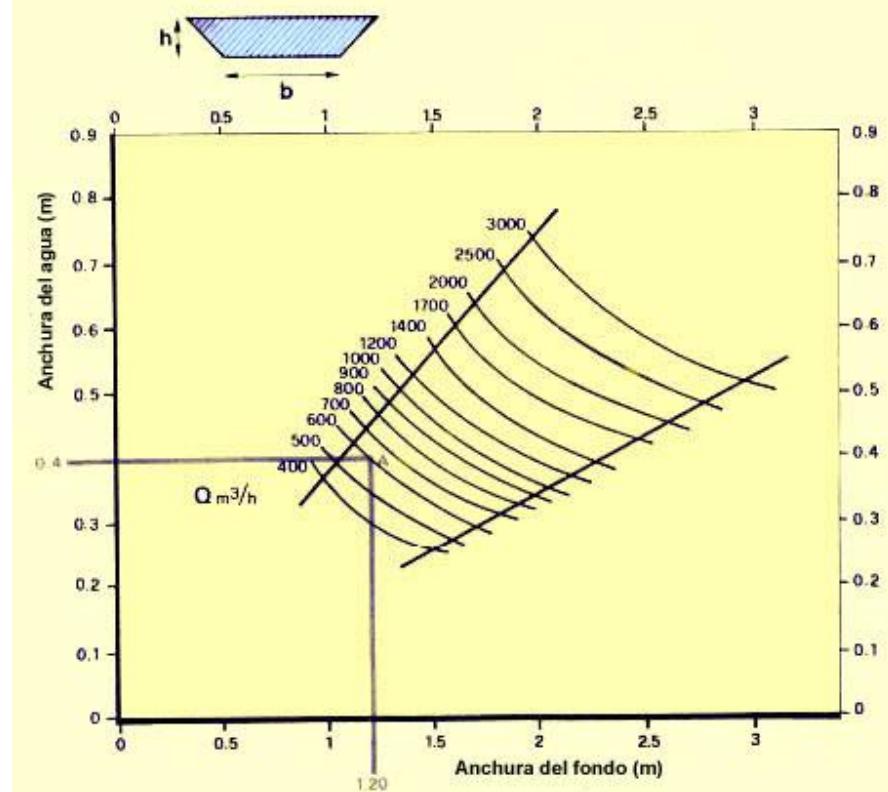
(b) **Determinando primero la capacidad de conducción del canal** y luego, con ayuda del gráfico, determinando las características más adecuadas..

Ejemplo

Si el canal debe tener una capacidad de conducción de $Q = 425 \text{ m}^3/\text{h}$, excavarse en un suelo pedregoso ($n = 0,035$) con pendiente lateral de 1:1 y tener una pendiente $S = 0,1$ por ciento, utilice el Gráfico 8. Siguiendo la linea $Q = 400 \text{ m}^3/\text{h}$, elija un valor de fondo relativamente ancho (por ejemplo, 1,50 m) y determine el punto A en $Q = 425 \text{ m}^3/\text{h}$. A partir de este punto, determine la altura del agua = 0,30 m en la escala izquierda.

GRAFICO 7

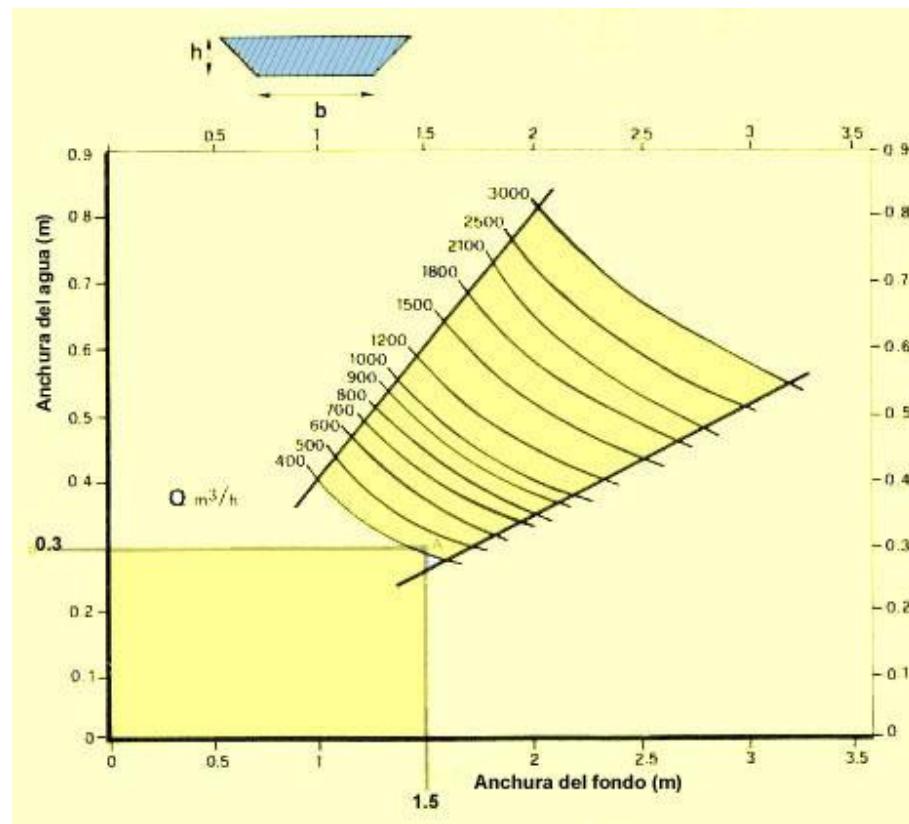
**Capacidad de conducción de agua de los canales trapezoidales de tierra con paredes lisas
(pendiente lateral 1:1; coeficiente de rugosidad $n = 0,020$; pendiente $S = 0,1$ por ciento)**



Recuerde: $Q \text{ m}^3/\text{h} = 86.4 Q \text{ l/s}$

GRAFICO 8

**Capacidad de conducción de agua de los canales trapezoidales de tierra con paredes rugosas
(pendiente lateral 1:1; coeficiente de rugosidad $n = 0,035$; pendiente $S = 0,1$ por ciento)**



$$\text{Recuerde: } Q \text{ m}^3/\text{h} = 86.4 Q \text{ l/s}$$

Utilización de la ecuación de Manning para calcular la capacidad de un canal

25. Es relativamente fácil calcular directamente la capacidad de conducción (en m^3/s) de un canal abierto con un caudal uniforme y constante, **utilizando la ecuación de Manning**:

$$Q = A (1 \diamond n) R^{2/3} S^{1/2}$$

donde, como ya se ha indicado anteriormente,

A = área de la sección trasversal mojada en m^2 ([Cuadro 36](#));

R = radio hidráulico, en m ([Cuadro 36](#));

S = pendiente longitudinal del fondo del canal;

n = coeficiente de rugosidad ([Cuadro 37](#)).

26. Como ayuda en los cálculos, puede utilizar también los siguientes cuadros:

- [Cuadro 37](#), que da algunos valores de $(1 \diamond n)$;
- [Cuadro 39](#), que da $\diamond 1+z^2$, para valores comunes de z ;
- [Cuadro 40](#), que da los valores de la potencia $1/2$ ($S^{1/2}$);
- [Cuadro 41](#), que da los valores de la potencia $2/3$ ($R^{2/3}$).

Ejemplo

Un canal trapezoidal tiene las siguientes características:

- anchura del fondo $b = 0,50 \text{ m}$
- altura del agua $h = 0,40 \text{ m}$

- $n = 0.030$
- $S = 0.003$
- pendiente lateral $z:1 = 1.5:1$

Determinar su capacidad de conducción en la forma siguiente:

- $A = (b + zh) h = [0.50 \text{ m} + (1.5 \times 0.40 \text{ m})] \times 0.40 \text{ m} = 0.44 \text{ m}^2$
- $(1 \diamond n) = 1 \diamond 0.030 = 33.33$
- $R = A \diamond b + 2h (\diamond 1 + z^2) = 0.44 \text{ m}^2 \diamond [0.50 \text{ m} + (2 \times 0.40 \text{ m}) (1.80)] = 0.44 \text{ m}^2 \diamond 1.94 \text{ m} = 0.227 \text{ m}$ (Table 39)
- $R^{2/3} = (0.227 \text{ m})^{2/3} = 0.372 \text{ m}$ (Table 41)
- $S^{1/2} = (0.003)^{1/2} = 0.055$ (Table 40)
- $Q = (0.44 \text{ m}^2) (33.33) (0.372 \text{ m}) (0.055) = 0.300 \text{ m}^3/\text{s} = 300 \text{ l/s}$

Cálculo y comprobación de la velocidad media del agua en el canal

27. Son varias las formas existentes para calcular la velocidad media del agua en un canal abierto. Por ejemplo, se puede utilizar uno de estos tres sencillos métodos:

(a) Sabiendo el caudal (m^3/s) de un canal con una determinada superficie de la sección trasversal mojada A (m^2), determine la velocidad media del agua v (en m/s) como sigue: $v = Q \diamond A$

Ejemplo

Si en dicho canal $Q = 0.300 \text{ m}^3/\text{s}$ y $A = 0.44 \text{ m}^2$, entonces $v = 0.300 \text{ m}^3/\text{s} \diamond 0.44 \text{ m}^2 = 0.68 \text{ m/s}$

(b) La velocidad media del agua v (en m/s) se puede calcular también directamente utilizando la fórmula de Manning junto con los Cuadros Cuadros 37, 40 y 41:

$$v = (1 \diamond n) R^{2/3} S^{1/2}$$

Ejemplo

Si en dicho canal, $n = 0.030$, $R = 0.227 \text{ m}$ y $S = 0.003$, entonces $v = (33.33) (0.372 \text{ m}) (0.055) = 0.68 \text{ m/s}$

CUADRO 39
Valores comunes de $\diamond 1 + z^2$

| z | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 |
|------------------|------|------|------|------|------|
| $\diamond 1+z^2$ | 1.41 | 1.80 | 2.24 | 2.69 | 3.16 |

Recuerde: z deriva del coeficiente de la pendiente lateral expresado como $z:1$

CUADRO 40
Valores comunes de $S^{1/2} = \diamond s$

| s | $s^{1/2}$ | s | $s^{1/2}$ | s | $s^{1/2}$ | s | $s^{1/2}$ |
|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
| 0.0001 | 0.0100 | 0.0010 | 0.0316 | 0.0020 | 0.0447 | 0.0030 | 0.0548 |
| 0.0002 | 0.0141 | 0.0011 | 0.0332 | 0.0021 | 0.0458 | 0.0032 | 0.0566 |
| 0.0003 | 0.0173 | 0.0012 | 0.0346 | 0.0022 | 0.0469 | 0.0034 | 0.0583 |
| 0.0004 | 0.0200 | 0.0013 | 0.0361 | 0.0023 | 0.0480 | 0.0036 | 0.0600 |
| 0.0005 | 0.0224 | 0.0014 | 0.0374 | 0.0024 | 0.0490 | 0.0038 | 0.0616 |
| 0.0006 | 0.0245 | 0.0015 | 0.0387 | 0.0025 | 0.0500 | 0.0040 | 0.0632 |

| | | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0.0007 | 0.0265 | 0.0016 | 0.0400 | 0.0026 | 0.0510 | 0.0042 | 0.0648 |
| 0.0008 | 0.0283 | 0.0017 | 0.0412 | 0.0027 | 0.0520 | 0.0044 | 0.0663 |
| 0.0009 | 0.0300 | 0.0018 | 0.0424 | 0.0028 | 0.0529 | 0.0046 | 0.0678 |
| | | 0.0019 | 0.0436 | 0.0029 | 0.0539 | 0.0048 | 0.0693 |
| | | | | | | 0.0050 | 0.0707 |

Recuerde: S = pendiente del fondo expresada en unidades de caída vertical (m) por unidad de distancia horizonte (m)

CUADRO 41
Valores comunes de $R^{2/3}$
 R = radio hidráulico (en m)*

| R | Segundo decimal | | | | | | | | | |
|-------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 0.0 | 0.000 | 0.046 | 0.074 | 0.097 | 0.117 | 0.136 | 0.153 | 0.170 | 0.186 | 0.201 |
| 0.1 | 0.215 | 0.220 | 0.243 | 0.256 | 0.269 | 0.282 | 0.295 | 0.307 | 0.319 | 0.331 |
| 0.2 → | 0.342 | 0.353 | 0.364 | 0.375 | 0.386 | 0.397 | 0.407 | 0.418 | 0.428 | 0.438 |
| 0.3 | 0.448 | 0.458 | 0.468 | 0.477 | 0.487 | 0.497 | 0.506 | 0.515 | 0.525 | 0.534 |
| 0.4 | 0.543 | 0.552 | 0.561 | 0.570 | 0.578 | 0.587 | 0.596 | 0.604 | 0.613 | 0.622 |
| 0.5 | 0.630 | 0.638 | 0.647 | 0.655 | 0.663 | 0.671 | 0.679 | 0.687 | 0.695 | 0.703 |
| 0.6 | 0.711 | 0.719 | 0.727 | 0.735 | 0.743 | 0.750 | 0.758 | 0.765 | 0.773 | 0.781 |
| 0.7 | 0.788 | 0.796 | 0.803 | 0.811 | 0.818 | 0.825 | 0.832 | 0.840 | 0.847 | 0.855 |
| 0.8 | 0.862 | 0.869 | 0.876 | 0.883 | 0.890 | 0.897 | 0.904 | 0.911 | 0.918 | 0.929 |
| 0.9 | 0.932 | 0.939 | 0.946 | 0.953 | 0.960 | 0.966 | 0.973 | 0.980 | 0.987 | 0.993 |

* Véase [Cuadro 36](#)

Como utilizar este cuadro: si $R = 0.227$ m, determine $R^{2/3}$:

- en la primera columna, localice el valor de R hasta la primera cifra decimal (0.2)
- siga esta línea hacia derecha hasta la segunda cifra decimal (2)
- añote el número = 0,364, que sería la respuesta si $R = 0.220$ m
- siga la línea hasta la columna siguiente a la derecha (3)
- anote el número = 0,375, que sería la respuesta si $R = 0.230$ m
- como $R = 0.227$ m es un valor intermedio entre los dos valores anteriores, hay que interpolar los datos
- calcule la diferencia entre los dos números anteriores: $0.375 - 0.364 = 0.011$
- divida esta diferencia por 10 : $0.011 \div 10 = 0.0011$
- multiplique el resultado por el tercer decimal del valor de 0.227 m: $0.0011 \times 7 = 0.0077$
- sume este resultado al valor más pequeño del cuadro anterior: $0.364 + 0.0077 = 0.3717 = 0.372$
- $R^{2/3} = (0.227 \text{ m})^{2/3} = 0.372 \text{ m}$

(c) Se puede utilizar un método gráfico para determinar la velocidad media del agua v (en m/s) mediante la fórmula

$$v = C \diamond RS$$

donde:

- C se obtiene del **Gráfico 9** en función del coeficiente de rugosidad ($1 \diamond n$, **Cuadro 37**) en función del coeficiente de rugosidad **R** (**Cuadro 36**);
- $\diamond RS$ se obtiene del **Gráfico 10** en función de **R**, **el radio hidráulico** y **S**, la pendiente longitudinal del fondo del canal.

Ejemplo

Con los mismos datos del ejemplo anterior:

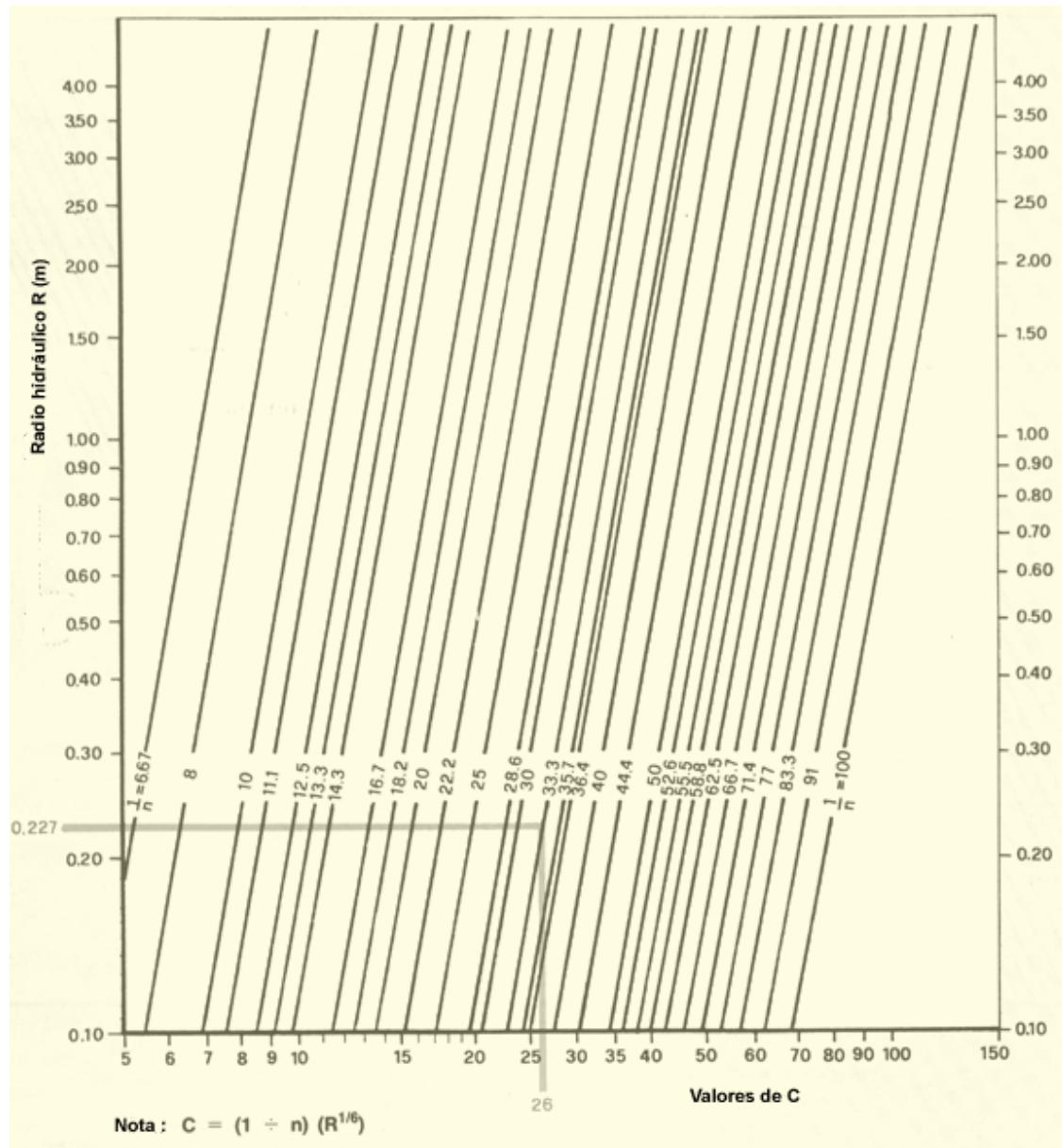
- a partir del **Gráfico 9**, con **R** = 0.227 m y $(1 \diamond n) = 33.33$, **C** = 26
- a partir del **Gráfico 10**, for **R** = 0.227 m y **S** = 0.003, $\diamond RS$ = 0.0262
- $v = C \diamond RS = 26 \times 0.0262 = 0.6812 = 0.68 \text{ m/s}$

28. Una vez conocida la velocidad media del agua **v** (en m/s), se puede comparar su valor con la velocidad media máxima admisible en el canal correspondiente (**Cuadro 35**). La velocidad **v** prevista en el diseño deberá ser menor que el valor admisible máximo, para evitar la erosión del canal.

