

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 7 | 146 |
| DISEÑO ESTRUCTURAL DE CANALES..... | 146 |
| 7.1 GENERALIDADES | 146 |
| 7.2 CARGAS QUE ACTUAN EN LA ESTRUCTURA DEL CANAL..... | 146 |
| 7.2.1 Pesos específicos de las cargas muertas..... | 146 |
| 7.2.2 Cargas vivas uniformes que actúan en la cubierta de operación | 147 |
| 7.2.3 Presiones laterales | 147 |
| 7.2.4 Otras presiones | 148 |
| 7.3 ESTABILIDAD | 148 |
| 7.3.1 Capacidad portante..... | 148 |
| 7.3.1 Coeficiente de deslizamiento..... | 148 |
| 7.3.2 Resistencia al volteo..... | 149 |
| 7.4 CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES | 149 |
| 7.4.1 Concreto reforzado | 149 |
| 7.5 ECUACIONES PARA REFUERZO CONTINUO DE ACERO (SEGÚN USACE)..... | 151 |
| 7.6 BORDE LIBRE EN CANALES..... | 151 |
| 7.7 BERMA DE SEGURIDAD..... | 153 |
| 7.8 PÉRDIDAS POR INFILTRACIÓN EN CANALES..... | 153 |
| 7.8.1 Medida directa en campo..... | 153 |
| 7.8.2 Fórmula de Pavlovski..... | 154 |
| 7.9 NOTAS GENERALES Y REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA EL REFUERZO DE ACERO EN LA ESTRUCTURA DE UN CANAL | 155 |
| 7.9.1 Empalmes y longitud de empalme..... | 155 |
| 7.9.2 Biselado (Chamfer) | 156 |
| 7.9.3 Recubrimientos..... | 156 |
| 7.9.4 Colocado | 156 |
| 7.9.5 Espaciamiento..... | 156 |
| 7.9.6 Ganchos Estándares..... | 156 |
| 7.9.7 Diseño | 156 |
| 7.9.8 Detalle de empalmes | 157 |
| 7.9.9 Detalle típico de esquinas | 158 |
| 7.10 BIBLIOGRAFIA | 158 |

CAPÍTULO 7

DISEÑO ESTRUCTURAL DE CANALES

7.1 GENERALIDADES

Los canales son conductos que sirven para el transporte del agua, desde el punto de captación hasta el punto de entrega para su uso (generación de energía eléctrica, riego, uso poblacional, etc.). Generalmente los canales que se utilizan en las plantas hidroeléctricas son revestidos, en cambio, por razones de costo en lo que se refiere a la inversión inicial, en la mayoría de los casos, los canales con fines de irrigación se dejan sin revestir.

Para el diseño de estructuras de canales, el ingeniero deberá conocer los tipos de materiales, dimensiones apropiadas, el refuerzo de acero en proporciones normadas, para proporcionar estabilidad hidráulica y estructural.

El diseño hidráulico proporciona: (1) una capacidad adecuada para la estructura del canal cuando se quiere conducir el flujo a una profundidad deseada. (2) un borde libre adecuado, en caso de avenidas. (3) Permite la disipación de energía con turbulencia mínima aguas abajo de las estructuras. (4) Una proporcionalidad estructural en algunas transiciones para minimizar las pérdidas de carga hidráulicas.

El estudiante deberá aplicar sus conocimientos adquiridos en la materia de Hidráulica II de la carrera de Ingeniería Civil y verificar el diseño hidráulico, para conseguir los objetivos antes planteados.

El diseño estructural proporciona: Un espesor adecuado de concreto y patrones de acero para el refuerzo, para resistir momentos de flexión, fuerzas hidrostáticas (empuje), y esfuerzos de corte originados por cargas en la estructura.

La estabilidad del canal proporciona: dimensiones estructurales adecuadas de manera que para la mayoría de los materiales del suelo de fundación, la estructura será: (1) resistente al deslizamiento y al volteo, (2) una estructura que previene la infiltración evitando la remoción de materiales de la fundación, y (3) una estructura que su fundación esté sometida a presiones menores que la máxima presión portante permitida.

7.2 CARGAS QUE ACTUAN EN LA ESTRUCTURA DEL CANAL

La estructura de un canal debe ser capaz de resistir cargas muertas, cargas vivas en la superficie, presiones laterales, subpresiones, cargas transmitidas por automóviles, etc.