Ejemplo

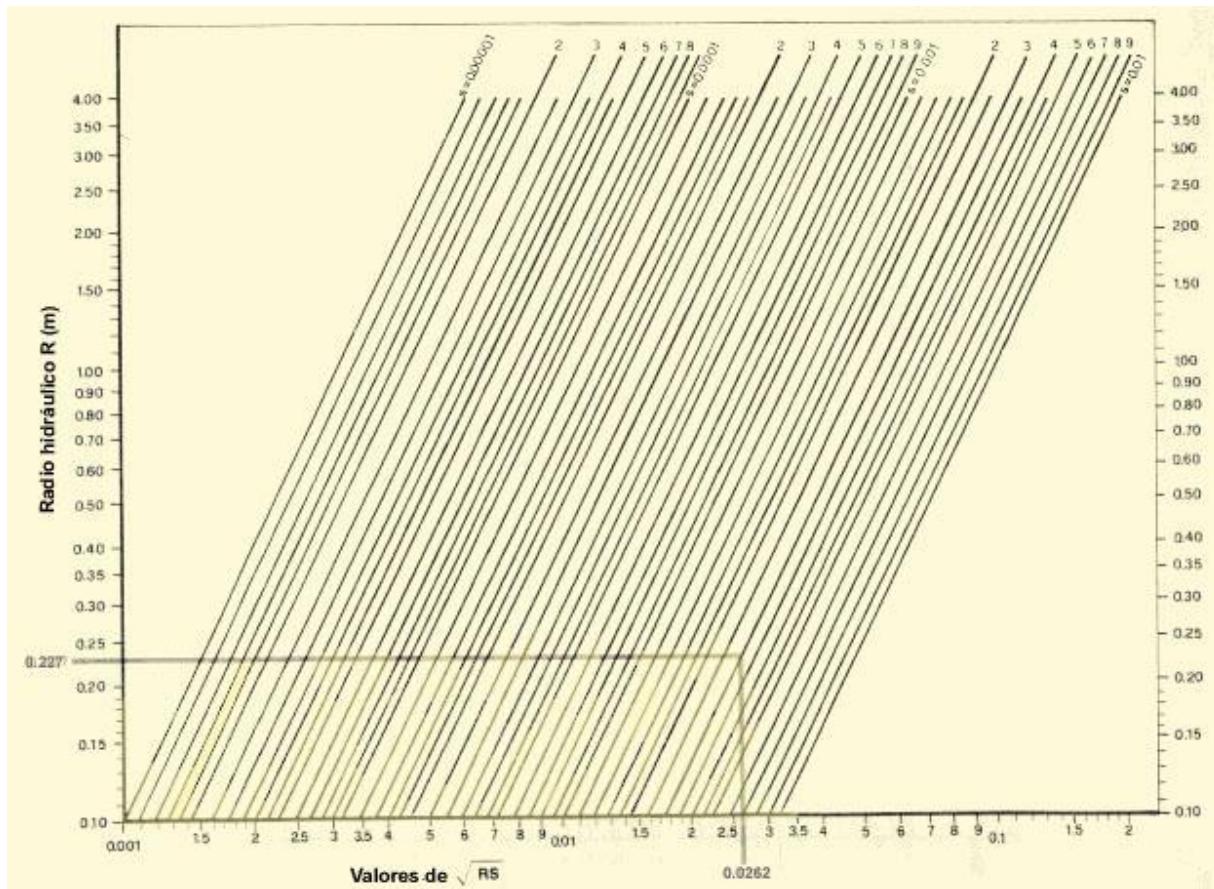
Si el canal se excava en lémago arenoso, la velocidad media máxima admisible es de 0,8 m/s, y el valor establecido en el diseño **v** = 0,68 m/s resulta aceptable.

GRAFICO 9
Valores del coeficiente C



Nota: $C = (1 \div n) (R^{1/6})$

GRAFICO 10
Valores del coeficiente $\frac{C}{RS}$



Determinación de las dimensiones características del canal trapezoidal óptimo

29. Cuando se conoce (una vez planificada la primera explotación piscícola, por ejemplo), la capacidad de conducción de agua Q (en m/s) de un canal trapezoidal de tierra, es fácil determinar las dimensiones características del canal más idóneo. Actúe como sigue:

- Según la calidad del suelo, determine la velocidad media máxima admisible v_{\max} (m/s) a partir del [Cuadro 35](#) y la pendiente lateral del canal ($z:1$) a partir del [Cuadro 34](#).
- Determine el coeficiente de rugosidad n a partir del [Cuadro 37](#).
- Calcule el área de la sección **trasversal mojada más indicada** (en m^2) como sigue: $A = Q \diamond v_{\max}$.
- Obtenga la raíz cuadrada de A , \sqrt{A} .
- A partir del [Cuadro 42](#), calcule las dimensiones características del canal óptimo multiplicando esta raíz cuadrada por los números indicados en la linea correspondiente a la pendiente lateral seleccionada $z:1$.

Ejemplo

Para diseñar un canal trapezoidal excavado en lègamo duro con una capacidad de conducción de agua de $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$, haga lo siguiente:

- Según Cuadro 35, velocidad media máxima admisible $v_{\max} = 1 \text{ m/s}$.
- Según Cuadro 34, supongamos una pendiente lateral de $1.5:1$.
- Según Cuadro 37, supongamos $n = 0.025$.
- Calcular $A = 1.5 \text{ m}^3/\text{s} \diamond 1 \text{ m/s} = 1.5 \text{ m}^2$.
- Calcular $\sqrt{A} = \sqrt{1.5 \text{ m}^2} = 1.225 \text{ m}$.
- A partir de la pendiente lateral de $1.5:1$ (Cuadro 42), calcular las características del canal:

- altura del agua $h = 0.689 \diamond A = 0.689 \times 1.225 \text{ m} = 0.84 \text{ m}$
- anchura del fondo $b = 0.417 \diamond A = 0.417 \times 1.225 \text{ m} = 0.51 \text{ m}$

- anchura de la superficie del agua $B = 2.483 \diamond A = 2.483 \times 1.225 \text{ m} = 3.04 \text{ m}$
- perímetro mojado $P = 2.905 \diamond A = 2.905 \times 1.225 \text{ m} = 3.559 \text{ m}$
- radio hidráulico $R = 0.344 \diamond A = 0.344 \times 1.225 \text{ m} = 0.421 \text{ m}$

CUADRO 42

**Factores para la determinación de las dimensiones características
del canal trapezoidal más indicado
(Para obtener la dimensión multiplique $\diamond A$ por el factor dado)**

| <i>Pendiente del canal</i> | <i>Dimensiones características</i> | | | | |
|----------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | <i>h</i> | <i>b</i> | <i>B</i> | <i>P</i> | <i>R</i> |
| 1:1 | 0.739 | 0.612 | 2.092 | 2.705 | 0370 |
| 1.5:1 | 0.689 | 0.417 | 2.483 | 2.905 | 0.344 |
| 2:1 | 0.636 | 0.300 | 2.844 | 3.145 | 0.318 |
| 2.5:1 | 0.589 | 0.227 | 3.169 | 3.395 | 0.295 |
| 3:1 | 0.549 | 0.174 | 3.502 | 3.645 | 0.275 |

donde

h = altura del agua (m)

b = anchura del fondo (m)

B = anchurade la mása de agua (m)

P = perímetro mojado (m)

R = radio hidráulico (m)

A = superficie de la sección trasversal (m^2)

Determinación de la pendiente del fondo del canal

30. En un determinado canal, la pendiente longitudinal S se puede calcular mediante la fórmula

$$S = (nv \diamond R^{2/3})^2$$

donde

n es el coeficiente de rugosidad ([Cuadro 37](#));

v es la velocidad media del agua, en m/s;

R es el radio hidráulico, en m ([Cuadro 41](#)).

Ejemplo

En el canal antes mencionado

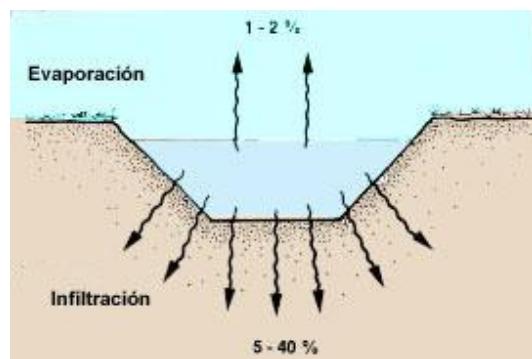
$$S = [(0.025) (1 \text{ m/s}) \diamond (0.421^{2/3})]^2$$

$$S = [0.025 \diamond 0.562]^2$$

$$S = 0.002 = 0.2 \text{ percent}$$

Pérdidas de agua de un canal de tierra

31. Las pérdidas de agua en los canales de tierra son consecuencia de la evaporación (1 a 2 por ciento) and infiltración (5 a 40 por ciento). Las pérdidas por infiltración, con mucho las más importantes, varian según el tipo de suelo en que se ha excavado el canal:



Perdidas de agua según el tipo de suelo

| <u>Tipo de suelo*</u> | <i>Promedio de las perdidas diárias de agua po m² de perímetro mojado</i> | |
|--------------------------------------|--|---------|
| | (m ³ /día) | (l/día) |
| Arcilla impermeable | 0.09 | 90 |
| Légamo arcilloso | 0.18 | 180 |
| Arcilla arenosa o conglomerados | 0.25 | 250 |
| Légamo o légamo arcilloso de arena | 0.40 | 400 |
| Légamo arenoso | 0.50 | 500 |
| Tierra y grava o material de aluvión | 0.70 | 700 |
| Gravina y material poroso | 1.00 | 1000 |
| Gravas muy porosas | 1.80 | 1800 |

Ejemplo

Un canal de tierra excavado en un fango arenoso tiene un perímetro mojado $P = 3.559 \text{ m}$. Su longitud total es de 78 m, la superficie de suelo mojada es de $3.559 \text{ m} \times 78 \text{ m} = 277.6 \text{ m}^2$. El total de las pérdidas por infiltración será, por término medio, de $277.6 \times 0.50 \text{ m}^3/\text{día} = 138.8 \text{ m}^3/\text{día}$.

32. Al diseñar los canales de alimentación, conviene prever un **promedio de pérdidas de agua** del 10 al 20 por ciento, según el tipo de suelo.

33. Si el canal es muy largo, se puede calcular, en forma aproximativa, que por cada kilómetro de canal se perderá un **10 por ciento del agua**.

Ejemplo

Si en la toma de agua principal hay 100 l/s de agua, 1 km más adelante quedarán sólo 90 l/s, y después de 2 km sólo habrá 81 l/s.

Determinación de la sobreelevación* del canal

34. Hasta ahora hemos aprendido muchas cosas sobre la sección trasversal mojada de los canales. Pero, como se ha indicado ya brevemente al comienzo, para evitar desbordamientos los lados del canal deberán ser algo más altos de lo necesario para un determinado caudal. Esta altura adicional de las paredes, por encima del nivel normal del agua, **se llama sobreelevación**.

35. La sobreelevación varía según el tipo de canal:

- **en los canales de tierra**, escala entre 20 y 50 cm;

- **en los canales revestidos**, se sitúa entre 10 y 20 cm.

36. En las próximas secciones encontrará explicaciones más detalladas relativas a la sobreelevación.



Curvas en los canales

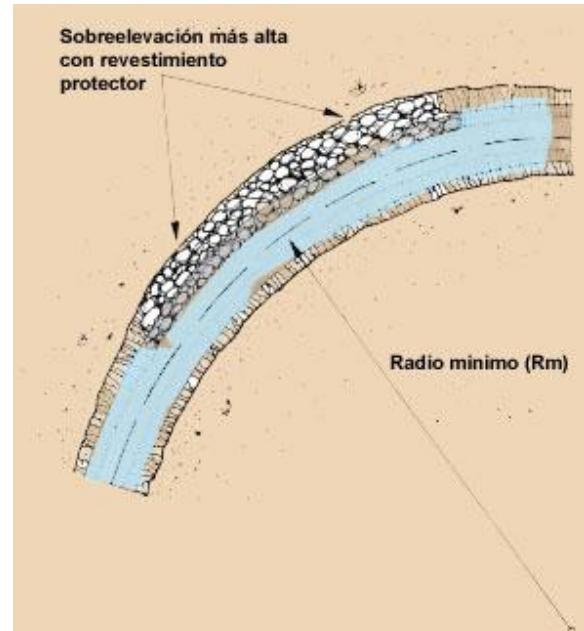
37. En algunos lugares, es posible que tenga que dar al canal una forma curva, por ejemplo para evitar un accidente del terreno o para aprovechar las condiciones topográficas. En el [Cuadro 43](#) pueden verse el radio mínimo (R_m) de la curva admisible. Por norma general:

- en suelos firmes, $R_m = 20 \times$ anchura de lecho en m;
- en suelos sueltos, $R_m = 30$ a 50 x por anchura del lecho en m.

38. En caso necesario, haga la sobreelevación más alta en la parte exterior de la curva, y revístala para evitar la erosión. En las curvas más cerradas, es mejor utilizar [cuencos amortiguadores](#) ([Sección 11.7](#)) o [comarcas de conexión](#) ([Sección 8.7](#)).

CUADRO 43
Curvas admisibles en los canales

| Capacidad del canal (m^3/s) | Radio mínimo (R_m) | |
|---------------------------------|------------------------|-----------------|
| | Canal sin revestir | Canal revestido |
| < 0.3 | 100 m | 40 m |
| 0.3-3 | 150 m | 60 m |
| 3-15 | 300 m | 100 m |



Otros puntos de interés

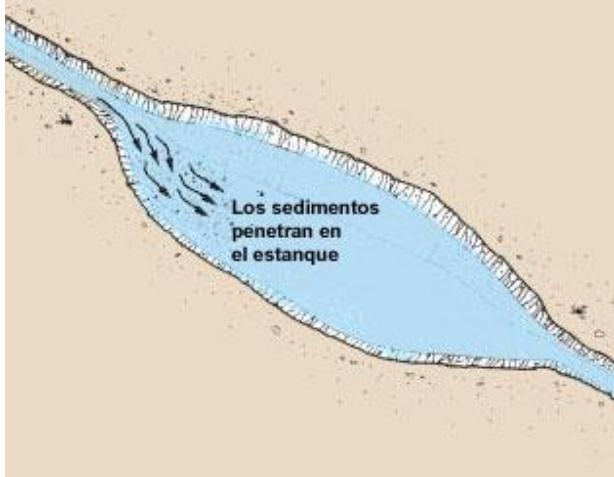
39. En muchos casos, puede elegir entre diversas anchuras, alturas, gradientes, pendientes laterales, etc. Para elegir acertadamente, conviene tener en cuenta algunos factores prácticos:

- (a) **Si el agua transporta materias en suspensión**, una velocidad demasiado lenta favorecerá su sedimentación. Quizá le convenga [destinar una zona específicamente a este fin](#).
- (b) **Si necesita atravesar el canal**, quizá convenga reducir su anchura en ese punto, posiblemente revistiendo las paredes.
- (c) Si en los niveles inferiores aparecen suelos más difíciles de excavar o permeables, quizá convenga optar por canales anchos y de poca profundidad.

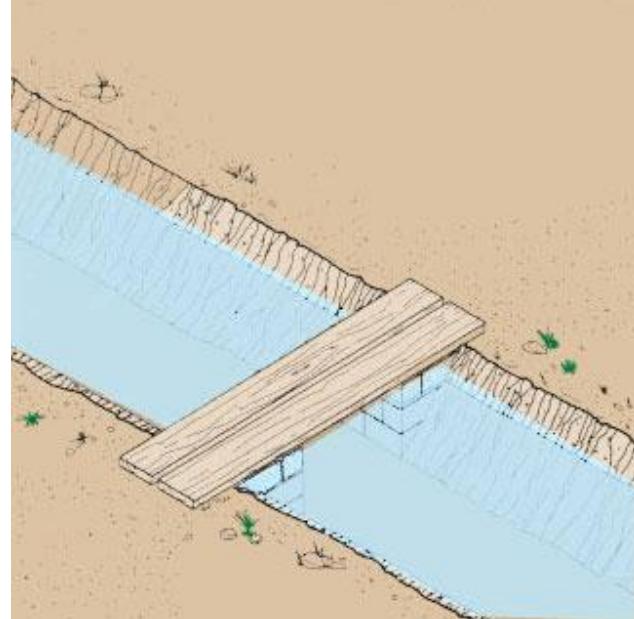
(d) Si se dispone de equipo estándar de construcción y mantenimiento, por ejemplo una pala mecánica o una retroexcavadora, podría elegir las dimensiones del canal teniendo en cuenta las de la maquinaria. De la misma manera, si utiliza placas de politene o planchas de hormigón* para revestir el canal, podría determinar las dimensiones del canal teniendo en cuenta las medidas estándar del material utilizado.

(e) Las dimensiones del canal deberán ser suficientes no sólo para el caudal normal sino también para las crecidas.

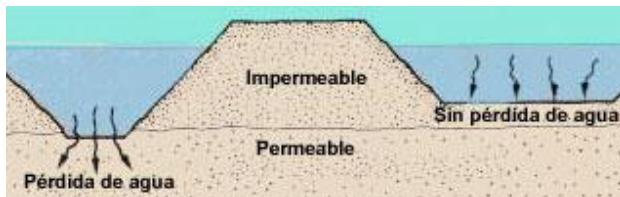
Estanque de sedimentación



Cruce de un canal



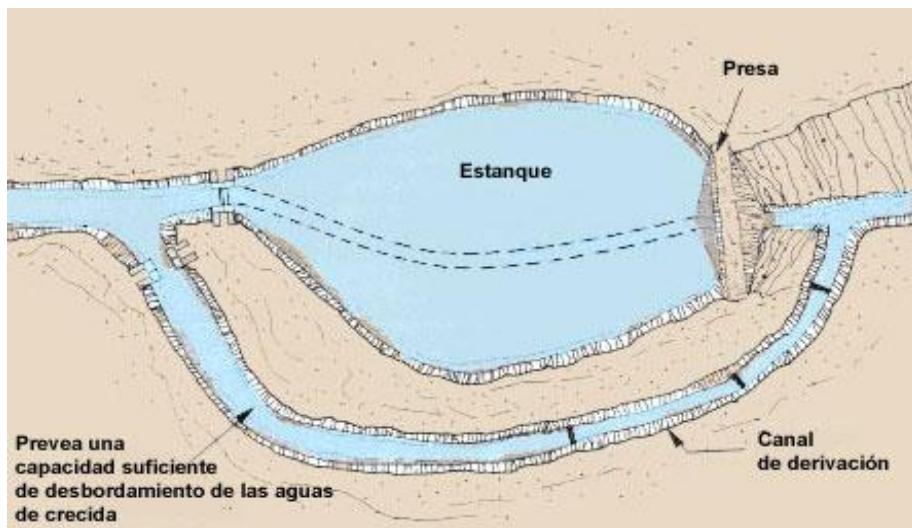
Ubique los canales sobre suelo permeable



Anchura del fondo del canal, igual a la anchura de la pala retroexcavadora



Estanque de presa con estructura de derivación



8.3 Canales de suministro de agua

1. Los canales de suministro de agua, o de alimentación, unen la toma de agua principal con las diversas instalaciones piscícolas y, en particular, con los estanques de desviación. Pueden dividirse en canales de alimentación primarios (principales), secundarios o terciarios, según la función desempeñada.

Puntos importantes sobre los canales de alimentación

2. Al planificar y diseñar los canales de alimentación, debe recordar los siguientes puntos:

(a) El canal de alimentación principal debe llevar el agua por gravedad* a la explotación, hasta el nivel más alto posible.

(b) En las explotaciones piscícolas, los canales deberán conducir el agua por gravedad a cada una de las instalaciones.

(c) En cada una de las instalaciones, el nivel del agua deberá ser suficientemente alto para que puedan vaciarse por gravedad en cualquier momento.

(d) Si hay que bombear el agua, normalmente es más fácil descargarla en un canal de abastecimiento por gravedad que sacarla de cada estanque. Procure no tener que hacer ambas cosas.

(e) El nivel del fondo del canal debería ser, en principio, al menos 10 cm más alto que el nivel normal del agua del estanque que debe abastecer. No obstante, si la pendiente existente es muy suave, la superficie superior del canal podría estar sólo 5 cm por encima del nivel de agua normal del estanque.

(f) El canal de alimentación principal debe ser lo más breve posible. Si, por ejemplo, la pendiente longitudinal de la corriente es llenos del 2 por ciento, es mejor elevar su nivel de agua utilizando una estructura de desviación para evitar tener que trazar un canal de abastecimiento demasiado largo (Secciones 8.2 to 8.9).

(g) La pendiente longitudinal del fondo debe ser lo llenor posible. Para reducir el nivel del canal, conviene utilizar estructuras de calda (Sección 8.7).

(h) El canal principal debe trazarse de tal manera que todos los estanques de la explotación puedan llenarse en un espacio de tiempo comprendido entre 5 (5 ha de superficie total de agua) y 30 días (25 ha de superficie total del agua).

Ejemplo

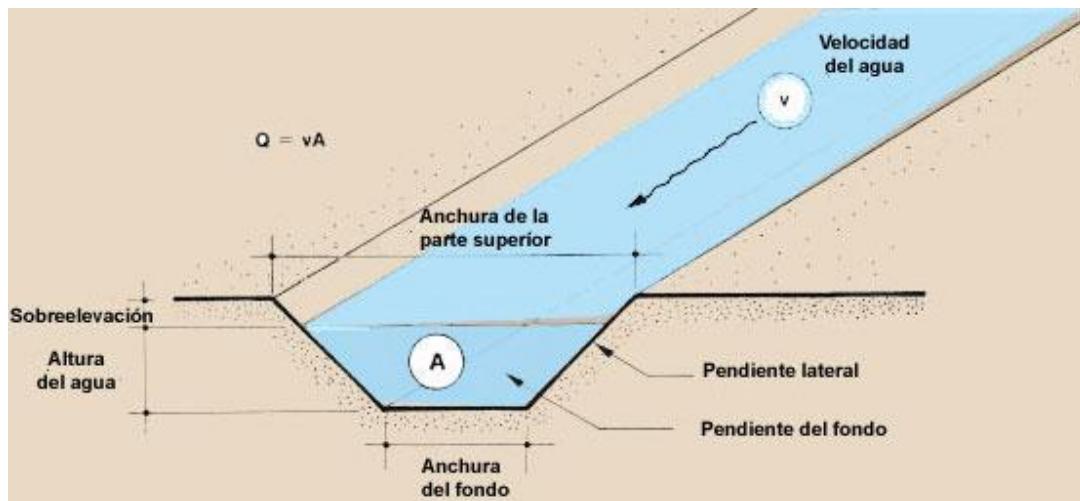
Una explotación piscícola de 4 ha contiene 40 000 m³ de agua en sus diversos estanques. Estos deberán llenarse en cinco días como máximo y por lo tanto se requerirá un caudal de agua $Q = 40\ 000\text{m}^3 \div 5\text{ días} = 8000\text{ m}^3/\text{d} = 0.093\text{ m}^3/\text{s} = 93\text{ l/s}$. Por lo tanto, el canal de alimentación principal deberá diseñarse con una capacidad de conducción de 93 l/s + 12 l/s (pérdidas de agua) = 105 l/s.