7.2.1 Pesos específicos de las cargas muertas

Los pesos específicos de las cargas muertas comúnmente utilizados en el diseño estructural de canales son:

| Carga | Peso específico (kg./m ³) |
|-----------------------|---------------------------------------|
| Agua | 1000 |
| Relleno precompactado | |
| Seco | 1600 |
| Saturado | 2000 |
| Relleno compactado | |
| Seco | 1950 |
| Saturado | 2400 |
| Concreto | 2400 |

Cuadro 7.1 Pesos específicos de las cargas muertas en un canal

7.2.2 Cargas vivas uniformes que actúan en la cubierta de operación

Las cubiertas de operación en estructuras que utilizan perfiles (“stoplogs”) son diseñadas para una carga viva uniforme de 150 libras por pulgada cuadrada; de otra forma utilice una carga de diseño de 100 lb/pulg². Las cubiertas o losas para compuertas radiales requerirán de condiciones especiales de diseño estructural.

7.2.3 Presiones laterales

Las presiones laterales provienen de diferentes fuentes, y actúan en los muros de la estructura. Dicha estructura deberá ser capaz de resistir los efectos de las fuerzas resultantes de esas presiones, por medio de la utilización de refuerzo de concreto.

- a. **Agua** La presión de trabajo causada por el agua es de 62.4 lb/pie². La distribución de la presión tiene forma triangular y la fuerza resultante actúa a un tercio de la altura por encima de la base del diagrama de presiones.
- b. **Tierra** Las presiones activas del terreno pueden ser determinadas por medio de la ecuación de Rankine o Coulomb¹. El diagrama de presiones es de forma triangular, como del agua, con la fuerza resultante actuando a un tercio por encima de la base del diagrama. Debido a la similitud que existe con la distribución de presiones del agua, la presión causada por el terreno es a veces considerada como una presión equivalente a la del fluido. Las estructuras de canales normalizadas han sido diseñadas estructuralmente para resistir una presión activa lateral del terreno húmedo de 30 psf por pie de profundidad, y para una presión activa lateral de un suelo saturado equivalente a 85 psf por pie de profundidad. A menos que el suelo tenga características especiales, estos valores considerados, son adecuados para el diseño de estructuras en pequeños canales.
- c. **Sobrecarga del equipo de construcción y operación**, los muros de la estructura deben ser diseñados para resistir los efectos de la maquinaria pesada que transmiten cargas a través del terreno adyacente a la estructura. Se utiliza un equivalente de carga adicional de presión lateral del terreno a 2 pies de profundidad. Como resultado se tiene una distribución uniforme de la presión lateral del terreno (rectangular) de 60 psf, desde la superficie del relleno al fondo del muro.
- d. **Hielo**, Las cargas de hielo en la estructura deben considerarse si se requiere que el canal este en operación en época de invierno en zonas frías.

¹ Tema de Presión activa del suelo, de la materia “Mecánica de Suelos II” de la carrera de Ingeniería Civil (UMSS)

- e. **Viento**, Las cargas de viento en estructuras de irrigación pequeñas no están incluidas en los análisis estructurales y de estabilidad.

7.2.4 Otras presiones

- a. **Subpresiones del agua (Uplift)**, Estas presiones son causadas por el agua que se infiltra por debajo y a lo largo de los lados de las estructuras hidráulicas, reduciendo el peso efectivo de la estructura y por lo tanto son importantes en el análisis de estabilidad.
- b. **Sísmicas**, generalmente imparten presiones adicionales a las del terreno y del agua, pero no son de mayor consideración en el diseño estructural de pequeñas estructuras de irrigación.

7.3 ESTABILIDAD

7.3.1 Capacidad portante

Las presiones portantes en la fundación para estructuras pequeñas son de menor magnitud y generalmente serán menores a las presiones portantes admisibles para los diferentes tipos de suelo. Sin embargo es necesario proporcionar un tratamiento a las fundaciones, en caso de suelos de fundación de baja densidad o expansivos. Comúnmente, la hidrocompactación por acumulación será suficiente para consolidar suelos de baja densidad. Un tratamiento utilizado con frecuencia para el tratamiento de suelos expansivos, es la remoción del suelo de fundación, y su reemplazo por suelo compactado no expansivo.

7.3.1 Coeficiente de deslizamiento

Cualquier estructura sujeta a presiones laterales diferenciales debe ser capaz de resistir efectos de deslizamiento. La resistencia al deslizamiento se desarrolla por el esfuerzo de corte a lo largo de la superficie de contacto de la base de la estructura y la fundación, o por el esfuerzo de corte del material de la fundación misma. El esfuerzo de corte desarrollado por la cohesión es omitido y solo se toma en cuenta el esfuerzo de corte ocasionado por la fricción mecánica en la interfase de la base y fundación, para el análisis al deslizamiento de pequeñas estructuras. Comúnmente se utiliza un coeficiente de deslizamiento admisible de 0.35, a menos que el suelo tenga características especiales. Esto puede ser expresado como:

$$\frac{\sum H}{\sum N} = 0.35 \quad (7-1)$$

dónde:

$\sum H$ = sumatoria de las fuerzas laterales actuantes, paralelas al plano de falla asumido.

$\sum N$ = sumatoria de las fuerzas que actúan normalmente al plano de falla asumido, reducidas por subpresión.

Siempre debe colocarse dentellones al inicio y al final del muro.

7.3.2 Resistencia al volteo

Para prevenir volteo, la suma de los momentos que estabilizan la estructura debe exceder a la sumatoria de los momentos de volteo en la estructura. La resultante de todas las fuerzas actuantes en toda la estructura debe caer en el tercio medio de la base de la estructura para proporcionar seguridad contra el volteo. Esta ubicación de la resultante también permite una distribución más uniforme de la presión portante en la fundación.

7.3.3 Infiltración

Todas las estructuras de canales estandarizadas tienen suficiente longitud para permitir un factor de infiltración de 2.5 o más. Esto es considerado para la mayoría de los suelos para prevenir tubificaciones en los materiales de fundación debajo o adyacentes a las estructuras pequeñas. Bajo operación ordinaria, la carga hidráulica diferencial máxima a través de la estructura causa infiltración de poca duración.

7.4 CONSIDERACIONES ESTRUCTURALES

7.4.1 Concreto reforzado

a. Esfuerzos admisibles

Las estructuras estandarizadas de canales adjuntas incluidas que poseen espesor de concreto, tamaño y espaciamiento de barras de refuerzo, fueron diseñadas por el método de tensión de trabajo basado en un esfuerzo del concreto de 4000 lb/pulg² a los 28 días (f'_c), y refuerzo de acero con un esfuerzo mínimo de trabajo de 60000 psi (f_y). Las tensiones de trabajo admisibles utilizadas son 1800 psi de compresión (f_c) para el concreto y 24000 psi de tensión (f_s) para el refuerzo de acero. Para muchas de las estructuras pequeñas estandarizadas, el patrón de control en el diseño esta dado por el espesor mínimo nominal de concreto y el refuerzo mínimo de acero. En estos casos los esfuerzos de concreto y acero pueden ser reducidos sin comprometer la integridad de la estructura.

b. Requerimientos mínimos de refuerzo

El refuerzo mínimo utilizado para diseño de canales debe ser de barras de $\frac{1}{2}$ "cada 30 cm. cuando el refuerzo es colocado en una sola capa, o cuando las caras expuestas de concreto son reforzadas. En las caras no expuestas del concreto que tienen dos capas de refuerzo, el acero mínimo debe de ser de barras de $\frac{1}{2}$ " cada 45 cm (18 pulg).

Los muros y otros miembros estructurales deben tener un porcentaje total de refuerzo horizontal igual a la suma de los porcentajes requeridos en ambas caras determinadas para refuerzo de doble cara.

| Caso | % Area de refuerzo de acero |
|--|-----------------------------|
| Revestimientos menores a 10 cm. | 0.10 |
| Placas y revestimientos no expuestos al sol con juntas separadas a no más de 10 m. | 0.25 |
| Placas y revestimientos expuestos al sol con juntas separadas a no mas de 10 m. | 0.30 |
| Placas y revestimientos no expuestos al sol con juntas separadas a más de 10 m. | 0.35 |
| Placas y revestimientos expuestos al sol con juntas separadas a mas de 10 m. | 0.40 |

Cuadro 7.2 Refuerzo de acero en una sola cara

| Caso | % Area de refuerzo de acero |
|--|-----------------------------|
| Cara adyacente a la tierra y juntas separadas a menos de 10 m | 0.10 |
| Cara adyacente a la tierra y no expuesta al sol, con juntas separadas a menos de 10 m. | 0.15 |
| Cara no adyacente a la tierra y expuesta al sol, con juntas separadas a menos de 10 m. | 0.20 |
| Si las juntas son a más de 10 m | Añadir 5% a lo anterior |

Cuadro 7.3 Refuerzo en dos caras

Si un miembro estructural excede los 30 pies en cualquier dirección paralela al refuerzo, deberá añadirse un porcentaje adicional de 0.05 % de área de acero.

El espaciamiento del refuerzo no deberá exceder a 3 veces el espesor del miembro para refuerzo de temperatura, y 2 veces el espesor del miembro para las barras de esfuerzo.

Otros requerimientos mínimos y notas generales para el diseño, esquema y detalles del refuerzo se indican en el anexo correspondiente.

c. Espesor mínimo de paredes

Para proporcionar facilidad en el vaciado del concreto y asegurar un buen agarre entre el refuerzo y el concreto, el espesor mínimo de las paredes de concreto debe ser 1 pulg. por pie de altura (5" como mínimo) para paredes hasta 8 pies de alto.