- (i) Cada estanque deberá llenarse en un plazo mínimo, que irá desde algunas horas en los pequeños estanques hasta varios días en los de gran tamaño. Al diseñar el canal de abastecimiento habrá que tener en cuenta este hecho.
- (j) Si es posible, lo mejor es llenar dos estanques simultáneamente. Tenerlo en cuenta, al diseñar el canal de alimentación.
- (k) En la medida de lo posible, se deberán uniformar las dimensiones de los canales de alimentación.
- (l) Los canales de alimentación deberán ir más allá del último estanque abastecido y llegar hasta un punto de desagüe, de manera que actúen como aliviadero y evacúen automáticamente el posible exceso de agua.
- (m) Si hay riesgo de escorrentía excesiva de agua, deberá construirse un canal de protección (Sección 11.5).

Determinación de las dimensiones de los canales de suministro de tierra

3. Por razones económicas, el tamaño de los canales de abastecimiento deberá ser el menor posible. Al determinar sus dimensiones recuerde lo siguiente:

- (a) Si elige la sección trasversal mojada mínima A, quizás tenga que aumentar la velocidad del agua v para alcanzar la necesaria capacidad de conducción de agua Q, ya que $Q = vA$. Procure no superar la velocidad media máxima admisible (Cuadro 35).
- (b) Si tiene que aumentar la capacidad de conducción de un canal, es mejor ganar en anchura que en profundidad.
- (c) Cuanto llenos profundo es un canal, más fácil resulta su mantenimiento.
- (d) No obstante, las pérdidas por infiltración suelen ser mayores en el suelo superficial. Si el suministro de agua es limitado, quizás convenga optar por un canal más profundo.



Ejemplo

Características comunes de canales de alimentación de tierra trapezoidales

| Dimensiones del canal | Explotación pequeña | Explotación media |
|-----------------------|---------------------|-------------------|
|-----------------------|---------------------|-------------------|

| | (Q =algunos l/s) | (Q = 20-50 l/s) |
|----------------------------------|------------------|-----------------|
| Anchura del fondo (m) | 0.25 | 0.50 |
| Altura del agua (m) | 0.15-0.20 | 0.15-0.25 |
| Sobreelevación (m) | 0.10-0.20 | 0.20-0.30 |
| Pendiente del fondo (%) | 0 | 0.1 |
| Pendiente lateral | 1.5:1 | 1.5:1 |
| Anchura de la parte superior (m) | 1-1.45 | 1.55-2.15 |

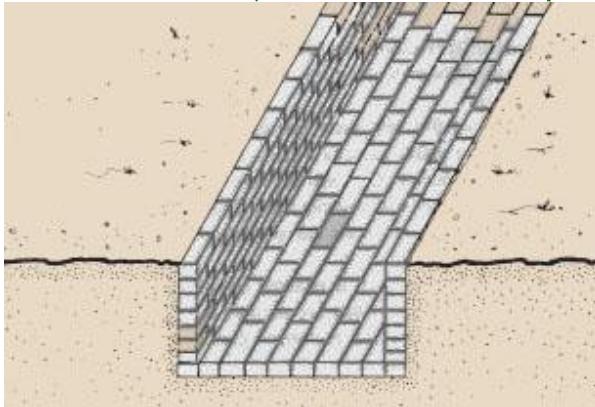
Cuándo utilizar canales de suministro revestidos

4. Quizá necesite utilizar canales de suministro revestidos cuando:

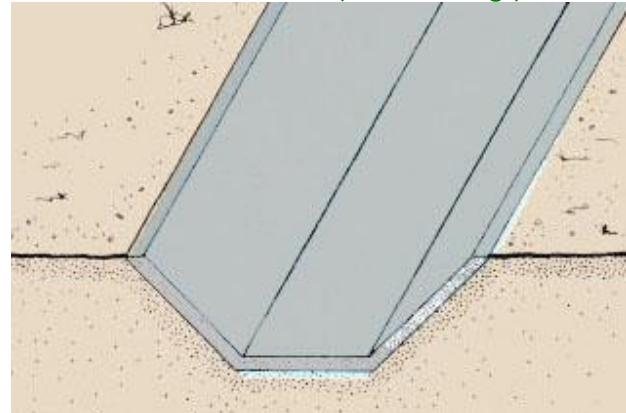
- el **suministro de agua** es limitado y la infiltración es elevada;
- el **material de revestimiento** es de fácil acceso y precio razonable;
- **hay que construir canales** de alimentación en la parte superior de los diques de los estanques;
- **los canales de alimentación** deben construirse en suelos muy expuestos a la erosión.

5. En determinadas situaciones, quizá sea más ventajoso construir canales de alimentación revestidos utilizando, por ejemplo, arcilla, ladrillos cocidos, bloques de hormigón u hormigón. Se puede utilizar también goma butílica o gruesas láminas de politeno, aunque hay que procurar evitar los daños al colocar el material. Las láminas suelen colocarse individualmente en una serie fijada a la parte superior mediante zanjas de asiento. Se pueden utilizar también, como es frecuente en los planes de riego, secciones prefabricadas semicirculares, cuadradas o rectangulares de hormigón.

Canal de alimentación de ladrillos o de bloques

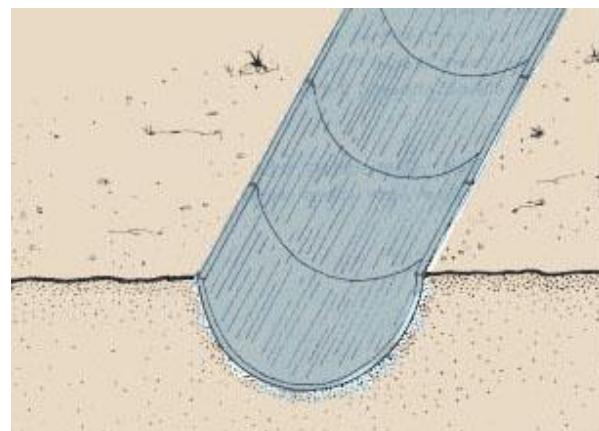
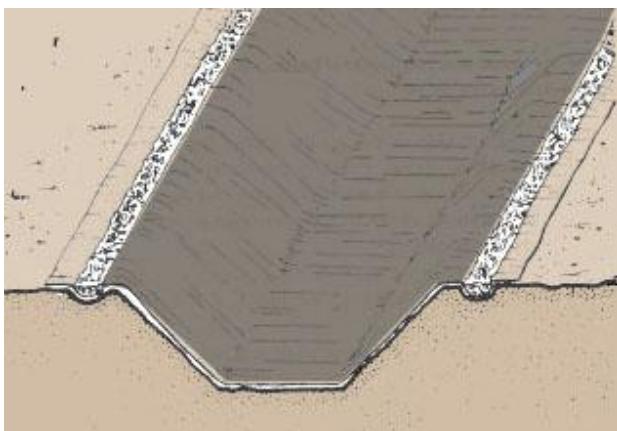


Canal de alimentación de hormigón



Canal de alimentación de caucho o politene

Canal de alimentación de hormigón prefabricado



Puntos importantes sobre los canales de alimentación revestidos

6. Los canales de alimentación revestidos tienen varias ventajas:

- las **pérdidas de agua** se reducen enormemente, y por término medio representan no más de 30 l/m² de perímetro mojado al día;
- los **canales de alimentación** pueden ser relativamente menores, por ejemplo, cuando se construyen de forma rectangular o semicircular;
- la pendiente del fondo puede aumentar, ya que la velocidad máxima admisible del agua es mayor (**Cuadro 35**), lo que puede contribuir a reducir las dimensiones;
- se pueden construir por encima del nivel del suelo o parcialmente sumergidos, lo que reduciría considerablemente la labor de movimiento de tierras;
- el mantenimiento es más fácil y **más barato**;
- no hay peligro de que los animales excaven sus madrigueras, con los consiguientes daños para el canal;
- no se deterioran cuando quedan secos.

7. Los principales problemas relacionados con los revestimientos de los canales podrían ser los siguientes:

- **deterioro de las juntas**, sobre todo en los revestimientos de hormigón;
- **agrietamiento del revestimiento** debido al hundimiento del terraplén, erosión del material, hincharse del suelo arcilloso o mala calidad del hormigón;
- **existencia de grietas** en las juntas y penetración en ellas de las malas hierbas: causa frecuente de deterioro progresivo de los revestimientos;
- **mayor inversión inicial**;
- **rasgamiento o endurecimiento** por efecto de la luz del sol de los revestimientos flexibles, que pueden salirse de sus zanjas de asiento.

8. Las dimensiones normales de los canales de abastecimiento revestidos varían según su forma:

- **para las secciones transversales rectangulares**, véase Sección 8.2;
- **para las secciones transversales trapezoidales**, la anchura del fondo del canal normalmente varía entre 0,5 h y 1 h, siendo h la altura del agua.

8.4 Cómo preparar la construcción de un canal

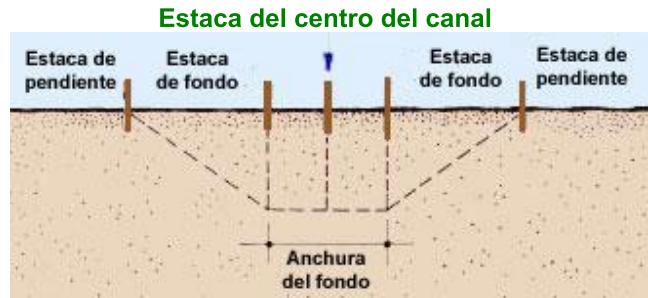
1. En el volumen **Topography**, (Sección 8.2 and 8.3), se ha explicado ya cómo se puede establecer inicialmente la posible ruta del canal entre la toma principal de agua y los estanques piscícolas trazando las curvas de nivel y el **corte vertical del terreno** (perfil longitudinal y secciones transversales).

2. Se ha explicado **también como se jalona la línea central*** del canal, una vez definida su ruta, teniendo en cuenta la posible presencia de rocas subterráneas mediante comprobaciones al azar con una barrena **para suelos**. En caso necesario, **identifique la ubicación de las estructuras de cadera** que deberá construir para evitar pendientes del fondo demasiado fuertes (Sección 8.7).

3. Ahora debe proceder con gran cuidado a jalonar la sección trasversal del canal.

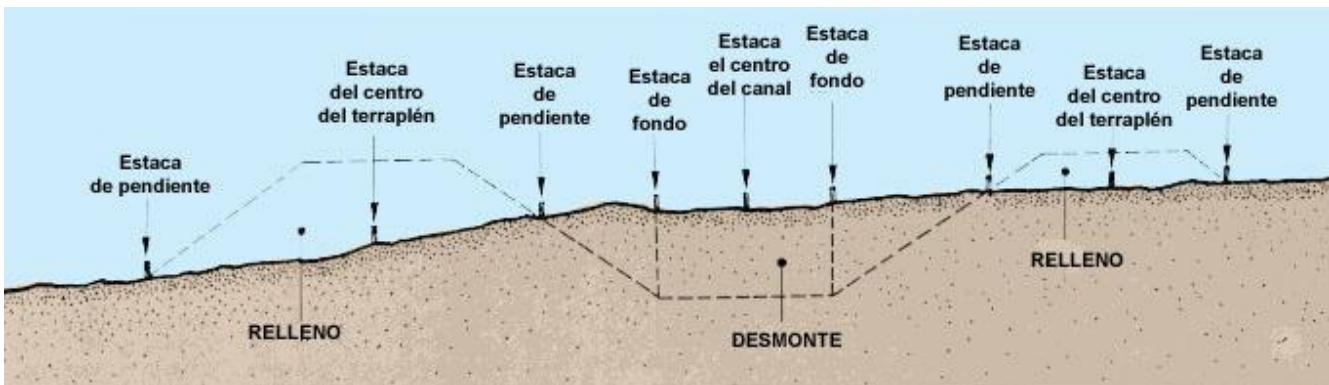
4. Si se trata de un canal totalmente excavado y no requiere márgenes artificiales:

- a cada lado de las estacas centrales fije estacas de fondo para indicar la anchura del fondo del canal;
- a cada lado de las estacas centrales fije estacas de pendiente para señalar las intersecciones de las pendientes laterales del canal con la superficie real del suelo. En los terrenos en pendiente, determine la distancia, tal como se explica en los párrafos 8 y 9 de la siguiente subsección.



5. Si el canal tiene dos márgenes artificiales, con una sección trasversal construida parte en desmonte y parte en relleno*:

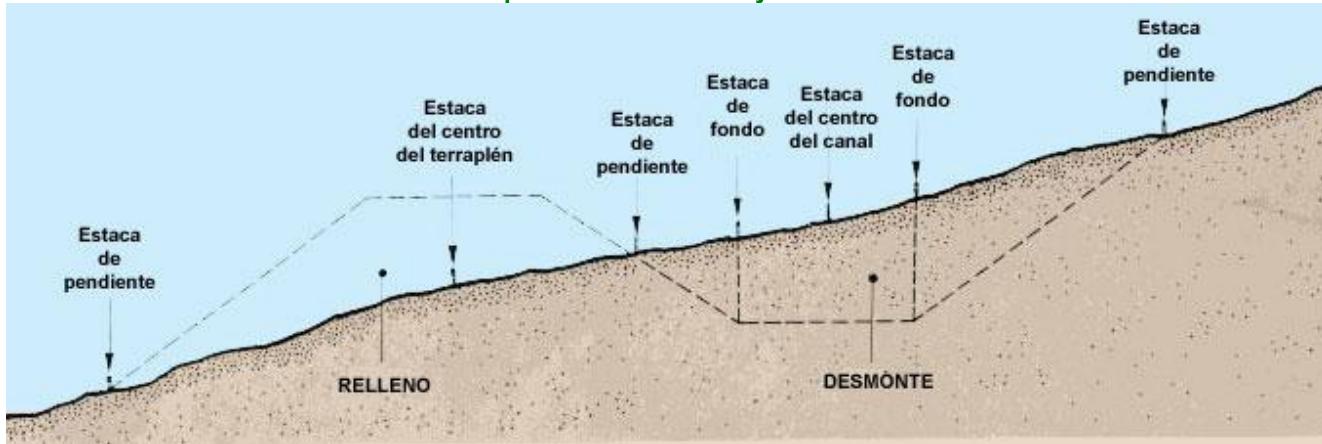
- a cada lado de las estacas centrales sitúe estacas de fondo y estacas de pendiente, como se ha mencionado antes, para indicar los límites de la sección trasversal en desmonte;
- a cada lado de las estacas del centro del canal, sitúe estacas correspondientes al centro del terraplén a distancias que serán constantes mientras no cambie la sección del canal;
- en la parte exterior de las estacas del centro del terraplén, sitúe las estacas de pendiente del terraplén, para indicar los límites de la sección trasversal en relleno.



6. Si el canal está en la ladera de una colina y tiene un terraplén artificial situado en el lado del canal que se encuentra en la pendiente, el fondo del canal deberá estar excavado en toda su longitud:

- a cada lado de las estacas centrales, coloque estacas de fondo y estacas de pendiente, como se ha señalado más arriba, para indicar el límite de la sección trasversal en desmonte;
- en la parte descendente de las estacas de centro del canal sitúe las estacas de centro del terraplén a una distancia que será constante mientras no cambie la sección del canal;
- en la parte descendente de estas estacas de centro del terraplén, coloque las estacas de pendiente del terraplén, para indicar el límite descendente de la sección trasversal en relleno.

Compensar el desmonte y el relleno



7. En la medida de lo posible, deberá tratar de equilibrar la parte en relleno y la parte en desmonte. El sistema más práctico para ello es recurrir a los perfiles de sección transversal.

8 la distancia desde la linea central al punto en que se deben colocar las estacas de pendiente varía según la inclinación del suelo. Para establecer su posición correcta habrá que proceder gradualmente, por tanteo, como se describe en el ejemplo.

9. El método utilizado se basa en el hecho de que la distancia d (en m) desde una estaca central a la estaca de pendiente deberá ser:

$$d = (b \div 2) + (xz)$$

donde

b es la anchura del fondo del canal, en m;

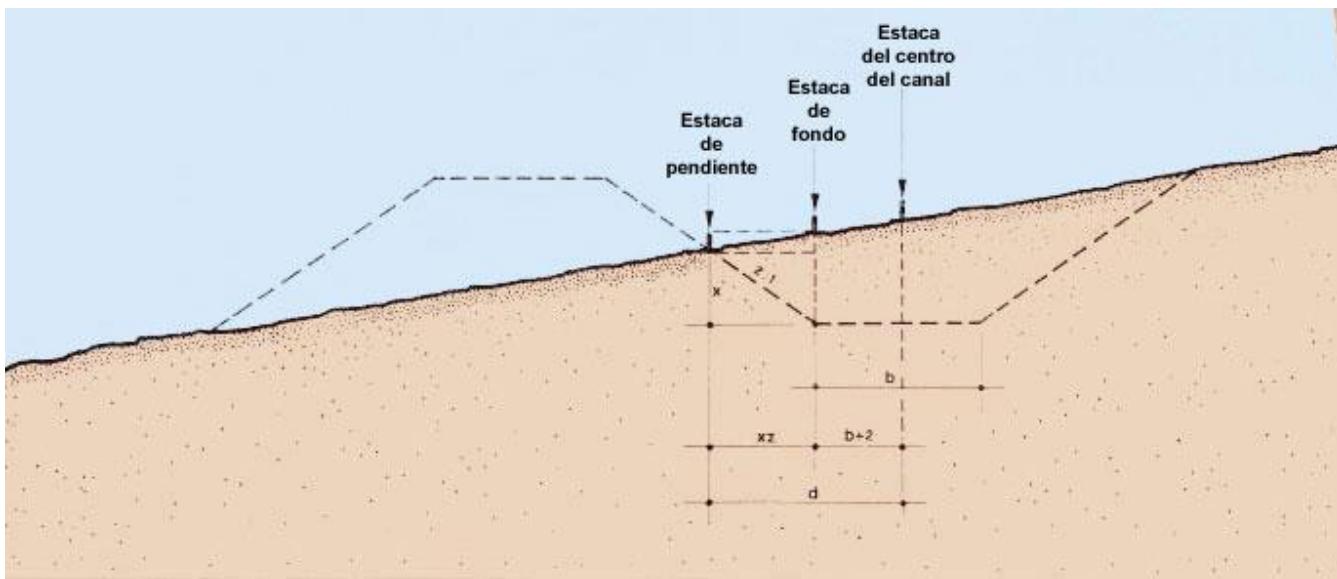
x es la profundidad o altura del desmonte o relleno en la estaca de pendiente, en m; y

z es la **pendiente lateral**; o coeficiente de distancia horizontal con la caída o subida.

Ejemplo

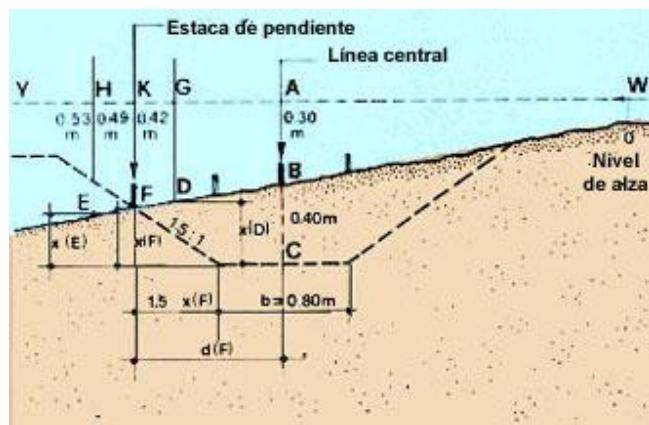
Debe excavarse un canal en una ladera con las siguientes características

b = 0.80 m y **z** = 1.5. La estaca de pendiente deberá colocarse a la izquierda de la estaca del centro del canal:



10. A partir de este ejemplo, actúe como sigue:

- Desde un punto de nivelación fijado en O, establezca la línea de mira horizontal **WY** utilizando un nivel de alza.
- Mida la altura **AB** = 0,30 m en la estaca del centro del canal,
- Gracias al diseño, usted sabe la elevación del punto **C**, en la línea central del fondo del canal, que sería **E(C)** = 102,33 m.
- Por el perfil longitudinal de la línea del centro del canal, usted sabe la elevación del punto **B**, que sería **E(B)** = 102,73 m.
- Calcule la altura **BC** = **E(B)** - **E(C)** = 102,73 m - 102,33 m = 0,40 m.
- Calcule la altura **AC** = **AB** + **BC** = 0,30 m + 0,40 m = 0,70 m.
- Como primer tanteo, sitúe la mira de nivel en **D** y mida **DG** = 0,42 m.
- Calcule **x(D)** = **AC** - **DG** = 0,70 m - 0,42 m = 0,28 m.
- Utilizando la fórmula, obtenga la distancia calculada **d(D)** = (0,80 m 4- 2) + (0,28 m x 1,5) = 0,82 m.
- Mida la distancia horizontal **AG** = 0,37 m; esta distancia es menor que la distancia calculada **d(D)**. Por ello, la posición de la estaca de pendiente deberá estar mas alejada de la estaca de centro.
- Como segundo tanteo**, sitúe la mira de nivelación en **E** y mida **EH** = 0,53 m.
- Calcule **x(E)** = **AC** - **EH** = 0,70 m - 0,53 m = 0,17 m.
- Utilizando la fórmula, obtenga la distancia calculada **d(E)** = (0,80 + 2) + (0,17 m x 1,5) = 0,655 m.
- Mida la distancia horizontal **AH** = 0,73 m; esta distancia es mayor que la distancia calculada **d(E)**. Por



ello, la situación de la estaca de pendiente deberá aproximarse mas a la estaca del centro.