Para paredes que exceden los 8 pies de altura, el espesor mínimo de concreto debe ser de 8" más $\frac{3}{4}$ " por cada pie de altura mayor a 8 pies.

d. Estribos

En canales de concreto deben ser colocados con espaciamientos menores a 45 cm, ó 2 veces el espesor del muro.

7.5 ECUACIONES PARA REFUERZO CONTINUO DE ACERO (SEGÚN USACE)

Las siguientes ecuaciones para la selección del refuerzo de acero continuo en concreto fueron tomadas del manual TM 5-825-3 del cuerpo de ingenieros de la armada de los Estados Unidos (USACE):

$$P_1 = (1.3 - 0.2F) \frac{100f_1}{f_s} \quad (7-3)$$

$$P_1 = \frac{100f_1}{2(f_s - \nabla T \cdot n_c \cdot E_s)} \quad (7-4)$$

$$P_1 = \frac{100f_1}{f_s} \quad (7-5)$$

dónde:

P_1 = porcentaje del acero de refuerzo requerido longitudinalmente.

F = Factor de fricción del suelo de soporte (se sugiere 1.5 a menos que este valor sea conocido)

f_1 = El esfuerzo de tensión del concreto a los 7 días utilizando el esfuerzo de rotura; para esfuerzos de concreto de 25 Mpa (3000 psi) a los 28 días, el valor de f_1 puede ser tomado como 2 Mpa (230 psi).

$$f'_1 = 0.45 \cdot (6.5) \cdot (1.5) \cdot \sqrt{3500} = 230 \text{ psi.}$$

f_s = esfuerzo de trabajo del acero de refuerzo, 75 % del esfuerzo de fluencia del acero. Esto permite un factor de seguridad de 1.33

∇T = Variación de temperatura de acuerdo a la estación

n_c = coeficiente de expansión termal del concreto

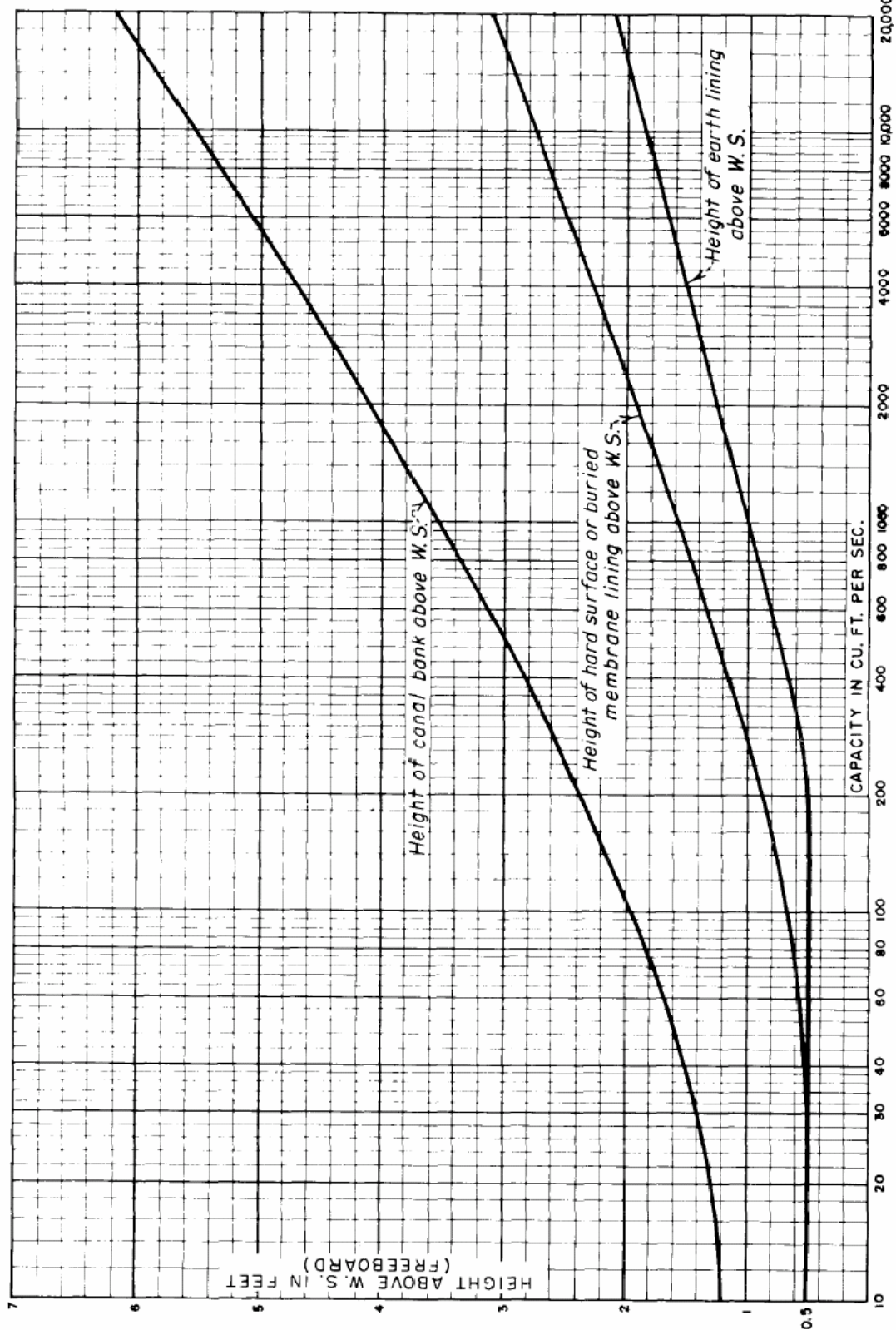
E_s = módulo de elasticidad del acero.

7.6 BORDE LIBRE EN CANALES

El revestimiento de los canales y las márgenes del canal se extienden por encima del nivel normal de agua, como una medida de seguridad frente al rebalse. El borde libre de un canal es la distancia vertical desde la parte superior del canal hasta la superficie del agua en la condición de diseño. Esta distancia debe ser lo suficientemente grande para prevenir que ondas o fluctuaciones en la superficie del agua causen desbordes por encima de los lados. Este factor se vuelve muy importante en especial en el diseño de canaletas elevadas, debido a que la subestructura de éstos puede ponerse en peligro por cualquier desborde.

El borde libre en un canal no revestido o lateral por lo general estará gobernado por condiciones de tamaño y localización del canal, caudal de aguas de lluvias entrante, fluctuaciones del nivel freático causadas por estructuras de control de flujo, acción del viento, características del suelo, requerimientos para la operación de carreteras y disponibilidad de material excavado.

GENERAL REQUIREMENTS AND DESIGN CONSIDERATIONS



15

Figure 1-9. Freeboard for canal banks and freeboard for hard surface, buried membrane, and earth linings. 103-D-1195

Figura 7.2 Borde Libre para las márgenes del canal y borde libre medido hacia la superficie desde el revestimiento.

La figura 7.2 muestra la distancia vertical a la cuál el revestimiento del canal y las márgenes del canal deben ser extendidas por encima de la superficie normal de agua para proporcionar un borde libre adecuado.

7.7 BERMA DE SEGURIDAD

La Berma de seguridad recomendada por el U.S. Bureau of Reclamation se encuentra en el cuadro 7.4, y esta en función al tirante en el canal:

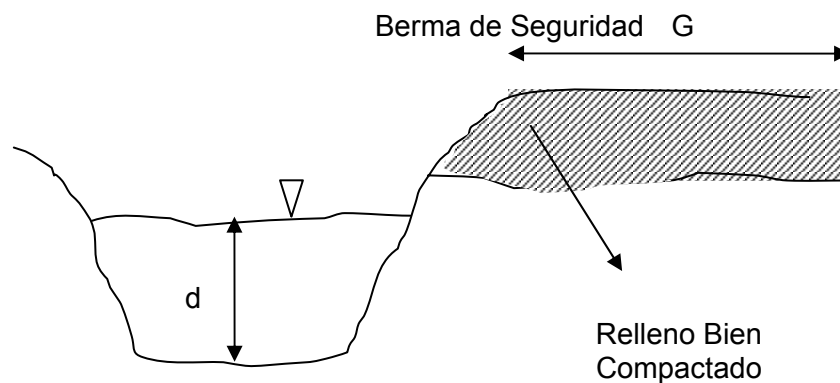


Figura 7.1 Berma de seguridad en un canal

| d (m) | G (m) |
|---------|-------|
| 0.6 | 3.1 |
| 0.6 – 2 | 2 |
| > 2 | 2.5 |

Cuadro 7.4 Berma de Seguridad de acuerdo a la profundidad de agua

7.8 PÉRDIDAS POR INFILTRACIÓN EN CANALES

Para calcular las pérdidas por infiltración en canales se pueden utilizar: medida directa en el campo y métodos empíricos.

7.8.1 Medida directa en campo

La medida directa en el campo de las pérdidas por infiltración se puede hacer:

1. Midiendo los caudales que entran y salen de un tramo de canal, siendo la diferencia entre ellos las pérdidas. Para el aforo de los caudales se pueden usar molinetes, vertederos o aforadores Parshall. La exactitud del método depende de la exactitud del aforo. La gran ventaja de este método es que no interfiere con el funcionamiento normal del canal y es más barato.