(o) Mueva la mira de nivelación un poco mas hacia el centro de la estaca central y sitúela en F, donde medirá $FK = 0,49$ m.

(p) Calcule $x(F) = AC - FK = 0,70$ m - 0,49 m = 0,21 m.

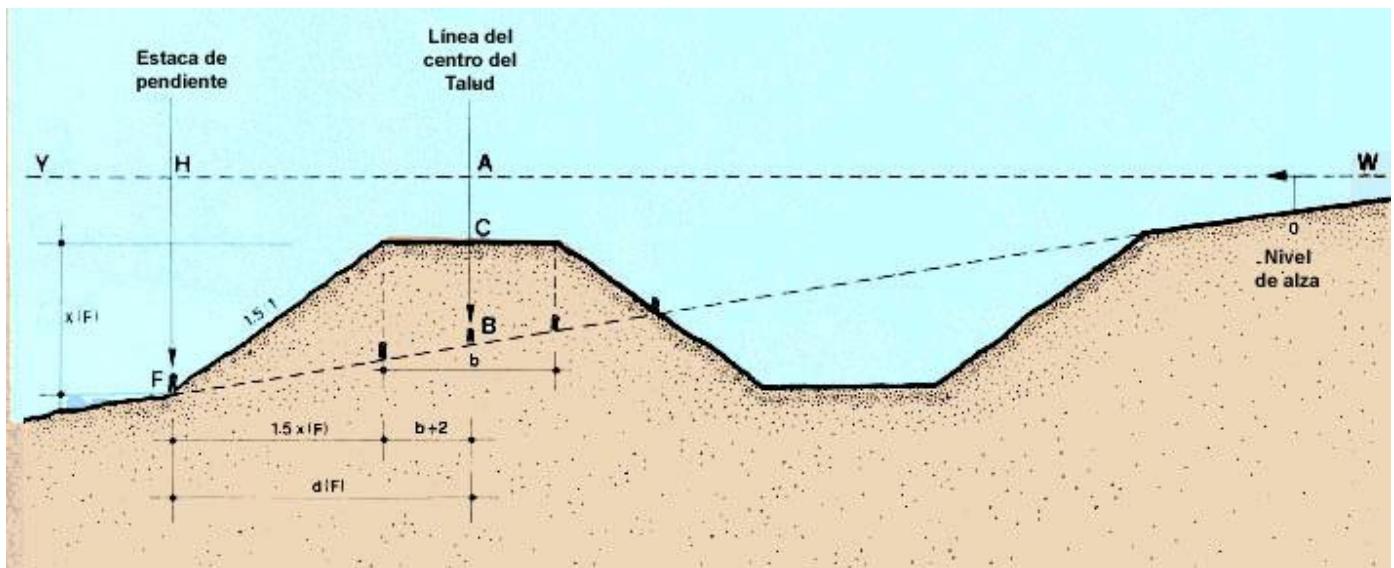
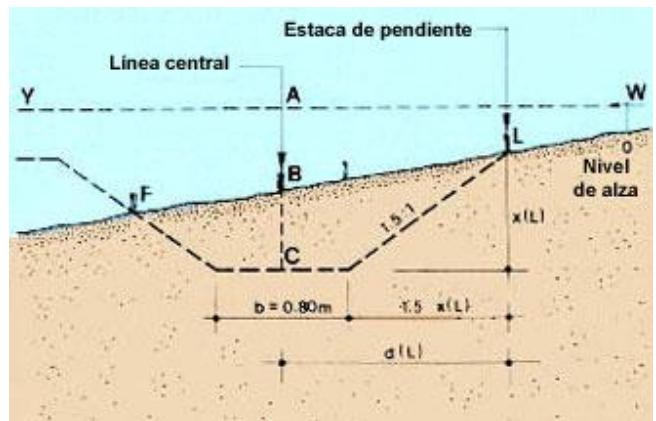
(q) Distancia calculada $d(F) = (0,80 - r - 2) + (0,21 \text{ m} \times 1,5) = 0,715$ m.

(r) Mida la distancia horizontal $AK = 0,72$ m. Esta distancia es prácticamente igual a la distancia calculada $d(F)$, lo que indica que F es la ubicación correcta para la estaca de pendiente F.

(s) Repita el mismo procedimiento, **desde el mismo punto de nivelación O**, para determinar la ubicación correcta de la estaca de pendiente L.

(t) Repita el mismo procedimiento para localizar las estacas de pendiente del terraplén siempre que sea necesario, con:

- b = anchura superior del terraplén;
- z = pendiente lateral del terraplén;
- x = altura del terraplén (relleno) en la estaca de pendiente.



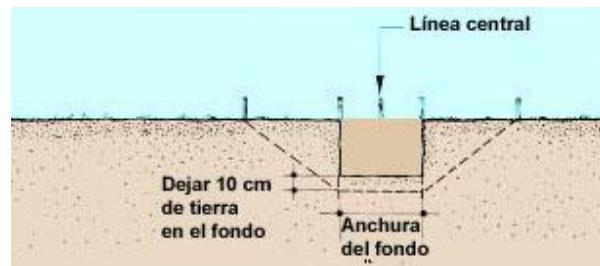
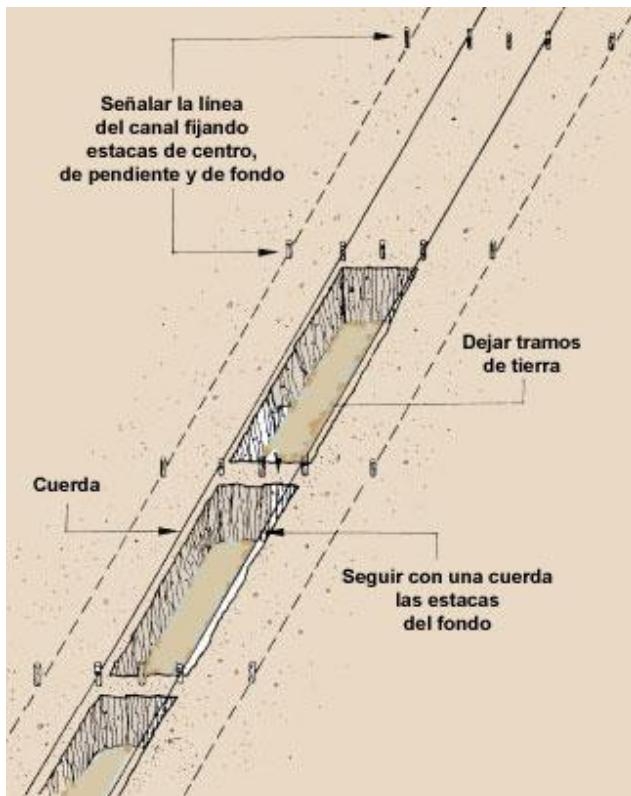
Construcción manual de un canal de tierra

11. Para construir un canal de tierra se requieren varios pasos.

(a) Marque el emplazamiento del canal con estacas de centro, de pendiente y de fondo, como se ha señalado antes. Siga con una cuerda fuerte las estacas de fondo para señalar el primer desmonte. Excave una zanja vertical que tenga la anchura del fondo del canal:

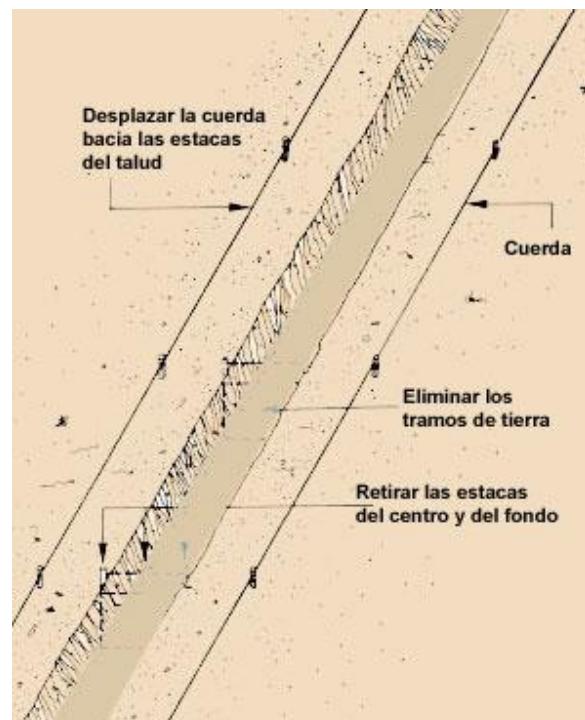
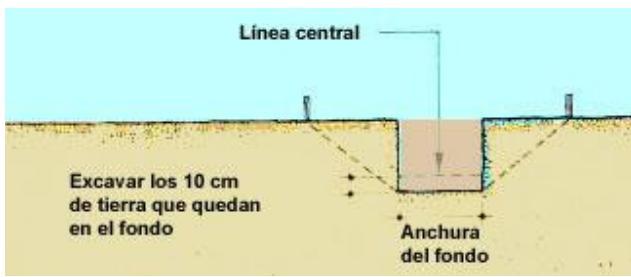
- excave 10 cm más que la profundidad final, utilizando como puntos de referencia las estacas centrales;
- mientras no haya terminado de excavar la zanja central, deje algunos trozos de tierra para sujetar las estacas;
- retire la tierra excavada para construir luego terraplenes o arrójela cuesta abajo para evitar que posteriormente el agua la arrastre hacia el canal terminado.

Nota: Si utiliza la tierra para construir terraplenes, compruebe que esté bien compactada (véase Construcción, Sección 6.2).

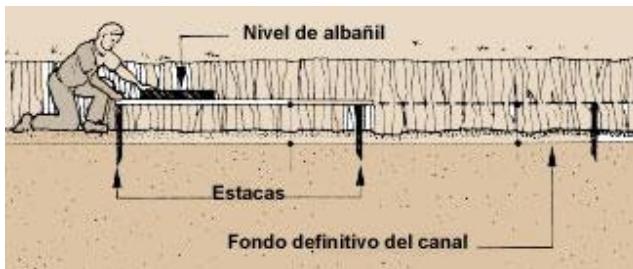


(b) Sitúe ahora la cuerda a lo largo de las estacas de pendiente para señalar el próximo desmonte. Retire las estacas de centro y de fondo y los trozos de tierra que había dejado para sujetar las estacas.

(c) Excave los 10 cm restantes de tierra en el fondo del canal y si es necesario, ajuste la pendiente del fondo.

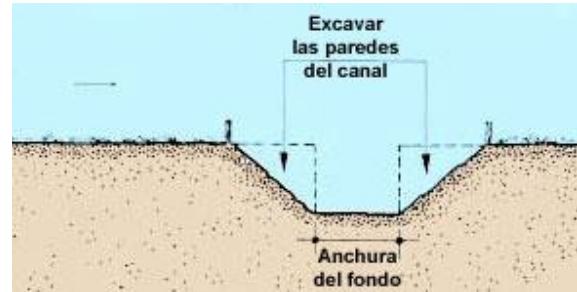
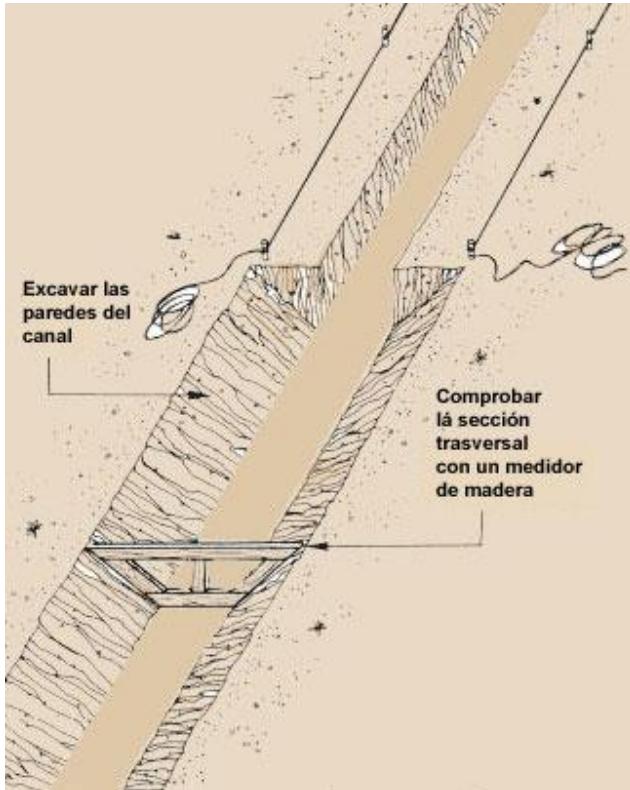


En caso necesario, ajustar la pendiente del fondo del canal



(d) Excave las paredes del canal, procediendo oblicuamente desde las estacas laterales hasta los bordes del fondo del canal:

- utilice un calibrador de madera para comprobar la sección trasversal del canal conforme va haciendo el desmonte;
- deshágase de la tierra en la forma explicada más arriba.



(e) Complete la construcción de los terraplenes, si es necesario, nivelando la parte superior y dando forma a las pendientes laterales externas. Plante hierba para evitar la erosión (véase **Construcción, Sección 6.9**).

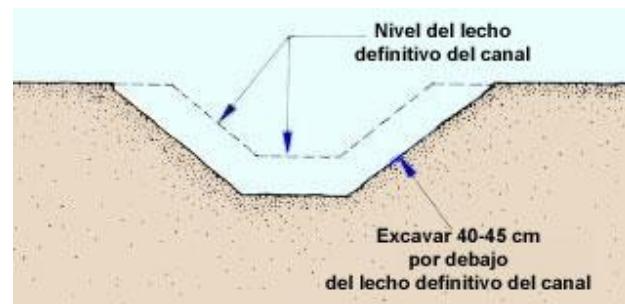
(f) Construya las estructuras de regulación del agua antes de dejar correr el agua por el canal ([Sección 8.7](#)).

(g) Una vez terminada la labor, compruebe que el canal funciona en la forma deseada dejando correr algo de agua antes de comenzar la construcción de los estanques de desviación.

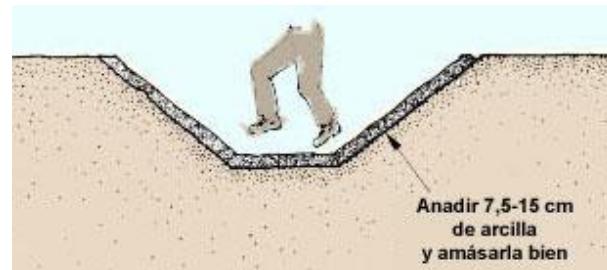
Construcción de un canal revestido de arcilla

12. Cuando es fácil conseguir arcilla de buena calidad y cuando el canal no se seca en todo el año, un revestimiento de arcilla puede reducir la infiltración entre el 75 y el 80 por ciento:

- al calcular las medidas, añada otros 40 a 45 cm alrededor del fondo y de las paredes;



- extienda una capa de 7,5 a 15 cm de arcilla, sola o mezclada en proporción de 2:1 con arena y grava, bien amasada con el pie o con un rodillo con patas de carnero;



- cubra esta capa con 25 a 30 cm de limo, amasándolo y compactándolo bien.



Construcción de un canal revestido de hormigón

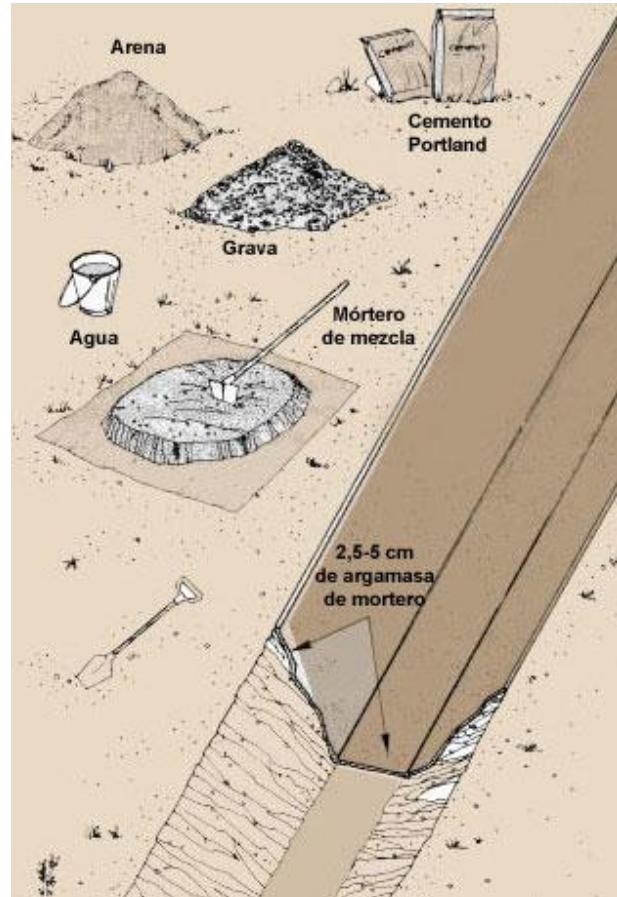
13. Cuando es fácil conseguir tierra, gravilla y cemento Portland, normalmente se prefieren los revestimientos de hormigón colado a los materiales prefabricados o al ladrillo, por su larga duración. Su construcción requiere también llenos esfuerzo.

14. Es fácil hacer pequeños revestimientos de hormigón cubriendo las superficies del canal con argamasa, una vez que se ha excavado la zanja con las dimensiones previstas (añadiendo de 2,5 a 5 cm más, teniendo en cuenta el grosor de la argamasa) (véase **Construcción, Sección 3.3**). Otra posibilidad es utilizar mezcla de cemento con suelo natural, si las condiciones del suelo lo permiten.

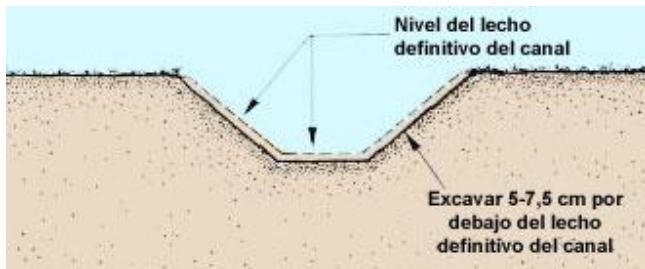
15. Cuando se trata de revestir canales de mayores dimensiones, conviene recurrir al encofrado. En tal caso, el hormigón de cemento (véase Construcción, Sección 3.4) se coloca entre el encofrado y las paredes de tierra. Recuerde las siguientes indicaciones:

(a) El **grosor del revestimiento** oscila entre 5 y 7,5 cm, según las dimensiones del canal.

(b) Las **pendientes laterales** pueden ser de 1:1 en los suelos rocosos, pero en la mayor parte de los demás suelos es preferible una pendiente de 1,5:1.

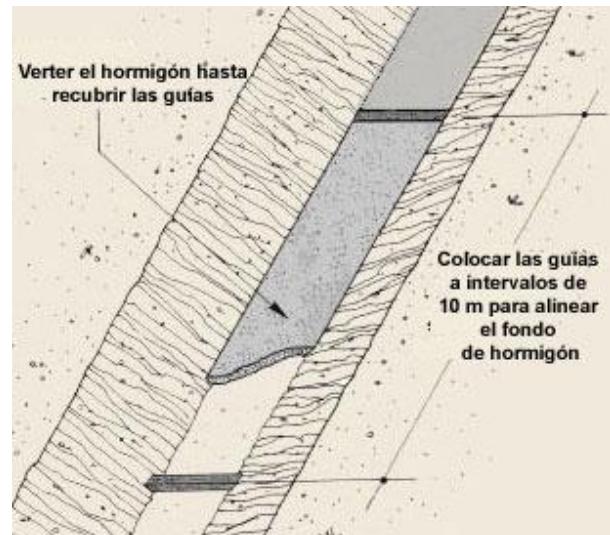


(c) **Excave el canal de tierra** como se ha explicado antes, aumentando las dimensiones según el grosor del hormigón.



(d) Primero recubra el fondo del canal construyendo una serie de guías de hormigón de unos 10 cm a intervalos de 10 m, cuya parte superior se encontrará a la altura exacta indicada en el diseño.

(e) Deje que se endurezcan esas guías y complete el recubrimiento del **fondo cubriendo de hormigón** el espacio existente entre ellas, que servirán como puntos de referencia para dar al fondo del canal la altura y pendiente previstas.

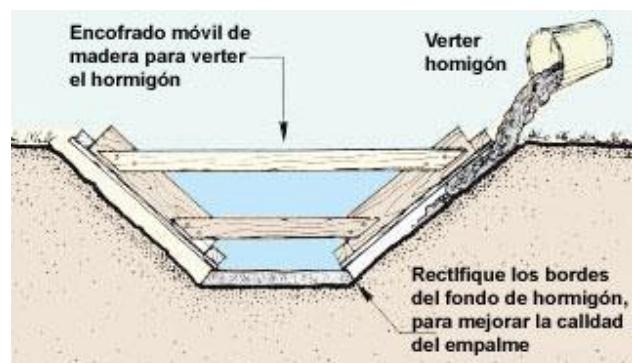


(f) Para echar el hormigón se pueden utilizar encofrados de metal o de madera.

(g) Recubra las paredes del canal después de fijar bien los encofrados.

Procure que el empalme con el bloque del fondo sea firme.

(h) **Deje que los revestimientos** se endurezcan durante varios días (véase **Construcción**, Sección 3.4).

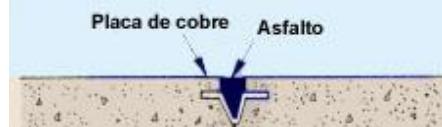


Nota: Para evitar grietas resultantes de la expansión o contracción del hormigón como consecuencia de los cambios de temperatura y de humedad, deberán construirse juntas entre los distintos tramos de hormigón colado, a intervalos de 2 a 4 m.



Juntas de dilatación

Junta plegada de cobre rellena de asfalto



Junta entallada con placa de acero y relleno de malla

Junta a tope con soporte de base y relleno de malla



Construcción de un canal revestido de ladrillos o bloques

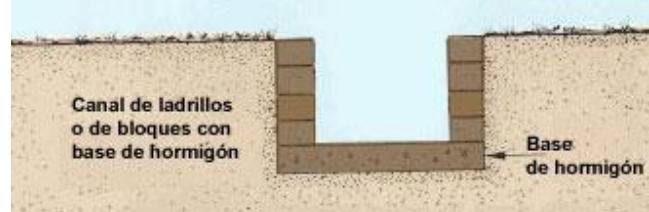
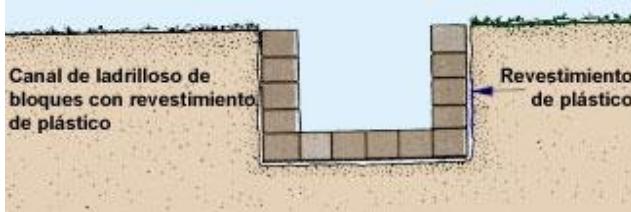
16. Se pueden construir pequeños canales revestidos de ladrillos o de bloques tanto de forma rectangular como trapezoidal. El revestimiento puede ser de ladrillos o de hormigón. Para evitar infiltraciones, se puede colocar un revestimiento de, plástico detrás de las paredes y por debajo del suelo.

17. En los canales de dimensiones considerables se suele utilizar normalmente la **forma trapezoidal**; sus paredes laterales se apoyan en el terraplén excavado o en el relleno lateral, que deben ser firmes y estar bien compactados para evitar su hundimiento y el agrietamiento de los ladrillos.

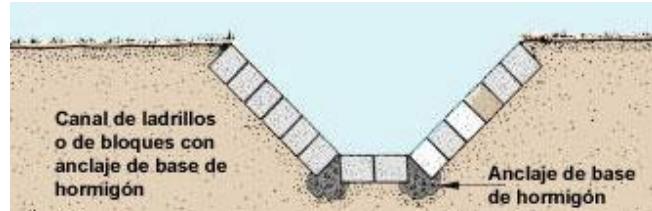
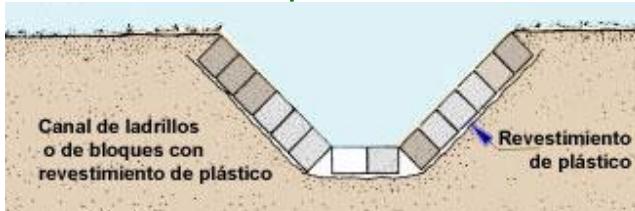
18. En los canales normales de paredes **verticales utilizados** en las explotaciones piscícolas el grosor suele ser de un solo ladrillo o bloque, aunque en los casos en que se requiere reforzamiento lateral se pueden incorporar pequeños pilares o apuntalamientos. Si se utilizan bloques de hormigón huecos o entallados, es fácil añadir un refuerzo sencillo.

Nota: Los ladrillos se ponen o en las convencionales capas horizontales, con la cara o el lado hacia abajo, o diagonalmente en forma de espinapez, introducidos en 10 a 15 mm de mortero de cemento de 1:5, con mortero para juntas de 1:3.

Rectangular



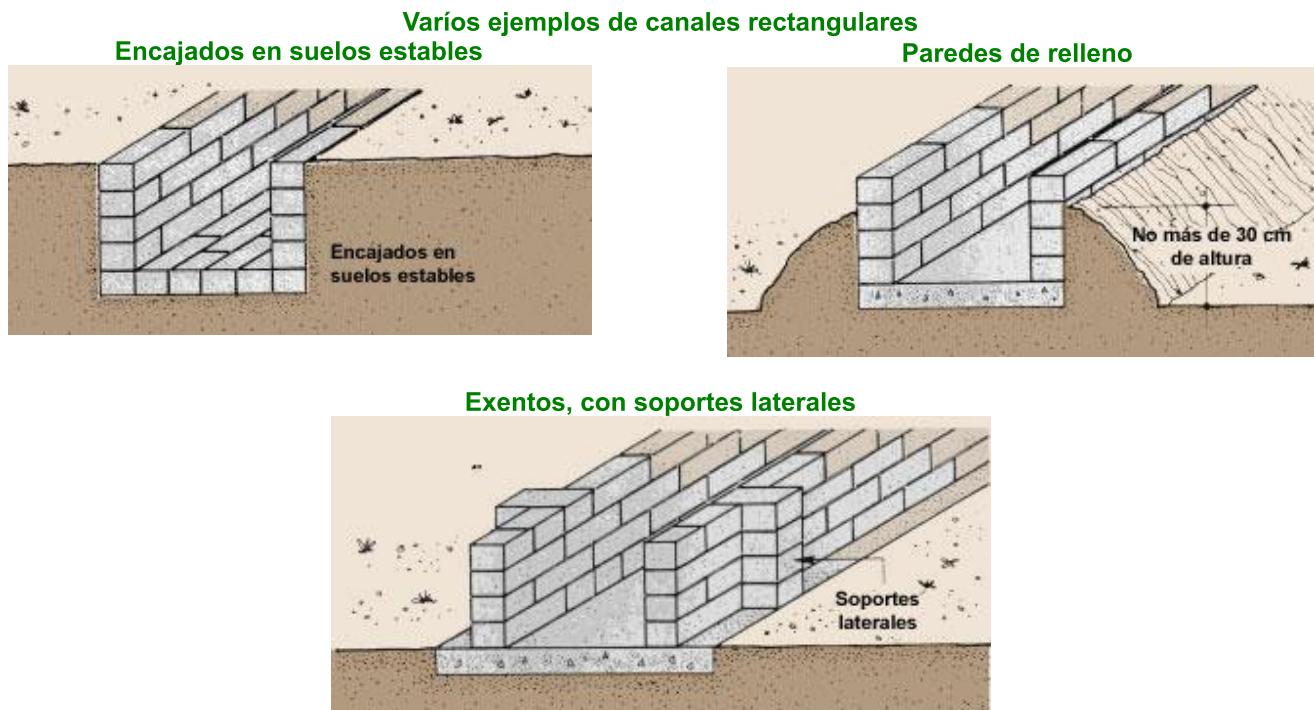
Trapezoidal



19. Se **pueden construir canales** rectangulares bien encajados en un terraplén o con paredes de relleno (con un relleno que no pasaría de 30 cm en cada lado), o parcial o totalmente exentos, en cuyo caso quizás habría que reforzarlos lateralmente para evitar el daño causado por posibles impactos.

20. En **los canales de ladrillo**, la pendiente exterior de relleno no deberá superar los 45° (coeficiente 1:1). Así, un canal rectangular con relleno hasta los 60 cm de su altura tendrá a cada lado un relleno de al llenos 60 cm. Los canales trapezoidales se llenan hasta el borde superior o algo más (formando un pequeño terraplén). Como la pendiente depende de la anchura superior del canal, la cantidad de material de relleno será, por consiguiente, mucho mayor y la base mucho más amplia que en los canales de paredes verticales.

21. Los **principales problemas relacionados con la utilización de ladrillos** son el costo relativo y la lentitud de construcción, así como la rigidez, que puede provocar grietas si el material de base no se compacta debidamente o si los suelos laterales (por ejemplo, arcillas) pueden hincharse o hundirse. Para limitar los daños causados por las infiltraciones, que a su vez podrían acelerar el agrietamiento y el deterioro, se pueden utilizar revestimientos plásticos. Utilice ladrillos en buen estado y mortero de buena calidad, que no se desprenda con el agua.



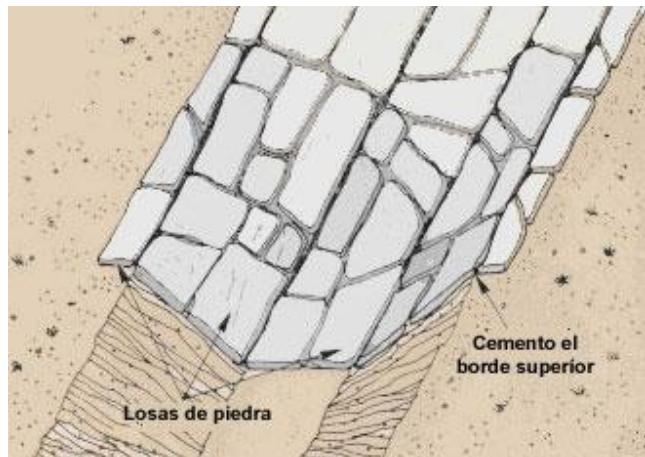
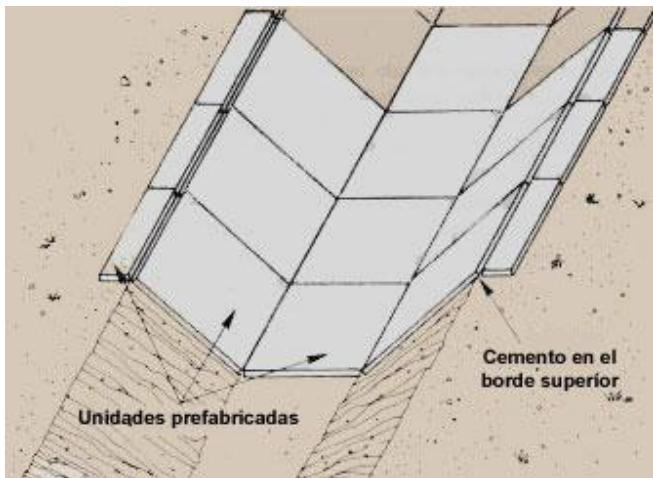
Utilización de un revestimiento de losas* de piedra o de cemento

22. Para el revestimiento, se pueden utilizar también unidades de cemento prefabricadas o losas de piedra, que se dispondrán sobre suelos de losas, ladrillo u hormigón. Esta práctica es más habitual en los canales trapezoidales, con apoyo lateral en el borde superior. Lo mismo que con los ladrillos, si los materiales de la base son de escasa calidad pueden aparecer grietas en el mortero y en las mismas losas.

23. Normalmente en las paredes laterales se utilizan losas. Estas limitan la altura efectiva de la pared y por lo tanto la profundidad del canal. Suele utilizarse un relleno de mortero de 5 a 10 mm, y el borde inferior de las losas de la pared deberá estar bien asentado en la base, para evitar su caída. Como en las paredes de ladrillo, se puede utilizar un revestimiento plástico exterior para reducir el deterioro debido al agrietamiento.

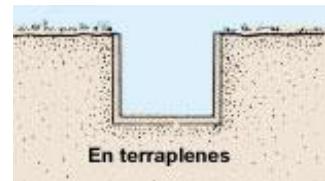
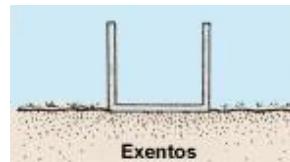
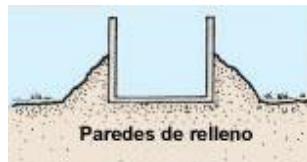
Revestimiento de losas de cemento prefabricadas

Revestimiento de losas de piedra labradas



Utilización de revestimientos prefabricados

24. Actualmente se produce una gran variedad de revestimientos prefabricados de hormigón para su utilización en la agricultura, el desagüe y la eliminación de aguas residuales. Si no hay problemas de adquisición, pueden constituir una solución práctica. Normalmente se fabrican en bloques de una sola pieza, y pueden utilizarse rellenos (posteriormente), en terraplenes o exentos. Pueden presentarse ligeramente reforzados o sin reforzar. Los revestimientos no reforzados son más débiles y pueden ser algo más permeables si se utilizan agregados de mala calidad. En este caso, se recomienda revocarlos por dentro o recubrirlos por fuera con politeno. Ahora se fabrican también unidades en plástico de vidrio reforzado (fibra de vidrio) material ligero, fuerte y liso, pero relativamente caro y en cemento reforzado con fibra de vidrio, que es más barato pero también más pesado. En algunos lugares se producen también recubrimientos de cemento de amianto.

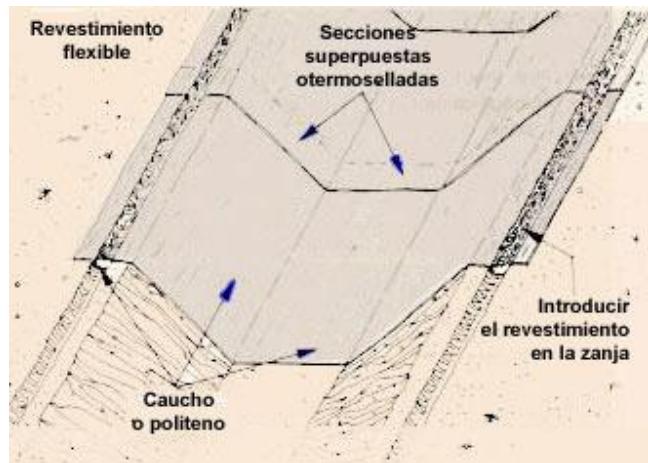


Utilización de revestimientos flexibles

25. Se pueden utilizar varios materiales flexibles, por ejemplo caucho o politene. Tienen la ventaja de adaptarse bien a las formas del terreno y a los procesos iniciales de hundimiento o hinchaón, y normalmente se pueden colocar con relativa rapidez en tramos largos y continuos. Los tramos adyacentes se pueden termosellar, unirse con cemento o simplemente superponerse. Los lados deben superar los bordes más altos del canal e introducirse en zanjas, normalmente de 30 a 40 cm de profundidad y recubiertas de tierra o arena y grava.

26. La principal **desventaja** es la facilidad con que se deterioran, bien por la acción de objetos punzantes o por las rugosidades del terreno en que se apoyan; una vez dañado, este material es fácilmente arrastrado por el agua. Si los materiales están expuestos a la acción directa del sol y a fuertes temperaturas superficiales, resultan mucho más frágiles y el peligro de daño es mayor. Los revestimientos reforzados, aunque más caros, son más duraderos. Por esta razón, estos

revestimientos se cubren muchas veces de arcilla, ladrillo, losas, etc. Pueden utilizarse también láminas de politene como revestimiento contra las infiltraciones cuando se trata de materiales más rígidos, como ladrillos o losas.



8.5 Canales de desagüe

1. Los canales de desagüe se construyen para evacuar el agua procedente de los estanques piscícolas hacia el exterior de la explotación, generalmente hacia un canal natural más bajo.

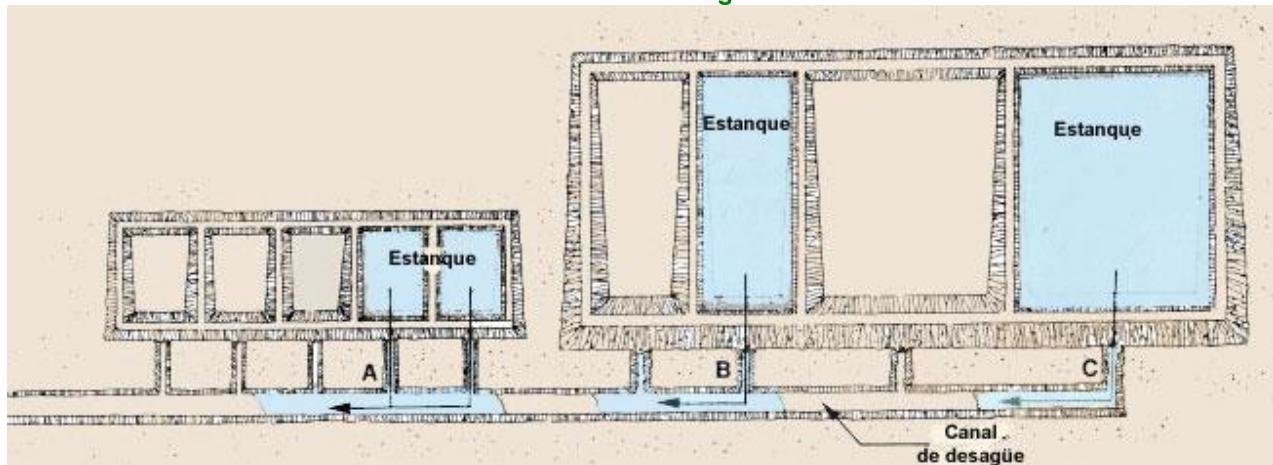
2. El **diseño de un canal** de desagüe dependerá de las características del estanque o serie de estanques que deberá evacuar:

- en los estanques pequeños (estanques de cría, por ejemplo), el canal de desagüe puede diseñarse de manera que pueda vaciar más de un estanque a la vez, en un plazo de un par de horas;
- en los estanques de tamaño medio, el canal se suele construir de manera que pueda vaciar los estanques uno por uno dentro en un plazo razonable, entre medio día y un día;
- el diseño del canal de desagüe depende también del tipo de salida del **estanque y de su capacidad de conducción de agua (Capítulo 10)**;
- en las grandes explotaciones piscícolas, el tiempo total de evacuación de todos los estanques no deberá ser de más de un día por hectárea (o 5 días por cada 5 ha de superficie de agua y 25 días por cada 25 ha); las estructuras de salida del estanque deberán diseñarse teniendo en cuenta estas indicaciones.

3. Los canales de desagüe están por lo general desprovistos de revestimiento, y su sección trasversal suele ser trapezoidal. En la Sección 83 se describen las formas más indicadas de diseño y construcción.

4. Recuerde que para lograr un desagüe satisfactorio y total, el nivel más bajo del canal de desagüe deberá ser al menos 20 cm más profundo que el punto más bajo del estanque.

Canales de desague



A Vaciar dos o más estanques pequeños a la vez

B Vaciar los estanques medianos de uno en uno

C Vaciar los grandes estanques de uno en uno

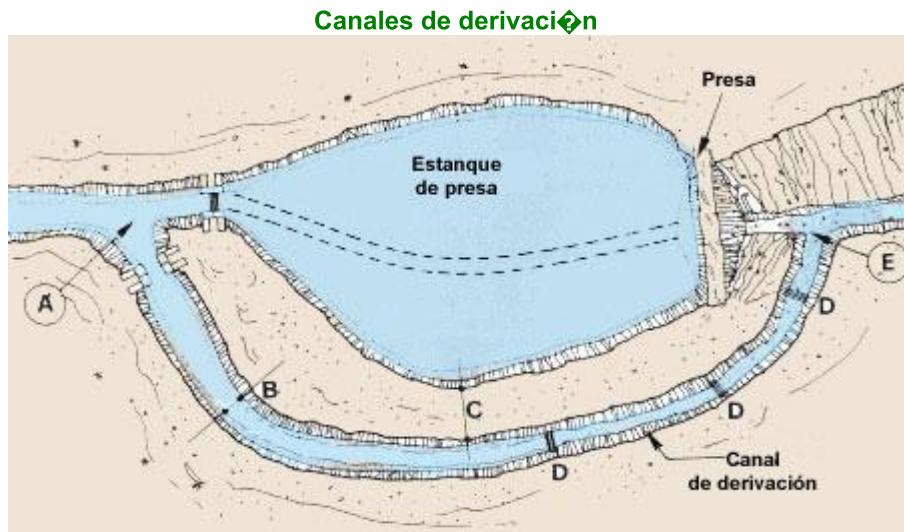
8.6 Canales de desviación

1. Los canales de desviación tienen como objeto desviar el exceso de caudal de la corriente en torno a un estanque de presa, si el estanque está construido en un lugar donde hay probabilidad de crecidas (véase Construcción, Sección 14). Por ello, este tipo de canal debe ser lo bastante profundo y ancho para evacuar el agua sobrante en los casos más graves de crecida. Los canales de desviación **comienzan con una estructura de desviación** (Secciones 7.3 a 7.5).