2. Aislando un tramo de un canal por medio de un relleno de tierra al principio y al final del tramo. El método consiste en medir la velocidad de caída del agua en el estanque que se forma en el tramo. El método tiene la desventaja de ser costoso, además de interrumpir el servicio del canal durante la medición.

La fórmula que se usa para el cálculo es la siguiente:

$$S = \frac{W \times (y_1 - y_2) \times L}{p} \quad (7-6)$$

Dónde:

S = infiltración media a lo largo de la longitud L, en m³/m²- 24 horas.

W = espejo de agua medio en el tramo estancado

Y₁ = tirante de agua al inicio de la medición

Y₂ = tirante al cabo de 24 horas.

p = perímetro promedio

7.8.2 Fórmula de Pavlovski

$$P = 1000K[b + 2y(1 + Z)] \quad (7-7)$$

Dónde:

p = pérdidas en m³/s-km.

K = coeficiente de permeabilidad en m/s.

| CLASE DE SUELO | K (cm/s) |
|-------------------------|--------------------------------------|
| Grava | 10 ² – 10 ⁻¹ |
| Arena gruesa | 10 ⁻¹ – 10 ⁻³ |
| Arena fina | 10 ⁻² – 10 ⁻⁴ |
| Tierra arenosa | 10 ⁻³ – 10 ⁻⁵ |
| Tierra franco arcillosa | 10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁹ |
| Tierra franca | 10 ⁻⁴ – 10 ⁻⁷ |
| Limo | 10 ⁻⁴ – 10 ⁻⁵ |
| Arcilla | 10 ⁻⁶ – 10 ⁻⁸ |
| Arcilla compacta | 10 ⁻⁷ – 10 ⁻¹⁰ |

Cuadro 7.4 Coeficientes de permeabilidad K de Pavlovski

7.8.3 Pérdidas en canales revestidos

Según Davis todo canal debe ser revestido cuando las pérdidas por infiltración excedan a 0.46 m/día (5.3 * 10⁻⁴ cm/s). El revestimiento de un canal no elimina completamente las pérdidas por

infiltración, pues siempre hay fugas a través de grietas que se producen o del mismo hormigón, pero las reduce considerablemente.

Según Hinds un revestimiento de 3 pulgadas (7.62 cm) hecho con hormigón de buena calidad debe reducir las pérdidas a 0.0122 m/día.

De acuerdo al trabajo desarrollado por Uginchus las pérdidas en un canal revestido pueden obtenerse multiplicando por un factor las pérdidas que se producen en el mismo canal no revestido. Para el caso de un revestimiento de hormigón de 7.5 cm obtuvo que el coeficiente fue 0.13.

Uginchus manifiesta que para el cálculo de las pérdidas por infiltración en un canal revestido se puede usar la fórmula experimental:

$$P = K \cdot \frac{y}{e} \left(b + y \cdot \sqrt{1 + Z^2} \right) \cdot 1000 \quad (7-8)$$

Dónde:

P = pérdidas en m³/s – km.

K = permeabilidad de revestimiento de hormigón que varía de 10⁻⁵ a 10⁻⁷ cm/s.

e = espesor del revestimiento en m.

7.9 NOTAS GENERALES Y REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA EL REFUERZO DE ACERO EN LA ESTRUCTURA DE UN CANAL

7.9.1 Empalmes y longitud de empalme

Para un acero que tiene las siguientes propiedades:

f'c = 4000 psi

fy = 60000 psi.

| Tamaño de la barra | | Longitud de empalme en pulgadas | | Longitud de arriostre |
|--------------------|------------------|---------------------------------|--------------|-----------------------|
| Nº | Diámetro (pulg.) | Barras Superiores* | Otras Barras | Le (pulg.) |
| 3 | 0.375 | 13 | 12 | 12 |
| 4 | 0.500 | 18 | 12 | 12 |
| 5 | 0.625 | 22 | 16 | 12 |
| 6 | 0.750 | 26 | 19 | 14 |
| 7 | 0.875 | 33 | 24 | 18 |
| 8 | 1.000 | 44 | 31 | 24 |
| 9 | 1.128 | 55 | 40 | 30 |
| 10 | 1.270 | 70 | 50 | 39 |
| 11 | 1.410 | 86 | 62 | 47 |

Cuadro 7.5 Longitudes de empalme y arriostre en estructuras de Hormigón Armado de canales

* Las barras superiores son barras horizontales en las vigas y losas, colocadas de tal manera que el espesor de concreto bajo de ellas debe de ser de 12 pulgadas o más.