2. Los métodos de diseño y construcción de los canales de desviación son semejantes a los descritos para los canales de alimentación de tierra (Sección 8.3). Revisten especial importancia los siguientes puntos:

- el nivel inicial del fondo del canal debe ser igual o ligeramente inferior al del nivel del fondo de la corriente;
- las dimensiones del canal deberán ser al menos iguales a las del canal de conducción en plena crecida;
- el canal deberá estar por lo menos a 5 m de distancia de las orillas del estanque;
- al jalonar el eje del canal, coloque todas las partes superiores de las estacas al mismo nivel;
- conviene **diseñar el fondo del canal** sin pendiente ninguna y construir una **serie de estructuras de caída a intervalos regulares** (Sección 8.7). La altura total de estas caídas o saltos deberá ser igual a la diferencia de altura entre el fondo inicial del canal y el fondo original de la corriente en el punto de intersección J;
- al excavar el canal, **comience por la parte de aguas abajo**.

Nota: La construcción de un canal de desviación sólo tiene sentido si sus dimensiones son razonables; de lo contrario, quizás sería mejor elegir otro lugar para el estanque de presa o estudiar la posibilidad de crear estanques de desviación.



A Nivel del fondo de la entrada igual o inferior al nivel del fondo del cauce de la corriente

B Anchura del canal igual a la anchura del cauce de la corriente en los períodos de crecida

C Canal a una distancia mínima de 5 m desde los terraplenes del estanque

D Estructuras de caída

E Empezar a excavar el canal en la parte aguas abajo

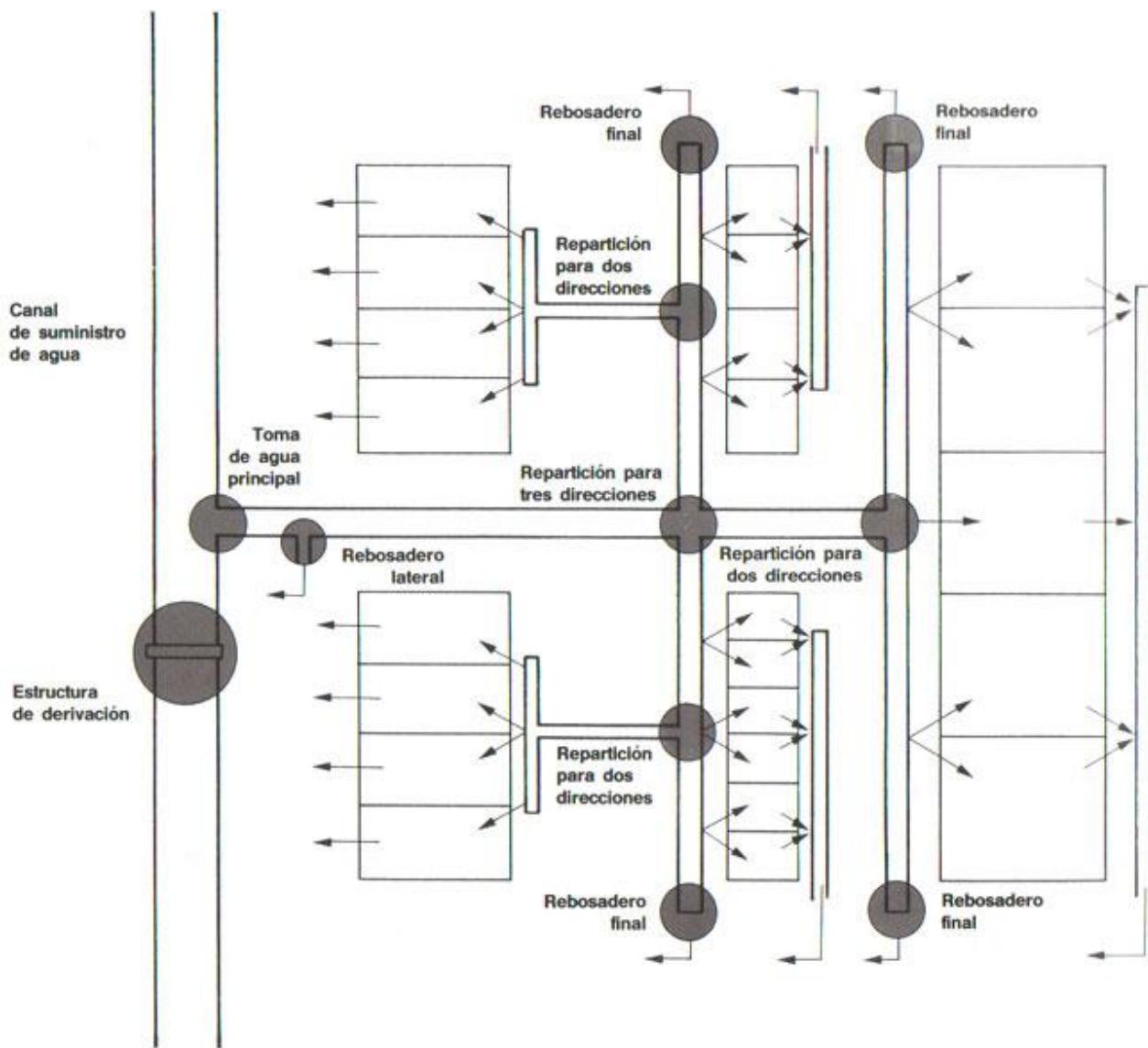
8.7 Estructuras de regulación del agua en los canales

1. En los canales de alimentación se utilizan, con distintos fines, varios tipos de estructuras de regulación del agua **Cuadro 44**.
2. Estas estructuras pueden construirse con diversos materiales, como madera, ladrillos, bloques de hormigón u hormigón, según las disponibilidades locales y las dimensiones de la explotación piscícola. Para elegir el tipo más indicado de material y utilizarlo adecuadamente, consulte el Capítulo 3 de **Construcción**.

CUADRO 44
Estructuras de regulación del agua en los canales

| Obras | Finalidad | Tipo de canal (sección: párrafos) |
|---|--|---|
| COMPUERTA DE REBOSAMIENTO tipo lateral tipo para los extremos | Evacuar toda el agua excedente y vaciar los tramos de los canales para su mantenimiento/reparación | Canal de alimentación (87: 3-5) (87: 21-24) |
| CAMARA DE DISTRIBUCION tipo T tipo X | Dividir el caudal en 2 ó 3 direcciones para elevar el nivel de agua en la sección superior del canal y regular el caudal de agua a nivel de las tomas de agua del estanque | Canal de alimentación (87: 6-15) |
| CAIDA | Reducir la pendiente del canal y la velocidad del agua | Canal de alimentación Canal de derivación (87: 16-20) |
| ESTANQUE DE SEDIMENTACION | Eliminar las partículas del suelo suspendidas en el agua turbia | Canal de alimentación (116) |
| CUENCO AMORTIGUADOR | Reducir la velocidad del agua | (117) |

Obras de regulación del agua para una explotación piscícola pequeña



Nota: Véase Sección 8.1.

Compuertas de desbordamiento laterales

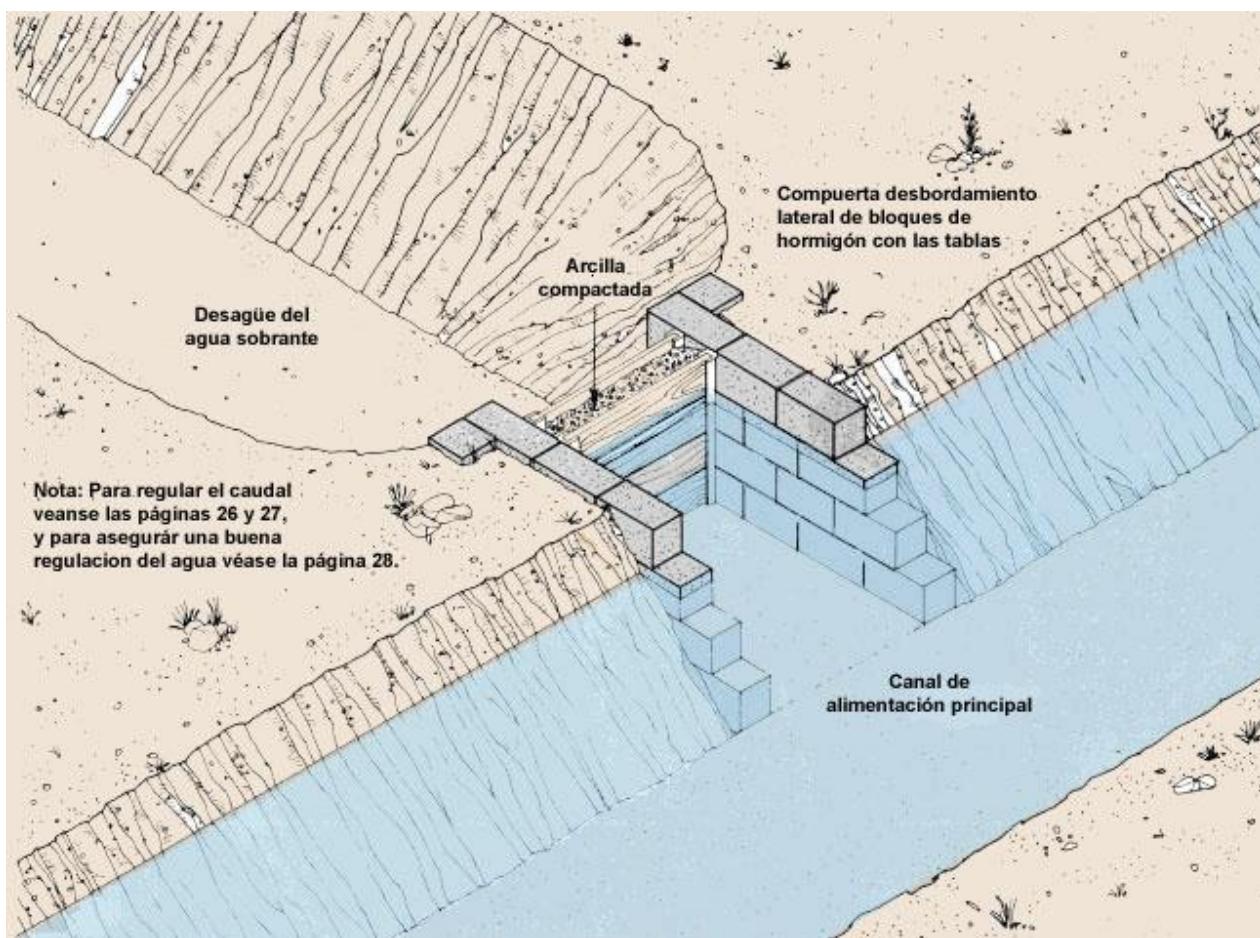
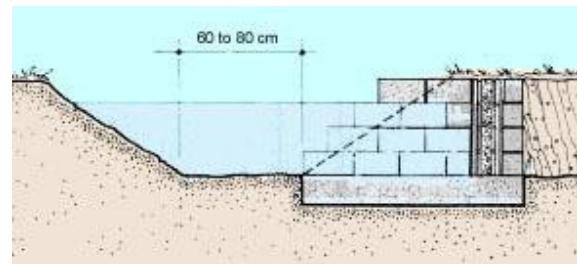
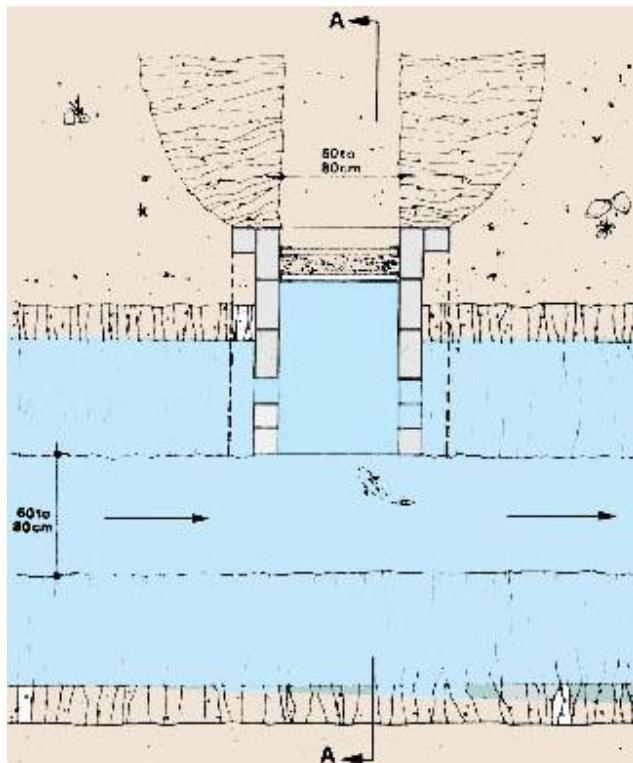
3. Para evitar los daños producidos por elevaciones repentinas del nivel del agua en los canales de alimentación, convendría construir, inmediatamente aguas abajo de la toma principal de agua, una compuerta de desbordamiento lateral. Más abajo, en los diversos canales de alimentación, deberán construirse otras compuertas semejantes.

4. Las compuertas de desbordamiento laterales se construyen en una de las paredes laterales del canal de alimentación. Normalmente son estructuras de sección rectangular, con dos ranuras en las paredes laterales. En estas ranuras se introducen tablones de madera hasta un nivel ligeramente superior al nivel normal del agua del canal. El espacio comprendido entre las dos filas de tablones se rellena bien de suelo arcilloso para evitar las posibles filtraciones de agua. Cuando el canal tiene que vaciarse completamente para su mantenimiento o reparación, se retiran los tablones y la tierra.

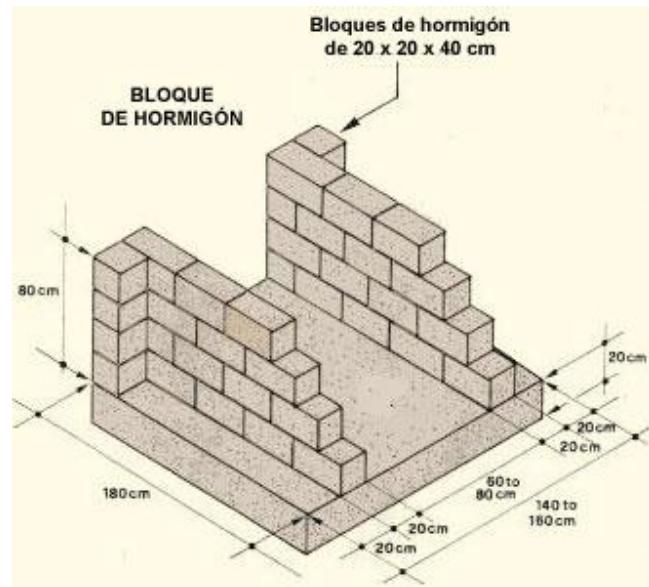
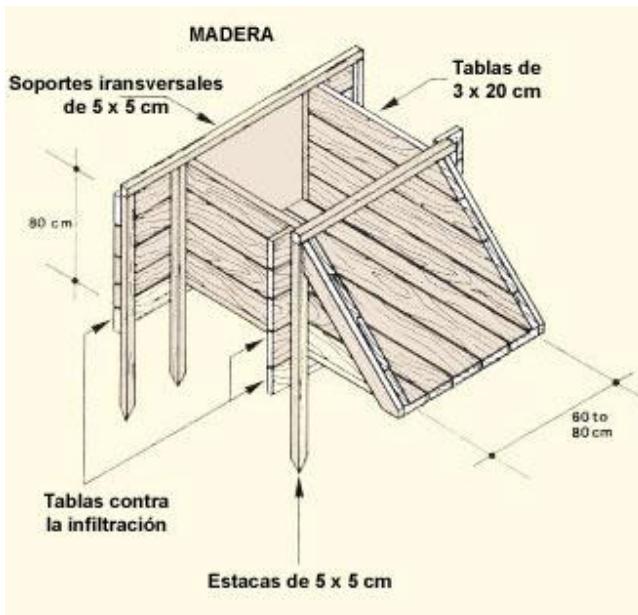
5. Estas **compuertas laterales** se pueden construir de madera, ladrillos, bloques de hormigón u hormigón armado.

Plano de la compuerta de rebosamiento lateral de bloques de hormigón

Sección AA

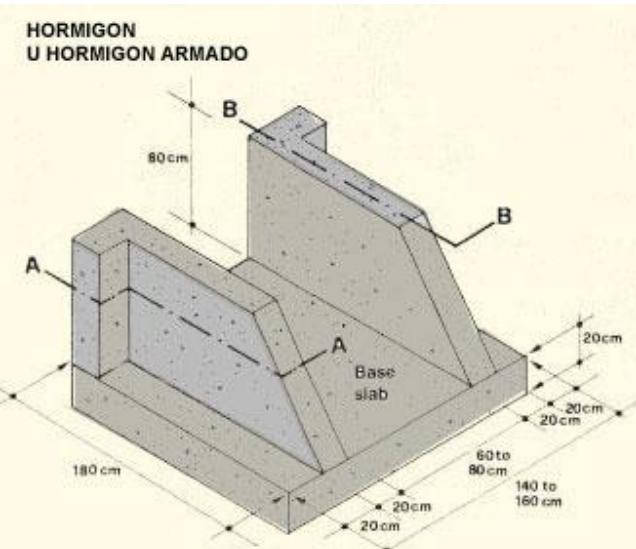
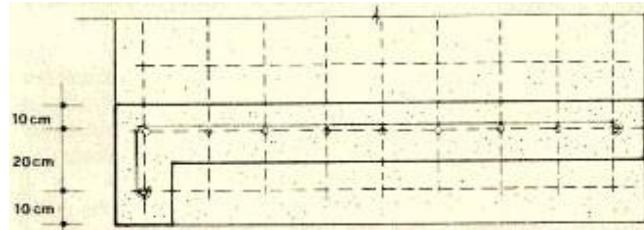


Construcción de una compuerta de rebosamiento final

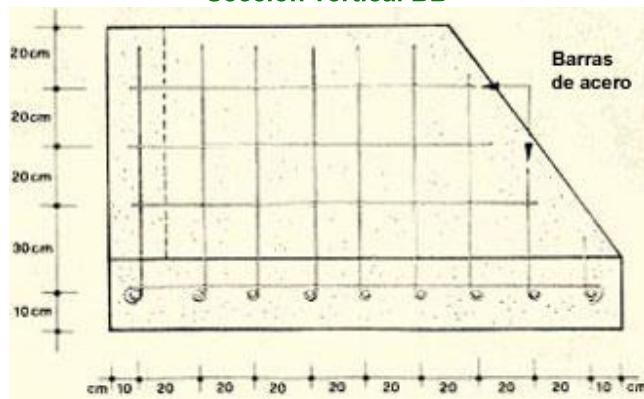


Colocación de barras de acero para hormigón armado

Planta AA



Sección vertical BB



Nota: : Las medidas que se indican resultan adecuadas para sistemas de estanques de tamaño medio; sin embargo, pueden variar según la dimensión de su propio sistema de estanques.

Cámaras de repartición para tres direcciones

- Las cámaras de repartición para tres direcciones se utilizan en los canales de alimentación para desviar parte o la totalidad de su caudal hacia:

- una o dos tomas del estanque; o
- uno o dos canales adicionales de alimentación.

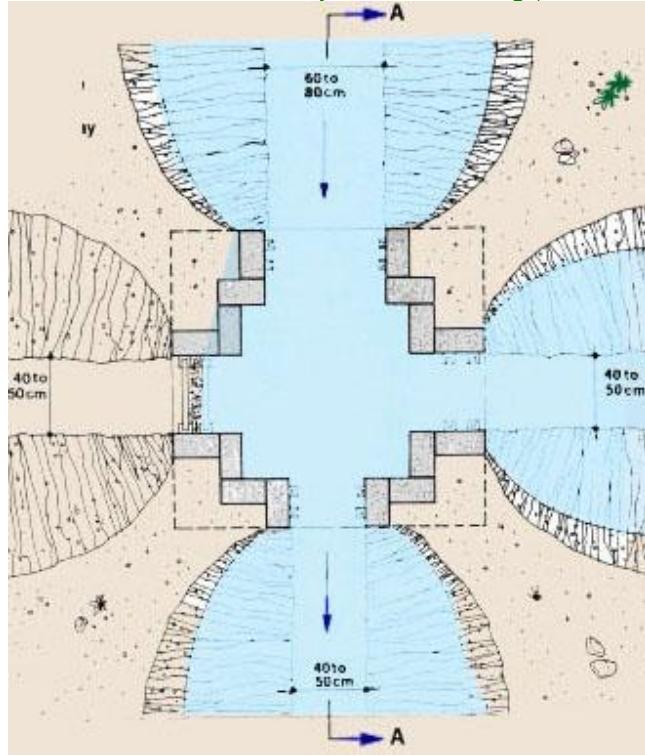
7. Estas estructuras de desviación se disponen normalmente en ángulo recto. Ofrecen las mismas posibilidades que las cámaras de repartición para dos direcciones (párrafos 11 a 15 de la presente sección), pero tienen una abertura adicional.

8. Las cámaras de repartición para tres direcciones se construyen transversalmente al canal de alimentación y a las dos estructuras de desviación. Son estructuras en forma de X, con tres compuertas y series de ranuras, individuales o dobles. Los tablones de madera permiten cerrar o regular independientemente el volumen de agua que pasa por cada una de las compuertas.

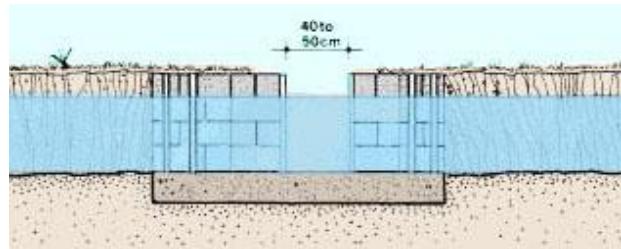
9. La anchura de cada compuerta lateral deberá ser proporcional al volumen de agua que debe pasar por ellas. La anchura de la compuerta frontal varía también según el volumen del caudal que la atraviesa.

10. Las cámaras de repartición para tres direcciones pueden ser de madera, ladrillos, bloques de hormigón u hormigón armado (Capítulo 3).

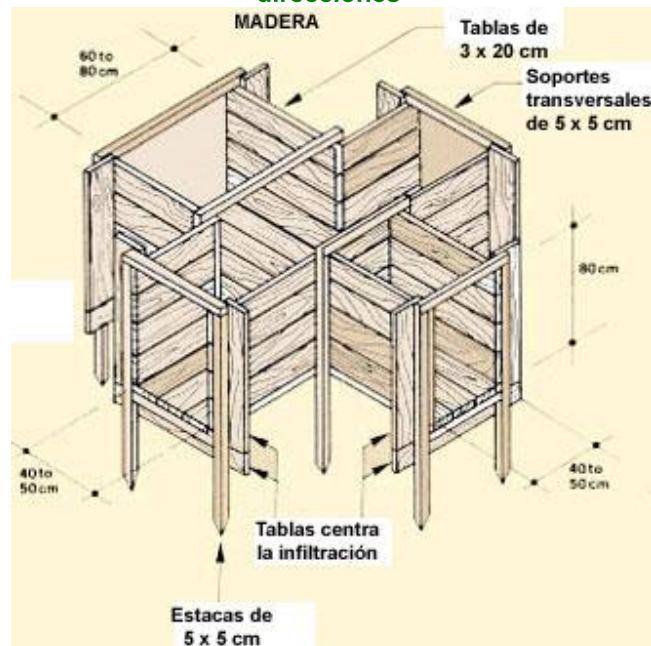
Plano de la cámara de repartición para tres direcciones de bloques o de hormigón

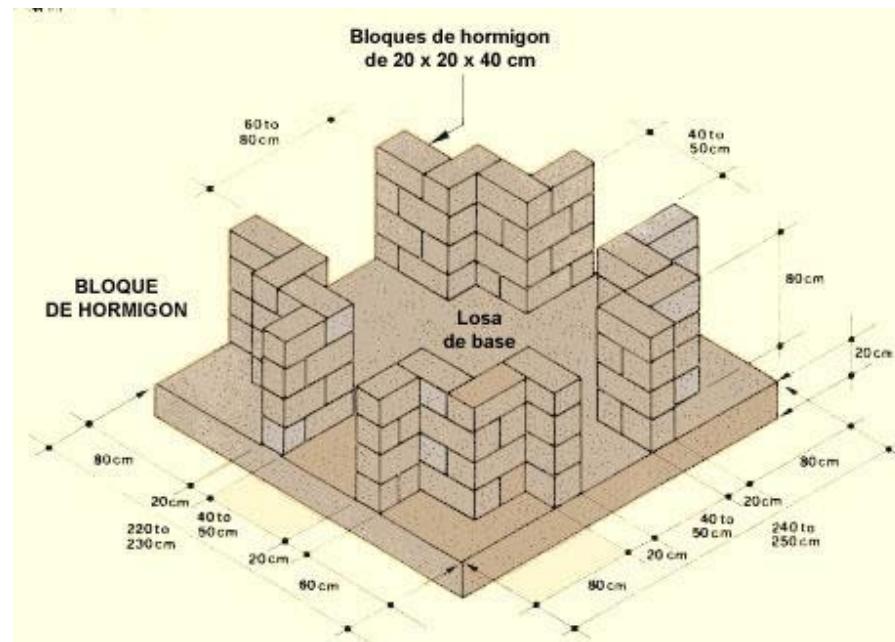


Sección AA

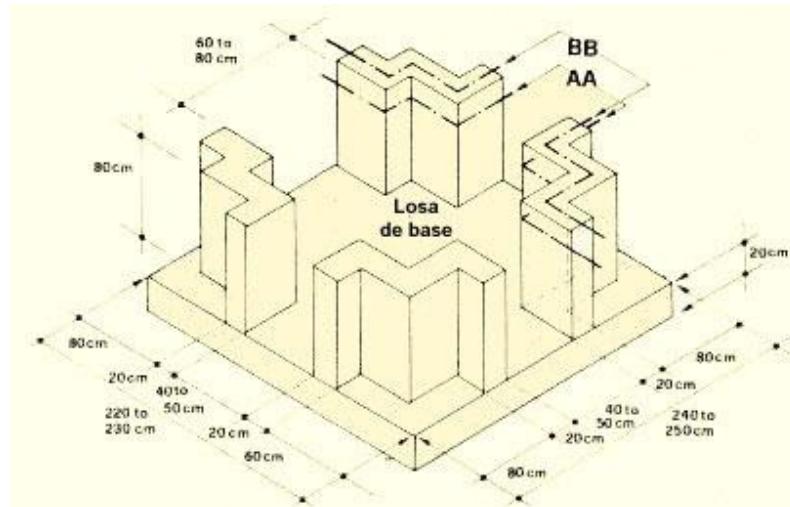


Construcción de una cámara de repartición para tres direcciones

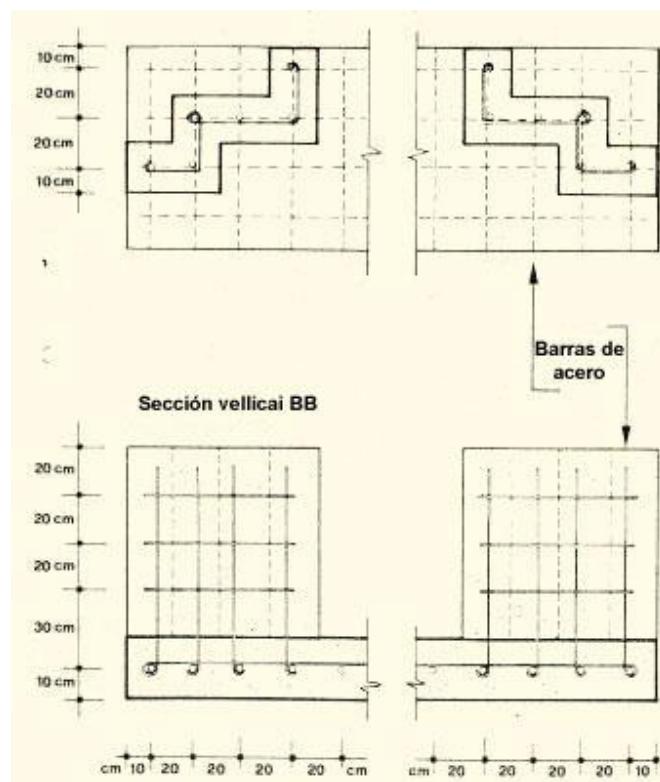




HORMIGON U HORMIGON ARMADO



Colocación de barras de acero para hormigón armado
Planta AA



Nota: Las dimensiones que se indican en esta página y en la 90 resultan adecuadas para sistemas de estanques de tamaño mediano; sin embargo, pueden variar según el tamaño de su propio sistema de estanques.

Cámaras de repartición para dos direcciones

11. Las cámaras de repartición para dos direcciones se utilizan en los canales de alimentación para desviar parte del caudal de agua o la totalidad del mismo hacia:

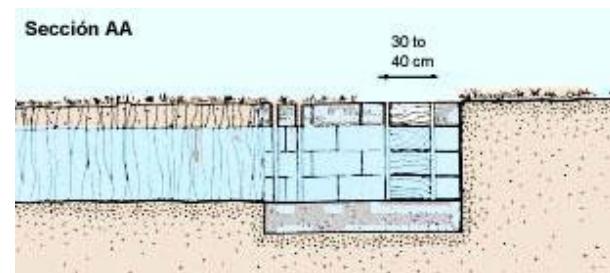
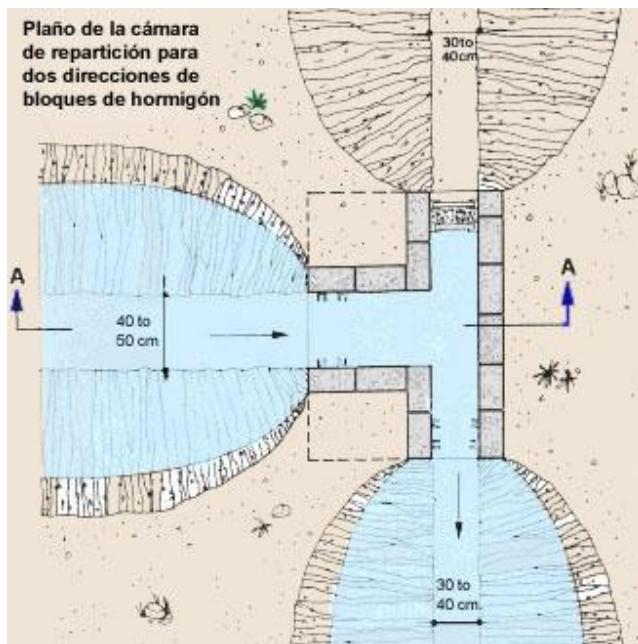
- una toma de agua de un estanque; o
- un canal de alimentación adicional.

12. Normalmente esta estructura de desviación se construye en ángulo recto. La cámara de repartición permite también regular la cantidad de agua que llega a un determinado estanque o canal en un momento dado. Para lograr la máxima entrada de agua en el estanque, se eleva el nivel del agua dentro del canal y se abre por completo la conexión de toma. Cuando se bloquea la conexión de toma del estanque, éste no recibe agua.

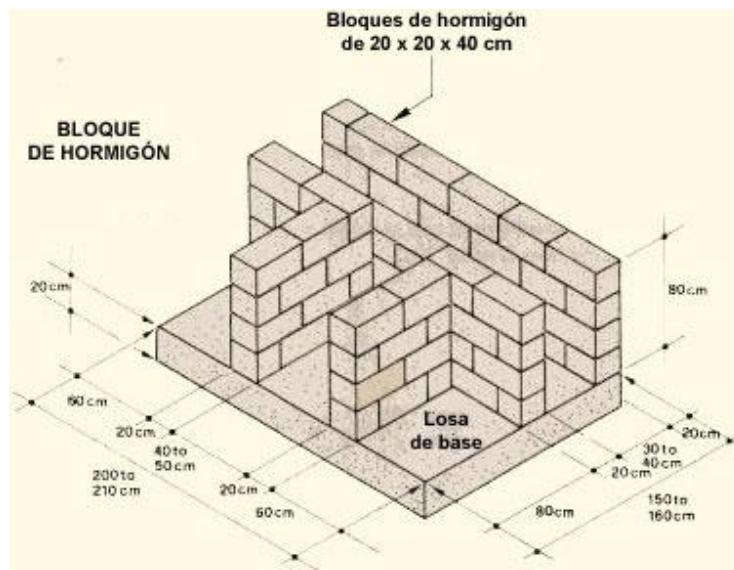
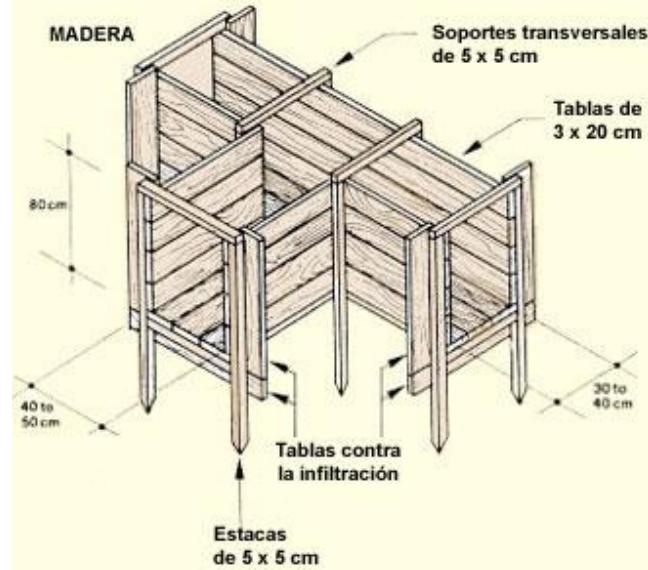
13. Las cámaras de repartición para dos direcciones se construyen en sentido trasversal tanto del canal de alimentación como de la toma de agua del estanque. Se trata de estructuras en forma de T con dos compuertas y series de ranuras, individuales o dobles. Los tablones introducidos en esta ranura sirven para cerrar o regular, independientemente, el caudal que atraviesa cada una de estas compuertas.

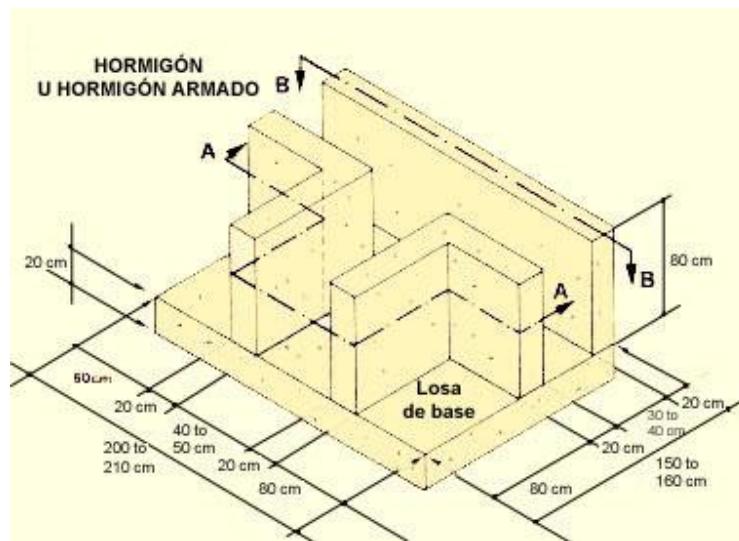
14. **La anchura de la compuerta lateral** deberá ser proporcional al caudal de agua que puede pasar por ella. **La anchura de la compuerta frontal** normalmente no difiere de la correspondiente a la entrada de la cámara.

15. **Las cámaras de repartición** para dos direcciones se pueden construir de madera, ladrillos, bloques de hormigón u hormigón armado (Capítulo 3).



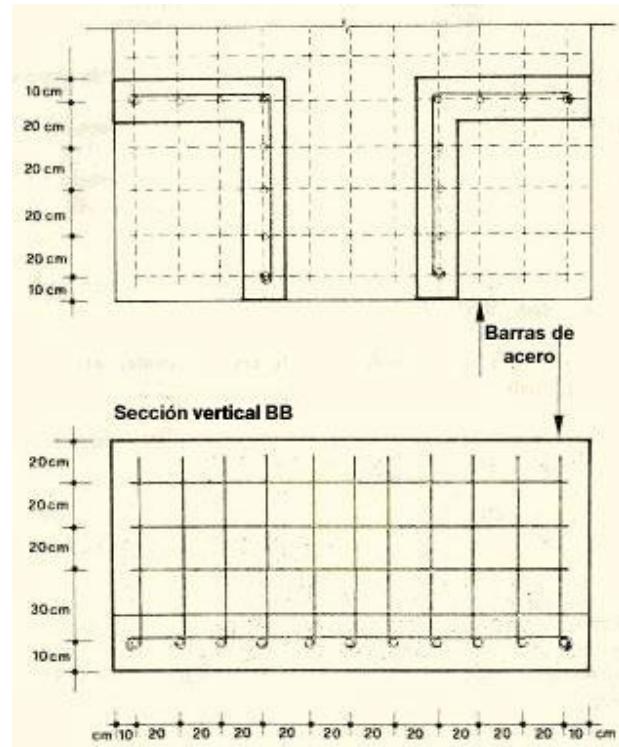
Construcción de una cámara de repartición para dos direcciones





Nota: Las dimensiones que se indican en esta página y en la 93 resultan adecuadas para sistemas de estanques de tamaño mediano; sin embargo, éstas pueden variar según el tamaño de su sistema de estanques.

Colocación de barras de acero para hormigón armado Planta AA



Estructuras de caída

16. Las estructuras de caída se utilizan en los canales de abastecimiento y de desviación cuando es preciso reducir la pendiente del fondo para que la velocidad del agua sea inferior al máximo admisible (Sección 82). Cuando el caudal de agua es relativamente abundante, es mejor que el fondo del canal sea casi horizontal y construir estructuras de caída siempre que sea necesario reducir su altura relativa.

17. Las estructuras de caída pueden construirse de diversas maneras, y ser de madera u hormigón. Para su diseño y construcción, tenga presente los siguientes puntos:

- (a) Ambos lados y la base de la estructura deben quedar profunda y firmemente fijados al suelo.
- (b) El nivel superior deberá ser ligeramente más alto que el nivel de aguas arriba del fondo del canal.

(c) Ensanche la sección trasversal del canal inmediatamente aguas abajo de la calda, profundice el fondo del canal aguas abajo y proteja esta parte con piedras o con hormigón.

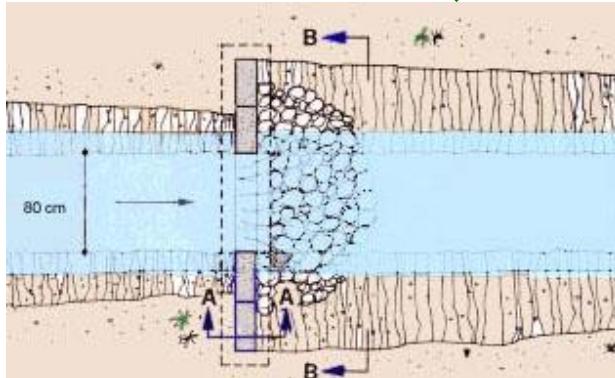
18. En las **construcciones de madera** utilice **madera resistente al agua** (véase Construcción, Sección 3.1). Puede utilizar ramas de árboles, de 10 a 15 cm de diámetro o tablones.

19. Compruebe que la estructura esté bien encajada y que la madera esté bien sujetada.

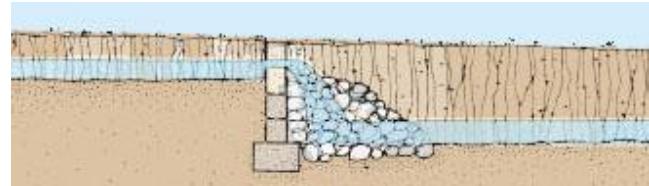
20. Si se trata de una estructura de hormigón o de ladrillo, recuerde que, por su gran peso, debe estar bien construida. Asegúrese de que el cimiento esté bien asentado y de que no haya peligro de erosión a lo largo, o por debajo de su borde.

Nota: Puede utilizar **también estructuras más pequeñas**, normalmente de madera o ladrillo, para caídas de llenos de 20 cm. Son más sencillas y pueden ser más ligeras, pero para una caída total idéntica se necesitará un número mayor.