7.9.2 Biselado (Chamfer)

El biselado para concreto expuesto debe ser de $\frac{3}{4}$ " en los dos bordes de cada esquina.

7.9.3 Recubrimientos

Coloque el refuerzo de acero de manera que la distancia libre entre la cara de concreto y el refuerzo sea de $\frac{1}{2}$ " para barras N° 5 y menores, y 2" para barras N° 6 o mayores, a menos que la cara del concreto este expuesta al suelo, en tal caso deberá ser de 2" para espesores de concreto de 9" o menores y 3" para aquellos miembros de concreto con espesor mayor a 9" .

7.9.4 Colocado

El refuerzo de acero en pequeñas aberturas de muros y losas, no debe extenderse más de $1 \frac{1}{2}$ veces el espaciamiento entre barras.


El refuerzo debe ser fijado lateralmente para mantener una distancia libre de al menos 1" entre el acero y otros miembros estructurales (waterstops, pernos, conductos y otros). En áreas fuertemente reforzadas se debe de considerar la reubicación de del material embebido ó miembros estructurales.


7.9.5 Espaciamiento

Las primeras y últimas barras en los muros y losas, vigas y otros miembros estructurales deben comenzar y finalizar a un máximo de la mitad del espaciamiento de las barras adyacentes.

7.9.6 Ganchos Estándares

Los ganchos deben tener curvaturas de 180° extendidos 4 veces el diámetro de la barra pero no menos de $2 \frac{1}{2}$ " paralelos a la longitud principal de la barra, o 90° de curvatura y una extensión de al menos 12 veces el diámetro de la barra. Los ganchos para los estribos y el anclaje solo deben tener una curvatura de 90° ó de 135° más una extensión de al menos 6 veces el diámetro de la barra pero no menor que $2 \frac{1}{2}$ " en la parte libre final de las barras.

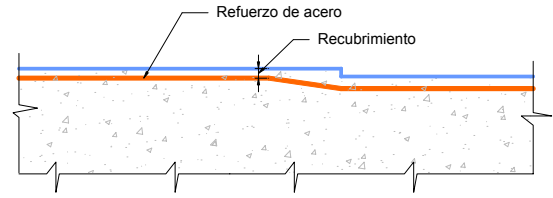
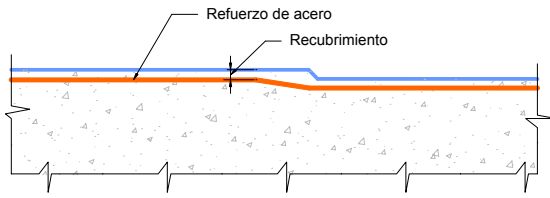
Una barra  con un gancho estándar de 180° en uno de sus bordes, es designada como una barra "A".

Una barra  con ganchos estándar de 180° en ambos bordes, es designada como una barra "B".

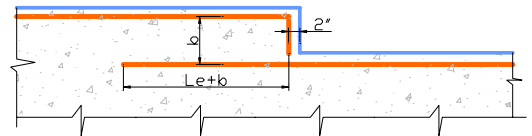
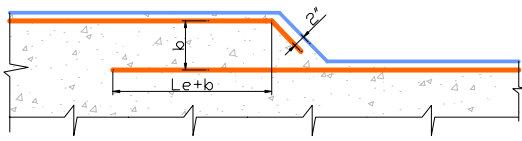
7.9.7 Diseño

En esta publicación (Diseño de pequeños canales de la US Bureau of Reclamation), los miembros de concreto fueron diseñados con el método de tensión de trabajo utilizando $f'c = 4000$ psi y $f_s = 24000$ psi.

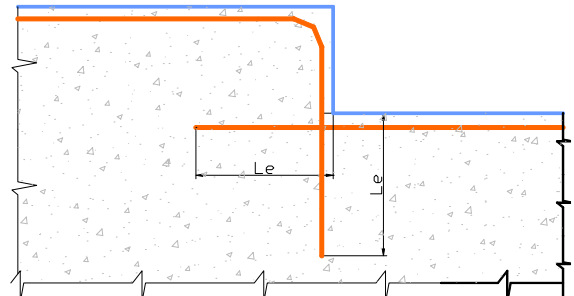
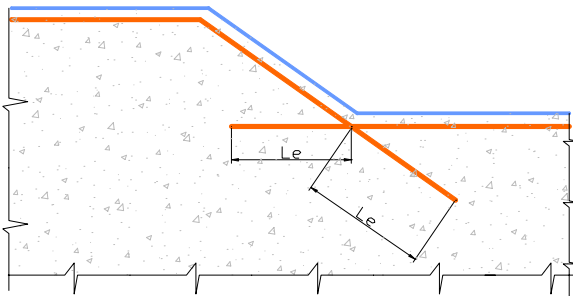
7.9.8 Detalle de empalmes