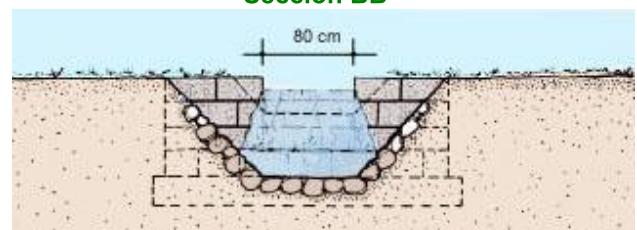
Plano de estructura de caída



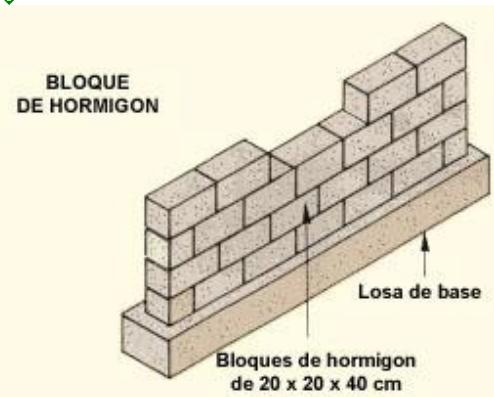
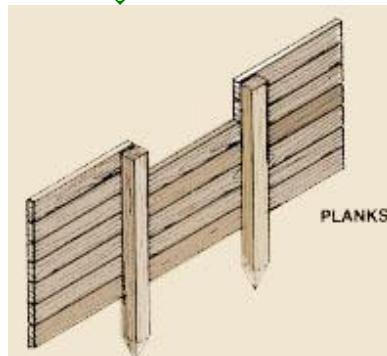
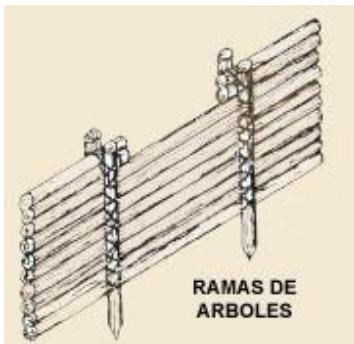
Sección AA



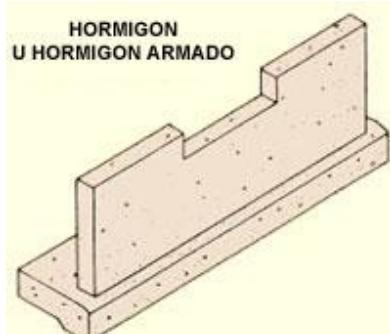
Sección BB

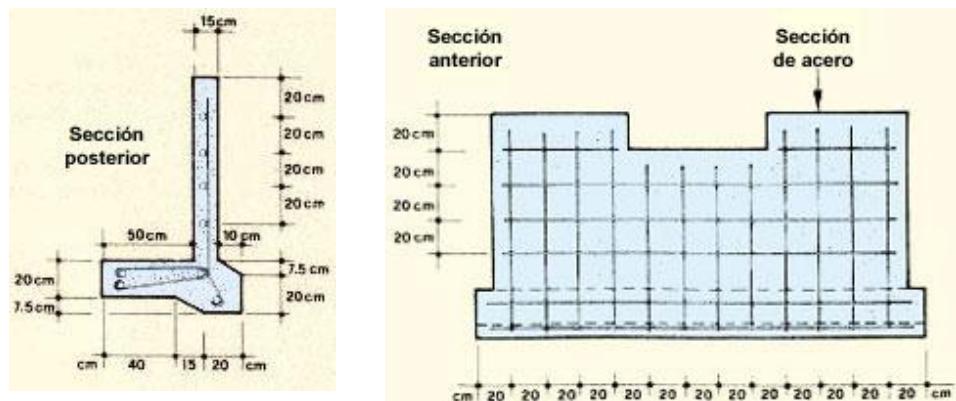


Construcción de una estructura de caída



Construcción de barras de acero para hormigón armado





Compuertas de desbordamiento en los extremos

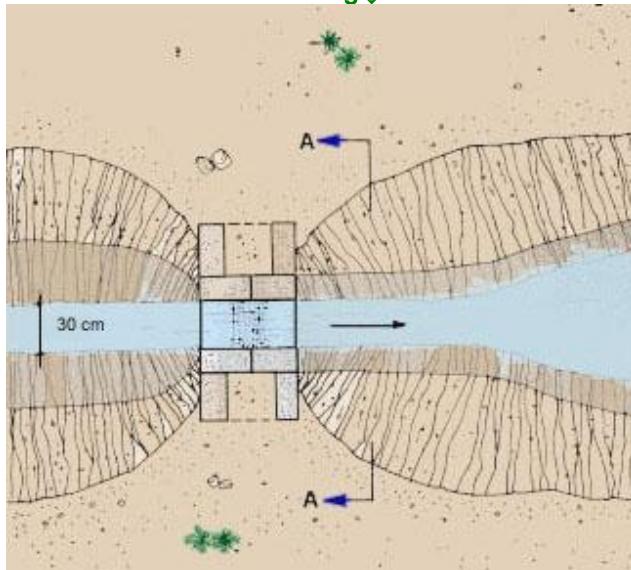
21. Estas compuertas deben construirse en el extremo de todos los canales de alimentación para evacuar el exceso de agua de los estanques y llevarla, por ejemplo, hacia un canal de desagüe o hacia un canal o depresión natural.

22. Se puede construir una compuerta de desbordamiento sencilla con un tubo colocado por encima del nivel de las entradas del estanque.

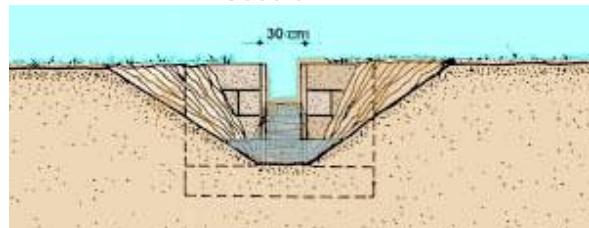
23. Se puede construir también dentro de la sección del canal de alimentación, con forma rectangular y dos series de ranuras. Se utiliza de la misma forma que las compuertas de desbordamiento laterales (Párrafos 3 to 5).

24. **Las estructuras de desbordamiento finales** en los extremos pueden ser de madera, ladrillo, bloques de hormigón u hormigón armado, utilizando siempre los mismos métodos.

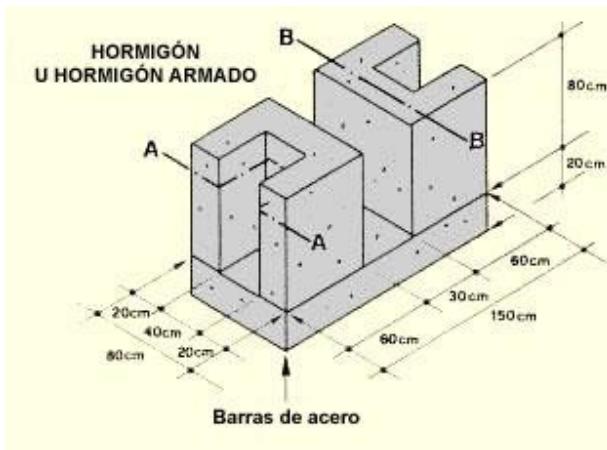
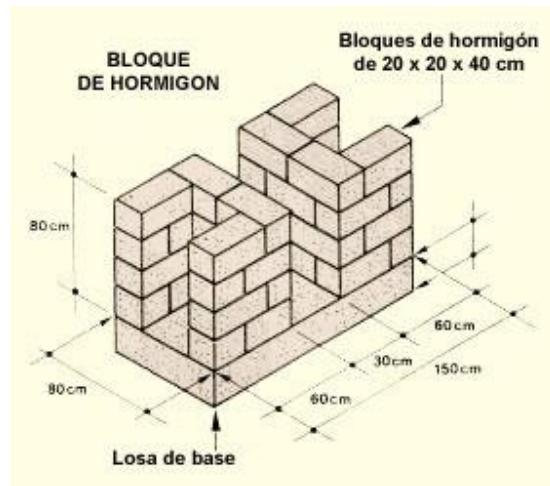
Plano de compuerta de rebosamiento final de bloques de hormigón



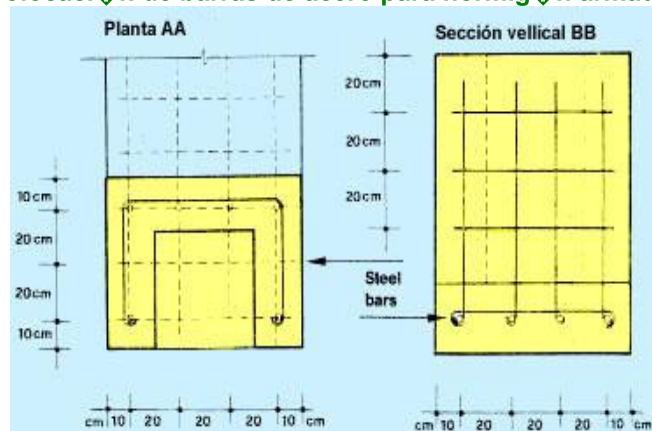
Sección AA



Construcción de una compuerta de rebosamiento final



Colocación de barras de acero para hormigón armado

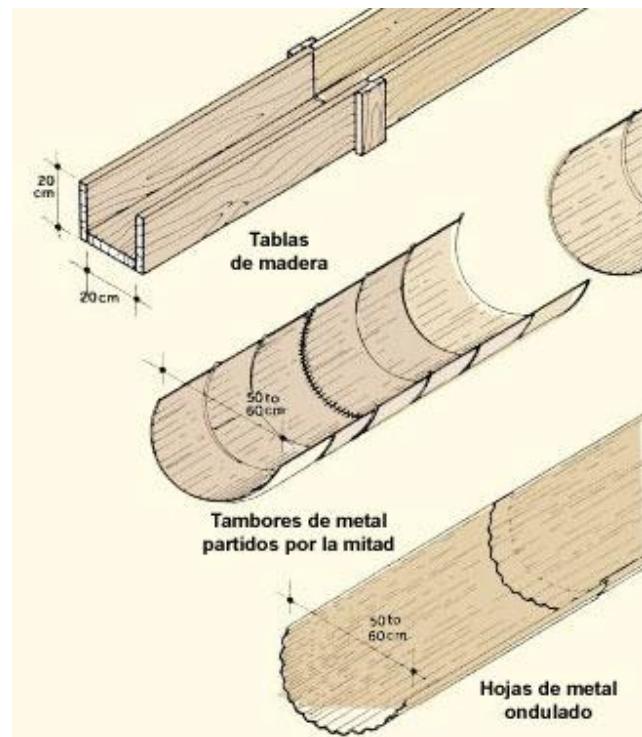


Note: Las dimensiones indicadas resultan adecuadas para las estructuras de los sistemas de estanques de tamaño mediano.

8.8 Acueductos sencillos

1. Los acueductos se utilizan en las explotaciones piscícolas para transportar el agua por encima del nivel del suelo, por ejemplo cuando un canal de alimentación debe pasar por encima de un pequeño canal de desagüe.
2. Se puede construir un acueducto sencillo de tablas de madera, con refuerzos transversales también de madera y soportes de madera a intervalos regulares. La sección trasversal es normalmente rectangular. La velocidad media máxima admisible no deberá pasar de 1,5 m/s ([Cuadro 35](#)). **La capacidad de conducción de agua** de estos acueductos puede estimarse en la forma explicada anteriormente ([Sección 8.2](#)), utilizando un coeficiente de rugosidad $n = 0.014$. Por ello $(1 \diamond n) = 71.43$.
3. Otra posibilidad consiste en utilizar tambores de metal de 200 litros partidos en dos mitades, soldados o atornillados entre sí y fijados a una plataforma construida con madera o piedras.
4. **Las láminas metálicas acanaladas** se pueden ensamblar fácilmente en sentido longitudinal con juntas asfálticas flexibles y puntos de soldadura para formar un acueducto semicircular semejante a los construidos con conducciones elevadas prefabricadas de hormigón o de material plástico para el riego. Los

soportes pueden ser semejantes a los descritos en el caso de los medios tambores metálicos.



Varios modos de sostener un acueducto



8.9 Tubos y sifones

Tuberías cortes

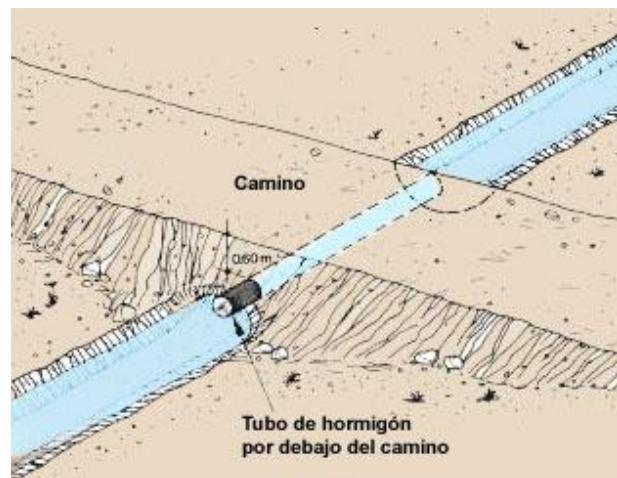
1. Cuando el agua conducida en canales abiertos **debe pasar por debajo de caminos** u otros obstáculos, se puede utilizar una tubería corta. Debe ser lo bastante fuerte para soportar el peso de los vehículos que pasan sobre ella. Se utilizan **frecuentemente tuberías** prefabricadas de hormigón, sumergidas al menos 60 cm por debajo de la superficie (véase **Construcción**, Sección 3.8). Deberá prestarse especial atención a estos dos aspectos:

- calidad de las juntas entre los distintos tramos de tubería; y
- calidad de las conexiones finales entre la tubería y la sección de canal abierta a uno y otro lado del obstáculo.

Ejemplo

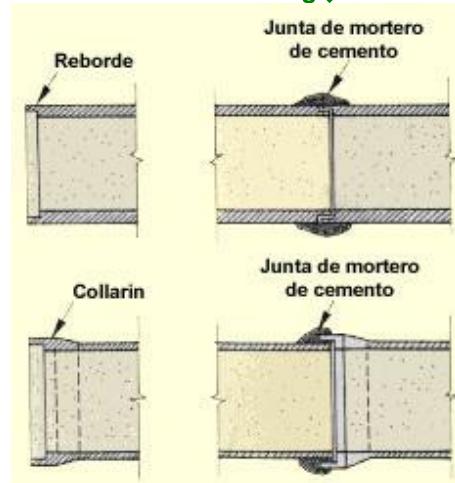
Características de tuberías cortes en cruces con carreteras

| Caudal de agua (l/s) | Diámetro interior de la tubería (cm) | Velocidad del agua (m/s) |
|----------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| 120-140 | 40 | 1.00 |
| 230 | 60 | 0.80 |
| 480 | 80 | 0.95 |



2. Pueden verse más detalles [sobre la colocación de los tubos y la preparación de los cimientos de la tubería en el Capítulo 10.](#)

Tubos de hormigón



Sifones

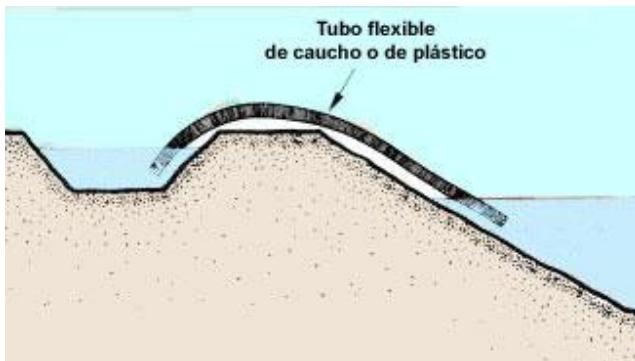
3. Cuando los estanques no cuentan con estructuras de entrada o salida, el agua puede pasar por encima del dique a través de un sifón.

4. Un sifón es **un dispositivo poco costoso** que se puede desplazar a diferentes puntos de la explotación piscícola, según las necesidades. Puede hacerse fácilmente con un trozo de manguera plástica o de caucho flexible. Si la longitud total del sifón es relativamente corta, por ejemplo si se trata de hacer pasar el agua desde un canal de abastecimiento poco profundo a un estanque pequeño, se puede hacer también un sifón rígido, más duradero, con uno de estos métodos:

- doblando un trozo de tubo de plástico;
- doblando láminas de metal galvanizado hasta darles la forma de tubos, soldando cuidadosamente todas las juntas para que cierren herméticamente y soldando luego todos los trozos en forma de V truncada;
- cortando y uniendo (con cemento o cemento disolvente, mediante soldadura, etc.) un tubo de metal o de cloruro de polivinilo.

5. **Para que comience a funcionar el sifón**, recuerde que tiene antes que llenarlo de agua. Sitúe la parte de descarga del sifón al llenos 25 cm por debajo del punto de toma. Mantenga la toma sumergida bajo el agua y deje que el agua corra por el sifón previamente rellenado. Para lograr buenos resultados, se necesita cierta práctica, especialmente si el diámetro del sifón es grande ([Sección 10.2](#)).

Desague con sifón



6. La capacidad de descarga de agua de un sifón depende de estos dos factores:

- **el diámetro interior del tubo;**
- **la altura de caída,** o diferencia de elevación entre la superficie del agua en el nivel superior y la superficie del agua en el extremo más bajo (si la salida del sifón está sumergida), o el centro de la salida del sifón (si el agua fluye libremente).

7. Se puede estimar la capacidad de descarga de agua del sifón (en l/s) utilizando los Gráficos 11 y 12 a partir de esas dos medidas. Se puede utilizar también el Cuadro 45 para los pequeños sifones y cargas de baja presión.

Ejemplo

El diámetro interno de su sifón es de 5 cm y la altura de caída de 21 cm. Utilizando el Gráfico 11, se observa que la capacidad de descarga de agua es igual a aproximadamente 2,5 l/s.

El diámetro interno del sifón mide 18 cm y la altura de caída es de 27,5 cm. Con el Gráfico 12 se puede estimar que la capacidad de descarga de agua equivale a 35 l/s.

Capacidad de descarga de agua

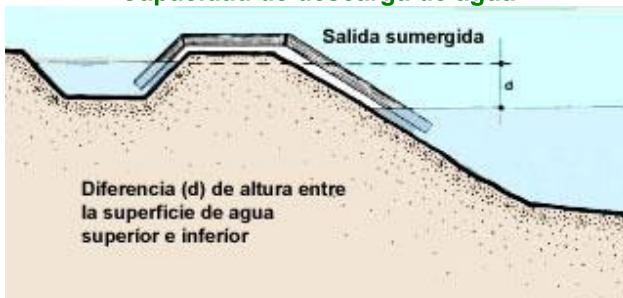


GRAFICO 11
Sifones con diámetro interior de llenos de 9 cmcm

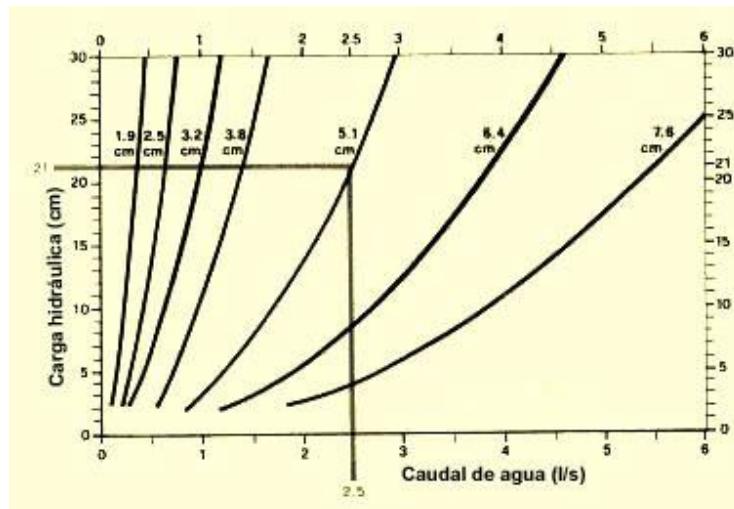
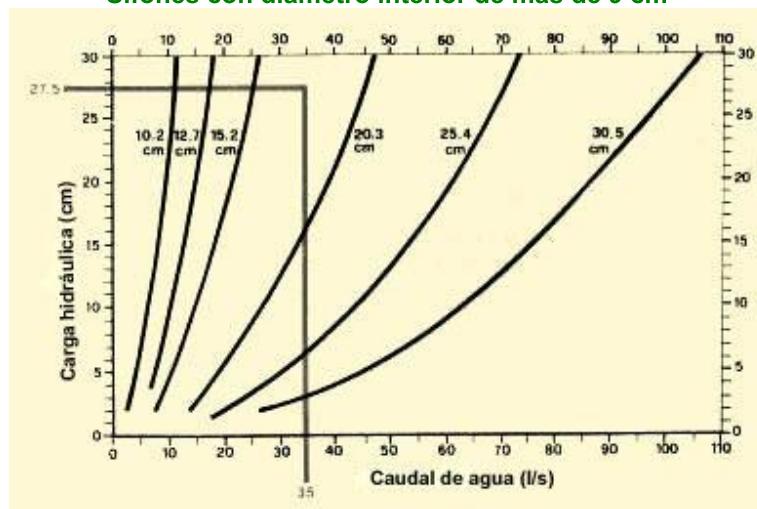


GRAFICO 12
Sifones con diámetro interior de más de 9 cm



CUADRO 45
Caudal a través de pequeños sifones con baja altura de presión (l/s)

| Diametro interior del sifón (cm) | Altura de presión(cm) | | | | | | |
|----------------------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
| | 5 | 7.5 | 10 | 12.5 | 15 | 17.5 | 20 |
| 4 | 0.75 | 0.91 | 1.06 | 1.18 | 1.29 | 1.40 | 1.49 |
| 5 | 1.17 | 1.43 | 1.65 | 1.85 | 2.02 | 2.18 | 2.33 |
| 6 | 1.68 | 2.06 | 2.38 | 2.66 | 2.91 | 3.14 | 3.36 |
| 7 | 2.29 | 2.80 | 3.24 | 3.62 | 3.96 | 4.28 | 4.58 |
| 8 | 2.99 | 3.66 | 4.23 | 4.72 | 5.18 | 5.59 | 5.98 |
| 9 | 3.78 | 4.63 | 6.35 | 5.98 | 6.55 | 7.07 | 7.56 |
| 10 | 4.67 | 5.72 | 6.60 | 7.38 | 8.09 | 8.73 | 9.34 |