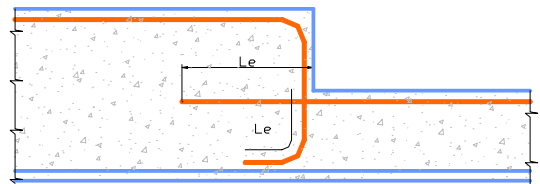
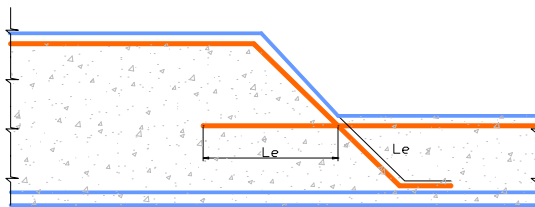
Empalmes menores a 3"



Empalmes entre 3" y 8"



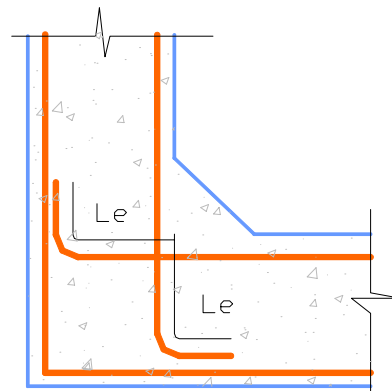
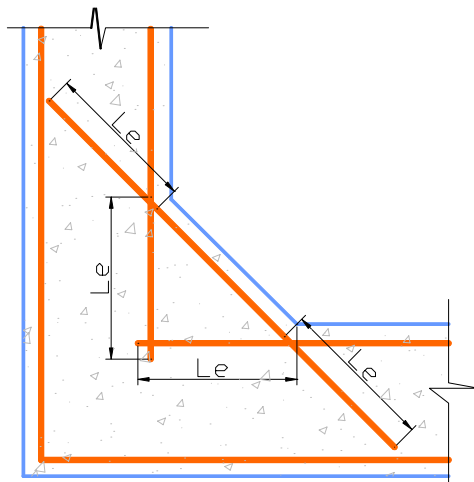
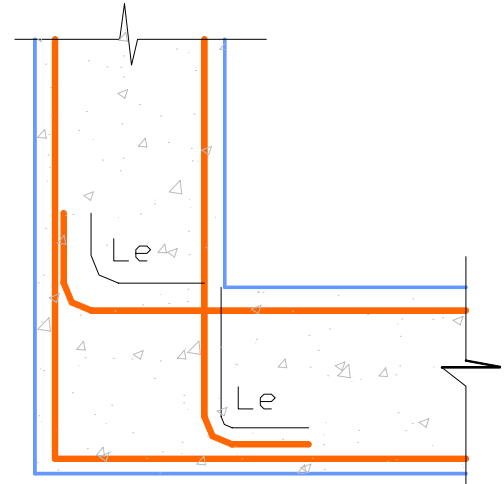
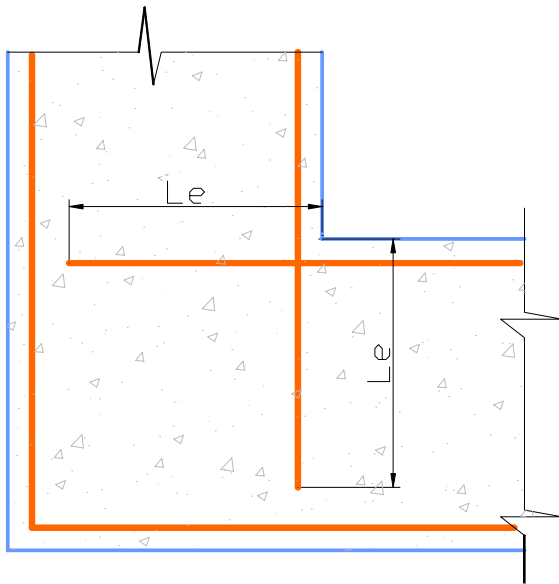
Empalmes mayores a 8"



Empalmes mayores a 8"

DETALLES TÍPICOS DE EMPALME

7.9.9 Detalle típico de esquinas



Empalmes de 12" o mayores

Empalmes menores a 12"

7.10 BIBLIOGRAFIA

U.S. Army Corps of Engineers, STRUCTURAL DESIGN OF CONCRETE LINED FLOOD CONTROL CHANNELS EM 1110-2-2007, Washington, DC 20314-1000, 30 April 1995

U.S. Bureau of Reclamation, DESIGN OF SMALL CANALS, Denver Colorado, 1978